

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE



General requirements for arc fault detection devices

Exigences générales des dispositifs pour la détection de défaut d'arcs



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2017 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE



General requirements for arc fault detection devices

Exigences générales des dispositifs pour la détection de défaut d'arcs

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.120.01; 29.120.50

ISBN 978-2-8322-3958-2

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor. Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE



General requirements for arc fault detection devices

Exigences générales des dispositifs pour la détection de défaut d'arcs

CONTENTS

FOREWORD.....	9
INTRODUCTION.....	11
1 Scope.....	12
2 Normative references	13
3 Terms and definitions	14
4 Classification.....	17
4.1 According to the method of construction	17
4.2 According to the method of mounting and connection	17
4.3 According to the number of poles and current paths	17
4.4 AFDD providing monitoring information	17
5 Characteristics of AFDDs	17
5.1 Summary of characteristics and conditions to mitigate the risk of fire	17
5.2 Rated quantities and other characteristics	18
5.2.1 Rated voltage	18
5.2.2 Rated current (I_n)	18
5.2.3 Rated frequency	18
5.2.4 Rated making and breaking capacity (I_m)	18
5.2.5 Rated making and breaking capacity on one pole (I_{m1})	19
5.3 Standard and preferred values	19
5.3.1 Preferred values of rated voltage (U_n)	19
5.3.2 Preferred values of rated current (I_n)	19
5.3.3 Preferred Standard values of rated frequency	19
5.3.4 Minimum value of the rated making and breaking capacity (I_m)	20
5.3.5 Minimum value of the rated making and breaking capacity on one pole (I_{m1})	20
5.3.6 Standard and preferred values of the rated conditional short-circuit current (I_{nc}) and standard and preferred values of the rated conditional short circuit current for one pole (I_{nc1})	20
5.3.7 Limiting values of operating criteria for AFDDs for low and high arc currents	21
5.4 Standard value of rated impulse withstand voltage (U_{imp}).....	22
5.5 Coordination with short-circuit protective devices (SCPDs).....	22
5.5.1 General	22
5.5.2 Rated conditional short-circuit current (I_{nc}) and rated conditional short-circuit on one pole (I_{nc1})	22
5.5.3 Operating characteristics of opening means for AFDDs according to 4.1.1	22
6 Marking and other product information.....	23
6.1 Marking	23
6.2 Additional marking for AFDDs according to 4.1.1.....	25
6.2.1 Marking of AFDDs	25
6.2.2 Instructions for wiring and operation	25
7 Standard conditions for operation in service and for installation.....	25
7.1 Standard conditions.....	25
7.2 Conditions of installation	26
7.3 Pollution degree	26
8 Requirements for construction and operation.....	26

8.1	General	26
8.2	Mechanical design.....	27
8.2.1	General	27
8.2.2	Mechanism	28
8.2.3	Clearances and creepage distances (see Annex B)	29
8.2.4	Screws, current-carrying parts and connections.....	32
8.2.5	Terminals for external conductors	32
8.3	Protection against electric shock	34
8.4	Dielectric properties and isolating capability	35
8.5	Temperature rise	35
8.5.1	Temperature-rise limits	35
8.5.2	Ambient air temperature	36
8.6	Operating characteristics.....	36
8.6.1	Operating characteristics of the protective device part.....	36
8.6.2	Operating characteristics	36
8.7	Mechanical and electrical endurance	37
8.8	Performance at short-circuits currents	37
8.9	Resistance to mechanical shock and impact.....	37
8.10	Resistance to heat.....	37
8.11	Resistance to abnormal heat and to fire	37
8.12	Behaviour of AFDDs in case of overcurrents in the main circuit	37
8.13	Behaviour of AFDDs in case of current surges caused by impulse voltages	38
8.14	Reliability	38
8.15	Electromagnetic compatibility (EMC)	38
8.16	Masking test for correct operation behaviour in presence of various appliances connected to the load side	38
8.17	Performance of the AFD test device	38
8.18	Performance in case of partial loss of supply connections	39
9	Testing procedure	39
9.1	General	39
9.1.1	General testing procedure for the different type of AFDDs	39
9.1.2	The characteristics of AFDDs are checked by means of type tests	40
9.1.3	For certification purposes, type tests are carried out in test sequences	40
9.1.4	Routine tests to be carried out by the manufacturer on each device	40
9.2	Test conditions	41
9.3	Test of indelibility of marking	42
9.4	Test of reliability of screws, current-carrying parts and connections	42
9.5	Test of reliability of terminals for external conductors	43
9.6	Verification of protection against electric shock	44
9.7	Test of dielectric properties	45
9.7.1	General	45
9.7.2	Resistance to humidity	45
9.7.3	Insulation resistance of the main circuit	46
9.7.4	Dielectric strength of the main circuit.....	46
9.7.5	Insulation resistance and dielectric strength of auxiliary circuits	47
9.7.6	Capability of control circuits connected to the main circuit in respect of withstanding high d.c. voltages due to insulation measurements.....	48
9.7.7	Verification of impulse withstand voltages (across clearances and across solid insulation) and of leakage current across open contacts	48

9.8	Test of temperature-rise	52
9.8.1	Ambient air temperature	52
9.8.2	Test procedure	52
9.8.3	Measurement of the temperature of parts	52
9.8.4	Temperature-rise of a part	52
9.9	Verification of the operating characteristics	53
9.9.1	General	53
9.9.2	Series arc fault tests	53
9.9.3	Parallel arc fault tests	56
9.9.4	Masking test, verification of correct operation	58
9.9.5	Unwanted tripping test	60
9.10	Verification of mechanical and electrical endurance	62
9.10.1	General test conditions	62
9.10.2	Test procedure	63
9.10.3	Condition of the AFDD after test	63
9.11	Verification of the behaviour of the AFDD under short-circuit conditions	63
9.11.1	General	63
9.11.2	Short-circuit tests for AFDDs according to 4.1.1	64
9.12	Verification of resistance to mechanical shock and impact	71
9.12.1	Mechanical shock	71
9.12.2	Mechanical impact	72
9.13	Test of resistance to heat	74
9.14	Test of resistance to abnormal heat and to fire	75
9.15	Verification of the trip-free mechanism	76
9.15.1	General test conditions	76
9.15.2	Test procedure	76
9.16	Test of resistance to rusting	77
9.17	Verification of limiting values of the non-operating current under overcurrent conditions	77
9.18	Verification of behaviour of AFDDs in case of current surges caused by impulse voltages	77
9.18.1	General	77
9.18.2	Verification of behaviour at surge currents up to 3 000 A (8/20 µs surge current test)	77
9.19	Verification of reliability	78
9.19.1	General	78
9.19.2	Climatic test	78
9.19.3	Test with temperature of 40 °C	80
9.20	Verification of ageing of electronic components	80
9.21	Electromagnetic compatibility (EMC)	81
9.21.1	General	81
9.21.2	EMC tests covered by other clauses of the present standard	81
9.21.3	EMC tests to be performed	81
9.21.4	AFDDs Performance criteria	83
9.22	Verification of protection due to overvoltage due to a broken neutral in a three phase system	83
9.23	Verification of the behaviour in case of partial loss of supply connections	83
Annex A (normative)	Test sequence and number of samples to be submitted for certification purposes	111
Annex B (normative)	Determination of clearances and creepage distances	120

Annex C (normative) Arrangement for the detection of the emission of ionized gases during short-circuit tests	125
Annex D (normative) Additional requirements and tests for AFDDs according to the classification 4.1.3 designed to be assembled on site together with a main protective device (circuit-breaker or RCCB or RCBO)	128
Annex E (normative) Routine tests	132
Annex F (informative) Description of the shaker arc test in 9.10.2	133
Annex IA (informative) Methods of determination of short-circuit power-factor	135
Annex IB (informative) Examples of terminal designs	137
Annex IC (informative) Correspondence between ISO and AWG copper conductors	140
Annex ID (informative) Follow-up testing program for AFDDs	141
Annex IE (informative) SCPDs for short-circuit tests	145
Annex J (normative) Particular requirements for AFDDs with screwless type terminals for external copper conductors	147
Annex K (normative) Particular requirements for AFDDs with flat quick-connect terminations	155
Annex L (normative) Specific requirements for AFDDs with screw-type terminals for external untreated aluminium conductors and with aluminium screw-type terminals for use with copper or with aluminium conductors	162
Bibliography	172
Figure 1 – Thread forming tapping screw	84
Figure 2 – Thread cutting tapping screw	84
Figure 3 – Standard test finger (9.6)	85
Figure 4 – Test circuit for series arc fault tests	86
Figure 5 – Arc generator	86
Figure 6 – Test circuit for parallel arc fault tests	86
Figure 7 – Test circuit for parallel arc cable cutting test	87
Figure 8 – Test apparatus	87
Figure 9 – Test for verification of correct operation in case of parallel arc to ground	87
Figure 10 – Test circuit for masking tests (inhibition and disturbing loads)	87
Figure 11 – Test configuration for masking tests	88
Figure 12 – EMI filter 1 for masking tests	88
Figure 13 – EMI filter 2 for masking tests	89
Figure 14 – EMI filter description installed in Figure 13	89
Figure 15 – Test circuit for masking tests with line impedance	89
Figure 16 – Cross talk test	90
Figure 17 – ~~Controlled current test circuit~~ Void	91
Figure 18 – ~~Controlled current with delay angle 45°, 90° and 135°~~ Void	91
Figure 19 – Typical diagram for all short circuit tests except for 9.11.2.4 c)	94
Figure 20 – Typical diagram for short circuit tests (9.11.2.4.c)	96
Figure 21 – Detail of impedance Z, Z ₁ and Z ₂	97
Figure 22 – Example of calibration record for short-circuit test (9.11.2.2 j)	97
Figure 23 – Mechanical shock test apparatus (9.12.1)	98
Figure 24 – Mechanical impact test apparatus (9.12.2.2)	99

Figure 25 – Striking element for pendulum impact test apparatus (9.12.2.2).....	100
Figure 26 – Mounting support for sample for mechanical impact test (9.12.2.2).....	101
Figure 27 – Example of mounting of unenclosed AFDD for mechanical impact test (9.12.2.2).....	102
Figure 28 – Example of mounting of panel mounting type AFDD for the mechanical impact test (9.12.2.2).....	103
Figure 29 – Application of force for mechanical test of rail mounted AFDD (9.12.2.3).....	104
Figure 30 – Ball-pressure test apparatus (9.13.2)	104
Figure 31 – Surge current impulse 8/20 μ s.....	105
Figure 32 – Test circuit for the surge current test at AFDDs	105
Figure 33 – Stabilizing period for reliability test (9.19.2.3).....	106
Figure 34 – Reliability test cycle (9.19.2.3)	107
Figure 35 – Example for test circuit for verification of ageing of electronic components (9.20).....	108
Figure 36 – Preparation of the cable specimens (9.9.2.6)	109
Figure 37 – Example of arc voltage and current waveform obtained with cable specimen	109
Figure 38 – Test circuit for series arc in a three-phase system with balanced and unbalanced load	110
Figure 39 – Test configuration for masking tests for three-pole and four-pole AFDDs.....	110
Figure C.1 – Test arrangement	126
Figure C.2 – Grid	127
Figure C.3 – Grid circuit.....	127
Figure F.1 – Gap Measurement.....	133
Figure F.2 – Shaker arc test table with Loose Terminals	133
Figure F.3 – AFDD connected to the shaker arc table during test.....	134
Figure IB.1 – Examples of pillar terminals	137
Figure IB.2 – Examples of screw terminals and stud terminals	138
Figure IB.3 – Examples of saddle terminals	139
Figure IB.4 – Examples of lug terminals	139
Figure IE-1 – Test apparatus for the verification of the minimum I^2t and I_p values to be withstood by the AFDD	146
Figure J.1 – Connecting samples	152
Figure J.2 – Examples of screwless-type terminals	154
Figure K.1 – Example of position of the thermocouple for measurement of the temperature-rise	158
Figure K.2 – Dimensions of male tabs.....	159
Figure K.3 – Dimensions of round dimple detents (see Figure K.2)	160
Figure K.4 – Dimensions of rectangular dimple detents (see Figure K.2).....	160
Figure K.5 – Dimensions of hole detents	160
Figure K.6 – Dimensions of female connectors	161
Figure L.1 – General arrangement for the test.....	170
Figure L.2 – Example for the use of the terminals in the AFDD	170
Figure L.3 – Example for the use of the terminals in the AFDD	171
Figure L.4 – Example for the use of the terminals in the AFDD	171

Figure L.5 – Example for the use of the terminals in the AFDD	171
Figure L.6 – Example for the use of the terminals in the AFDD	171
Table 1 – Limit values of break time for $U_n = 230\text{ V}$ and 400 V AFDDs	21
Table 2 – Limit values of break time for $U_n = 120\text{ V}$ AFDDs	21
Table 3 – Maximum allowed number of arcing half-cycles within 0,5 s ~~for $U_n = 230\text{ V}$ AFDDs and $U_n = 120\text{ V}$ AFDDs~~	21
Table 4 – Rated impulse withstand voltage as a function of the nominal voltage of the installation	22
Table 5 – Marking and position of marking	23
Table 6 – Standard conditions for operation in service	26
Table 7 – Minimum clearances and creepage distances (1 of 2)	30
Table 8 – Connectable cross-sections of copper conductors for screw-type terminals	33
Table 9 – Temperature-rise values	36
Table 10 – List of type tests	40
Table 11 – Test copper conductors corresponding to the rated currents	41
Table 12 – Screw thread diameters and applied torques	42
Table 13 – Pulling forces	44
Table 14 – Test voltage of auxiliary circuits	47
Table 15 – Test voltage for verification of impulse withstand voltage	50
Table 16 – Test voltage for verifying the suitability for isolation, referred to the rated impulse withstand voltage of the AFDD and the altitude where the test is carried out	50
Table 17 – Tests to be made to verify the behaviour of AFDDs under short-circuit conditions	64
Table 18 – Minimum values of I^2t and I_p	65
Table 19 – Power factors for short-circuit tests	67
Table 20 – Tests already covered in this standard	81
Table 21 – Tests to be applied for EMC	81
Table 22 – Preferred values of rated voltage	19
Table A.1 – Test sequences for AFDDs classified according to 4.1.1	112
Table A.2 – Test sequences for AFDDs classified according to 4.1.2	114
Table A.3 – Test sequences for AFDDs classified according to 4.1.3	116
Table A.4 – Number of samples for full test procedure	118
Table A.5 – Number of samples for simplified test procedure	119
Table ID.1 – Test sequences during follow-up inspections	141
Table ID.2 – Number of samples to be tested	144
Table IE.1 – Indication of silver wire diameters as a function of rated currents and short-circuit currents	145
Table J.1 – Connectable conductors	149
Table J.2 – Cross-sections of copper conductors connectable to screwless-type terminals	150
Table J.3 – Pull forces	151
Table K.1 – Informative table on colour code of female connectors in relationship with the cross section of the conductor	156
Table K.2 – Overload test forces	157

Table K.3 – Dimensions of tabs	158
Table K.4 – Dimensions of female connectors.....	161
Table L.1 – Marking for terminals.....	163
Table L.2 – Connectable cross-sections of aluminium conductors for screw-type terminals.....	164
Table L.3 – List of tests according to the material of conductors and terminals	165
Table L.4 – Connectable conductors and their theoretical diameters.....	165
Table L.5 – Cross sections (S) of aluminium test conductors corresponding to the rated currents	166
Table L.6 – Test conductor length.....	167
Table L.7 – Equalizer and busbar dimensions	167
Table L.8 – Test current as a function of rated current.....	169
Table L.9 – Example of calculation for determining the average temperature deviation D	169

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

GENERAL REQUIREMENTS FOR ARC FAULT DETECTION DEVICES

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

DISCLAIMER

This Consolidated version is not an official IEC Standard and has been prepared for user convenience. Only the current versions of the standard and its amendment(s) are to be considered the official documents.

This Consolidated version of IEC 62606 bears the edition number 1.1. It consists of the first edition (2013-07) [documents 23E/785/FDIS and 23E/797/RVD] and its corrigendum 1 (2013-11), and its amendment 1 (2017-02) [documents 23E/993/FDIS and 23E/1003/RVD]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.

In this Redline version, a vertical line in the margin shows where the technical content is modified by amendment 1. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.

International Standard IEC 62606 has been prepared by subcommittee 23E: Circuit-breakers and similar equipment for household use, of IEC technical committee 23: Electrical accessories.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

In this standard, the following print types are used:

- *compliance statements: in italic type.*

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendment will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

This International Standard aims to provide necessary requirements and testing procedures for devices to be installed by skilled people in households and similar uses to mitigate the risk of igniting an electrical fire downstream of the device.

Residual Current Devices (RCDs) are recognised as efficient to reduce the risk of fire by detection of leakage current and arcing to ground as a consequence of tracking currents within an electrical installation. However, RCDs as fuses or circuit-breakers are not able to reduce the risk of electrical fire due to series or parallel arcing between live conductors.

During a series arc fault, there is no leakage to ground therefore RCDs cannot detect such a fault. Moreover, the impedance of the series arc fault reduces the load current, which will keep the current below the tripping threshold of the circuit-breaker and the fuse. In the case of a parallel arc between phase and neutral conductor, the current is only limited by the impedance of the installation. In the worst cases of sporadic arcs, the conventional circuit breakers were not designed for that purpose.

Experience and information available confirmed that the r.m.s. current value of an earth fault current caused by an arcing fault, which is able to ignite a fire, is not limited to the rated power supply frequency of 50/60 Hz, but may contain a much higher frequency spectrum that is not taken into account for the testing of RCDs.

It has been recognised that the risk of igniting a fire within an electrical installation can also be a consequence of an overvoltage due to a broken neutral in a three phase installation.

This standard covers devices designed to be installed in a distribution board at the origin of one or several final circuits of a fixed installation.

GENERAL REQUIREMENTS FOR ARC FAULT DETECTION DEVICES

1 Scope

This International Standard applies to arc fault detection devices (AFDDs) for household and similar uses, intended to be used in a.c. circuits, for rated voltages not exceeding 440 V a.c., with rated frequencies of 50 Hz, 60 Hz or 50/60 Hz and rated currents not exceeding 63 A.

NOTE 1 In the USA, Arc Fault Circuit Interrupters (AFCI) are considered similar to AFDDs.

An AFDD is designed by the manufacturer:

- either as a single device having opening means able to open the protected circuit in specified conditions; or
- as a single device integrating a protective device; or
- as a separate unit, according to Annex D assembled on site with a declared protective device.

The integrated protection device is either a circuit-breaker in accordance with IEC 60898-1 or an RCD in accordance with IEC 61008-1, IEC 61009-1 or IEC 62423.

These devices are intended to mitigate the risk of fire in a final circuit~~s~~ of a fixed installation due to the effect of arc fault currents that pose a risk of fire ignition under certain conditions if the arcing persists.

Protection against fire ignition due to overvoltage due to a broken neutral within a three phase installation to be included in this type of equipment as an additional option is under consideration in 9.22.

NOTE 2 Tracking current leads to arcing and therefore may ignite fire.

This International Standard applies to devices performing simultaneously the detection and discrimination of arcing current with regards to fire hazards and defines operating criteria under specified conditions for the opening of the circuit when the arcing current exceeds the limit values given in this standard.

AFDDs complying with this standard, with the exception of those with an uninterrupted neutral, are suitable for use in IT systems.

~~The maximum rated voltage is 240 V a.c. AFDDs, according to this standard, are supplied either between line and neutral or between two lines.~~

~~The maximum rated current (I_n) is 63 A a.c.~~

AFDDs energised from batteries or a circuit other than the protected circuit are not covered by this standard.

AFDDs provide isolation, they are intended to be operated by uninstructed persons and do not require maintenance.

Particular requirements may be necessary for:

- AFDDs incorporated in or intended only for association with plugs and socket-outlets or with appliance couplers for household or similar general purposes;

– AFDDs intended to be used at frequencies other than 50 Hz or 60 Hz.

NOTE 3 For AFDDs incorporated in, or intended only for socket-outlets the requirements of this standard can be used, as far as applicable, in conjunction with the requirements of IEC 60884-1 or the national requirements of the country where the product is placed on the market.

NOTE 4 In the UK, the plug part and the socket-outlet part(s) need not comply with any IEC 60884-1 requirements. In the UK, the plug part shall comply with BS 1363-1 and the socket-outlet part(s) shall comply with BS 1363-2.

Special precautions (e.g. surge protective devices) may be necessary when excessive overvoltages are likely to occur on the supply side.

The requirements of this standard apply for standard conditions of temperature and environment. They are applicable to AFDDs intended for use in an environment with pollution degree 2. Additional requirements may be necessary for devices used in locations having more severe environmental conditions.

NOTE 5 AFDD for d.c. applications are under consideration.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60068-2-30:2005, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic (12 ± 12 h cycle)*

IEC 60068-3-4:2001, *Environmental testing – Part 3-4: Supporting documentation and guidance – Damp heat tests*

IEC 60228, *Conductors of insulated cables*

IEC 60364 (all parts), *Low-voltage electrical installations*

IEC 60364-4-44:2007, *Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment*, available from: <<http://www.graphical-symbols.info/equipment>>

IEC 60479 (all parts), *Effects of current on human beings and livestock*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60664-1:2007, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60695-2-10:2000, *Fire hazard testing – Part 2-10: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire apparatus and common test procedure*

IEC/TR 60755, *General requirements for residual current operated protective devices*

IEC 60898-1:2002, *Electrical accessories – Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations – Part 1: Circuit-breakers for a.c. operation*

IEC 61000-3-2:2014, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-2: Limits – Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)*

IEC 61008-1:2010, *Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCBs) – Part 1: General rules*

IEC 61009-1:2010, *Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBOs) – Part 1: General rules*

IEC 61543:1995, *Residual current-operated protective devices (RCDs) for household and similar use – Electromagnetic compatibility*

IEC 61543:1995/AMD1:2004

IEC 61543:1995/AMD2:2005

IEC 62423, *Type F and type B residual current operated circuit-breakers with and without integral overcurrent protection for household and similar uses*

CISPR 14-1:2009, *Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus – Part 1: Emission*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC/TR 60755, IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1, IEC 62423 and the following apply.

NOTE Where the terms "voltage" or "current" are used, they imply r.m.s. values, unless otherwise specified.

3.1

arc

arcing

luminous discharge of electricity across an insulating medium, usually accompanied by the partial volatilization of the electrodes

Note 1 to entry: A complete sinusoidal current half cycle is not considered to be an arcing half cycle.

3.2

arc fault

arcing fault

dangerous unintentional ~~parallel or series~~ arc ~~between conductors~~

3.3

arc fault detection device

AFDD

device intended to mitigate the effects of arcing faults by disconnecting the circuit when an arc fault is detected

3.4

arc fault detection unit

AFD unit

part of the AFDD ensuring the function of detection and discrimination of dangerous earth, parallel and series arc faults and initiating the operation of the device to cause interruption of the current

Note 1 to entry: The interruption of the current can either be provided by opening means (see 4.1.1) or by a protective device integrating an AFD unit (see 4.1.2) or by a protective device assembled with an AFD unit (see 4.1.3).

3.5

detection

function consisting in sensing the presence of an arc fault current

3.6

interruption

function consisting in bringing automatically the main contacts of the AFDD from the closed position into the open position, thereby interrupting the arc fault current(s) flowing through them

3.7

earth arc fault

arc fault where the current is flowing from active conductor to the earth

Note 1 to entry: The earth arc current may have a value close to the parallel arc current in some installations (e.g. TN installation).

3.8

parallel arc fault

arc fault where the arc current is flowing between active conductors in parallel with the load of the circuit.

3.9

series arc fault

arc fault where the current is flowing through the load(s) of the final circuit protected by an AFDD

3.10

closed position

position in which the predetermined continuity of the main circuit of the AFDD is secured

3.11

open position

position in which the predetermined clearance between open contacts in the main circuit of the AFDD is secured

3.12

pole

that part of an AFDD associated exclusively with one electrically separated conducting path of its main circuit provided with contacts intended to connect and disconnect the main circuit itself and excluding those portions which provide a means for mounting and operating the poles together

3.13

switched neutral pole

pole only intended to switch the neutral and not intended to have a short-circuit capacity

3.14

isolation

isolating function

function intended to cut off the supply from the whole installation or a discrete section of it by separating it from every source of electrical energy for reasons of safety

[SOURCE: IEC 60947-1:2007, 2.1.19]

3.15

isolating distance

clearance between open contacts, meeting the safety requirements specified for isolation purposes

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-35, modified – "disconnectors" has been replaced by "isolation purposes".]

3.16

making capacity

value of the a.c. component of a prospective current that an AFDD is capable of making at a stated voltage under prescribed conditions of use and behaviour

3.17

breaking capacity

value of the a.c. component of a prospective current that an AFDD is capable of breaking at a stated voltage under prescribed conditions of use and behaviour

3.18

conditional short-circuit current

I_{nc}

value of the a.c. component of a prospective current, which an AFDD, protected by a suitable short-circuit protective device (SCPD) in series can withstand under specified conditions of use and behaviour

3.19

prospective current

current that would flow in the circuit, if each main current path of the AFDD were replaced by a conductor of negligible impedance

Note 1 to entry: The prospective current may be qualified in the same manner as an actual current, for example: prospective breaking current, prospective peak current, etc.

3.20

maximum prospective peak current (of an a.c. circuit)

prospective peak current, when the initiation of the current takes place at the instant which leads to the highest possible value

3.21

short-circuit (making and breaking) capacity

alternating component of the prospective current, expressed by its r.m.s. value, which the AFDD is designed to make, to carry for its opening time and to break under specified conditions

3.22

thread forming tapping screw

tapping screw having an uninterrupted thread

Note 1 to entry: It is not a function of this thread to remove material from the hole.

Note 2 to entry: An example of a thread forming tapping screw is shown in Figure 1.

3.23

thread cutting tapping screw

tapping screw having an interrupted thread

Note 1 to entry: It is a function of this thread to remove material from the hole.

Note 2 to entry: An example of a thread cutting tapping screw is shown in Figure 2.

4 Classification

4.1 According to the method of construction

4.1.1 AFDD as one single device, comprising an AFD unit and opening means ~~and intended to be connected in series with a suitable short circuit protective device declared by the manufacturer complying with one or more of the following standards IEC 60898-1, IEC 61009-1 or IEC 60269 series~~ not providing overcurrent or residual current protection.

4.1.2 AFDD as one single device, comprising an AFD unit integrated in a protective device complying with one or more of the following standards IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1 or IEC 62423.

4.1.3 AFDD according to Annex D, comprised of an AFD unit and a declared protective device, intended to be assembled on site.

4.2 According to the method of mounting and connection

Panel board type AFDDs, also referred to as distribution board types, can be connected as follows:

- a) AFDDs the connections of which are not associated with the mechanical mounting;
- b) AFDDs the connections of which are associated with the mechanical mounting, for example:
 - 1) plug-in type;
 - 2) bolt-on type.

NOTE Some AFDDs of the plug-in type or bolt-on type on the line side only, the load terminals being usually suitable for wiring connection.

4.3 According to the number of poles and current paths

- Single-pole AFDD with two current paths (one pole plus one uninterrupted neutral);
- Two-pole AFDD;
- Three-pole AFDD;
- Four-pole AFDD.

~~NOTE 1—Extension to three or four-pole AFDDs is under consideration.~~

NOTE 2 1 In China uninterrupted neutral AFDDs are not allowed.

4.4 AFDD providing monitoring information

AFDD providing monitoring information are under consideration

Under consideration.

5 Characteristics of AFDDs

5.1 Summary of characteristics and conditions to mitigate the risk of fire

An AFDD shall ensure detection for:

- earth arc fault (see 3.7); and
- parallel arc fault (see 3.8); and
- series arc fault (see 3.9).

The characteristics of an AFDD shall be stated in the following terms:

- rated current I_n (see 5.2.2);
- rated voltage U_n (see 5.2.1);
- rated frequency (see 5.2.3);
- rated making and breaking capacity I_m (see 5.2.4);
- rated making and breaking capacity on one pole I_{m1} (see 5.2.5);
- degree of protection (see IEC 60529);
- rated conditional short-circuit current I_{nc} (see 5.3.6 and 5.5.2);
- rated conditional short-circuit current on one pole I_{nc1} (see 5.3.6 and 5.5.2);
- method of connection (see 4.2).

5.2 Rated quantities and other characteristics

5.2.1 Rated voltage

5.2.1.1 Rated operational voltage (U_n)

The rated operational voltage (hereafter referred to as "rated voltage") of an AFDD is the value of voltage, assigned by the manufacturer, to which its performance is referred.

The same AFDD may be assigned for a number of rated voltages.

5.2.1.2 Rated insulation voltage (U_i)

The rated insulation voltage of an AFDD is the value of voltage, assigned by the manufacturer, to which dielectric test voltages and creepage distances are referred.

Unless otherwise stated, the rated insulation voltage is the value of the maximum rated voltage of the AFDD. In no case shall the maximum rated voltage exceed the rated insulation voltage.

5.2.1.3 Rated impulse withstand voltage (U_{imp})

The rated impulse withstand voltage of an AFDD shall be equal to or higher than the standard values of rated impulse withstand voltage according to Table F.1 of IEC 60664-1:2007 and Table 4 of this standard.

5.2.2 Rated current (I_n)

The value of current, assigned to the AFDD by the manufacturer, which the AFDD can carry in uninterrupted duty.

5.2.3 Rated frequency

The rated frequency of an AFDD is the power frequency for which the AFDD is designed and to which the values of the other characteristics correspond.

The same AFDD may be assigned a number of rated frequencies.

5.2.4 Rated making and breaking capacity (I_m)

The r.m.s. value of the a.c. component of prospective current, assigned by the manufacturer, which an AFDD can make, carry and break under specified conditions.

The conditions are those specified in 9.11.2 for AFDDs classified according to 4.1.1 and in the standard of the declared protective device (e.g. IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1, IEC 62423) for AFDDs classified according to 4.1.2 and 4.1.3.

5.2.5 Rated making and breaking capacity on one pole (I_{m1})

The r.m.s. value of the a.c. component of prospective current, assigned by the manufacturer, which an AFDD can make, carry and break with one pole, under specified conditions.

5.3 Standard and preferred values

5.3.1 Preferred values of rated voltage (U_n)

Preferred values of rated voltage are ~~as follows~~ as indicated in Table 22.

- ~~— 230 V: wherever in this standard there is a reference to 230 V they may be read as 220 V or 240 V respectively;~~
- ~~— 120 V: wherever in this standard there is a reference to 120 V they may be read as 100 V or 110 V respectively.~~

Table 22 – Preferred values of rated voltage

AFDD	Circuit supplying the AFDD	Rated voltage of AFDDs for use in systems 230 V or 230/400 V or 400 V V	Rated voltage of AFDDs for use in systems 120/240 V or 240 V V
Single-pole (with two current paths)	Single phase (phase to earthed middle conductor or phase to neutral)	230	120
Two-pole	Single phase (phase to neutral or phase to phase or phase to earthed middle conductor)	230, 400	120, 240
Three-pole	Three phases (3-wire or 4-wire) (400 V or 230/400 V or 230 V-system)	230 400	
Four-pole	Three phases (4-wire) (230/400 V-system)	400	

NOTE 1 In IEC 60038 the network voltage value of 230/400 V has been standardized. This value is likely to progressively supersede the values of 220/380 V and 240/415 V.

NOTE 2 Wherever in this standard there is a reference to 230 V or 400 V, they can be read as 220 V or 240 V, 380 V or 415 V, respectively.

NOTE 3 Wherever in this standard there is a reference to 120 V or 120/240 V or 240 V, they can be read as 100 V, 100/200 V or 200 V, respectively.

NOTE 4 Wherever in this standard there is a reference to 240 V three phases, it can be read as 100 V or 120/208 V.

NOTE In Japan, the phase to neutral conductor and phase to earthed conductor (grounded conductor) are considered in a different way because single phase 2-wire systems supplied from a 2-wire system source do not have a neutral point.

5.3.2 Preferred values of rated current (I_n)

Preferred values of rated current are:

6 – 8 – 10 – 13 – 16 – 20 – 25 – 32 – 40 – 50 – 63 A.

5.3.3 Preferred Standard values of rated frequency

~~Preferred~~ Standard values of rated frequency are 50 Hz, 60 Hz and 50/60 Hz.

~~If another value is used, the rated frequency shall be marked on the device and the tests carried out at this frequency.~~

5.3.4 Minimum value of the rated making and breaking capacity (I_m)

The minimum value of the rated making and breaking capacity I_m is 10 I_n or 500 A, whichever is the greater.

The associated power factors are given in 9.11.2 for AFDDs classified according to 4.1.1 and in the standard of the declared protective device for AFDDs classified according to 4.1.2 and 4.1.3.

5.3.5 Minimum value of the rated making and breaking capacity on one pole (I_{m1})

The minimum value of the rated making and breaking capacity on one pole I_{m1} is 10 I_n or 500 A, whichever is the greater.

The associated power factors are given in 9.11.2 for AFDDs classified according to 4.1.1 and in the standard of the declared protective device for AFDDs classified according to 4.1.2 and 4.1.3.

5.3.6 Standard and preferred values of the rated conditional short-circuit current (I_{nc}) and standard and preferred values of the rated conditional short circuit current for one pole (I_{nc1})

5.3.6.1 General

The standard and preferred values of the rated conditional short-circuit current I_{nc} and I_{nc1} are specified as follows:

5.3.6.2 Values up to and including 10 000 A

Up to and including 10 000 A, the standard values of the rated conditional short-circuit current I_{nc} and I_{nc1} are:

3 000 – 4 500 – 6 000 – 10 000 A.

The associated power factors are given in 9.11.2 for AFDDs classified according to 4.1.1 and in the standard of the declared protective device for AFDDs classified according to 4.1.2 and 4.1.3.

NOTE In Korea, the values of 1 000 A, 1 500 A, 2 000 A, 2 500 A, 7 500 A, 9 000 A are also considered as standard values.

5.3.6.3 Values above 10 000 A

For values above 10 000 A up to and including 25 000 A, a preferred value is 20 000 A.

The associated power factors are given in 9.11.2 for AFDDs classified according to 4.1.1 and in the standard of the declared protective device for AFDDs classified according to 4.1.2 and 4.1.3.

Values above 25 000 A are not considered in this standard.

5.3.7 Limiting values of operating criteria for AFDDs for low and high arc currents

5.3.7.1 Limit values of operating criteria for AFDDs at low arc currents up to 63 A

Table 1 – Limit values of break time for $U_n = 230 \text{ V}$ and 400 V AFDDs

Test arc current (r.m.s. values)	2,5 A	5 A	10 A	16 A	32 A	63 A
Maximum break time	1 s	0,5 s	0,25 s	0,15 s	0,12s	0,12 s

NOTE Low arc currents can occur due to insulation faults phase to earth or series arcing

Table 2 – Limit values of break time for $U_n = 120 \text{ V}$ AFDDs

Test arc current (r.m.s. values)	5 A	10 A	16 A	32 A	63 A
Maximum break time	1 s	0,4 s	0,28 s	0,14 s	0,14 s

When the test current to which the AFDD is exposed is not one of the values in Tables 1 or 2, the allowable break time shall be determined by linear interpolation between the break time values above and below the actual test current.

5.3.7.2 Limit values of operating criteria for AFDDs at high arc currents above 63 A

**Table 3 – Maximum allowed number of arcing half-cycles within 0,5 s
for $U_n = 230 \text{ V}$ AFDDs and $U_n = 120 \text{ V}$ AFDDs**

Test arc current ^a (r.m.s. values)	75 A	100 A	150 A	200 A	300 A	500 A
N ^b	12	10	8	8	8	8
^a This test current is the prospective current before arcing in the testing circuit.						
^b N is the number of half cycles at the rated frequency.						

NOTE High arc currents can occur due to insulation faults phase to earth or parallel arcing.

5.4 Standard value of rated impulse withstand voltage (U_{imp})

Table 4 gives the standard value of rated impulse withstand voltages as a function of the nominal voltage of the installation.

Table 4 – Rated impulse withstand voltage as a function of the nominal voltage of the installation

Rated impulse withstand voltage U_{imp} kV	Nominal voltage of the installation	
	Three-phase systems V	Single-phase system with mid-point earthed V
2,5 ^a		120/240 ^b
4 ^a	230/400	120/240, 240 ^c
NOTE 1 For test voltages to check the insulation, see Table 15.		
NOTE 2 For test voltages to check the isolation distance across open contacts, see Table 16.		
^a The values 3 kV and 5 kV respectively are used for verifying the isolating distances across open contacts at the altitude of 2 000 m (see Table 16).		
^b For installation practice in Japan.		
^c For installation practice in North American countries.		

In case an AFDD is intended to be connected (see 4.1.1) or integrated (see 4.1.2) or assembled (see 4.1.3) with one or several declared protective devices whose standard values of rated impulse withstand voltage are more severe than those mentioned in Table 4, the standard conditions for operation in service and for installation of the most severe protective device standard shall apply.

5.5 Coordination with short-circuit protective devices (SCPDs)

5.5.1 General

AFDDs shall be protected against short-circuits by means of circuit-breakers or fuses complying with their relevant standards according to the installation rules of the IEC 60364 series.

Coordination between AFDDs and the SCPD shall be verified under the general conditions of 9.11 to verify that there is an adequate protection of the AFDDs against short-circuit currents up to the conditional short-circuit current I_{nc} .

5.5.2 Rated conditional short-circuit current (I_{nc}) and rated conditional short-circuit on one pole (I_{nc1})

The r.m.s. value of prospective current, assigned by the manufacturer, which an AFDD, protected by a SCPD, can withstand under specified conditions without undergoing alterations impairing its functions.

The conditions are those specified in 9.11.

5.5.3 Operating characteristics of opening means for AFDDs according to 4.1.1

5.5.3.1 General

Opening means shall meet all applicable requirements of this standard.

The following acronyms I_{m1} and I_{nc1} are used for testing on one pole only.

5.5.3.2 Rated making and breaking capacity (I_m and I_{m1})

The conditions for the rated making and breaking capacity (I_m and I_{m1}) in 5.2.4 and 5.2.5 are those specified in 9.11.2.3 and in 9.11.2.4.

The associated power factors for the minimum value of the rated making and breaking (I_m and I_{m1}) given in 5.3.4 and 5.3.5 are specified in Table 19 of 9.11.2.2.

5.5.3.3 Rated conditional short-circuit capacity (I_{nc} and I_{nc1})

The conditions for the rated conditional short circuit capacity (I_{nc} and I_{nc1}) in 5.3.6 are those specified in 9.11.2.5.

The associated power factors are specified in Table 19 of 9.11.2.2.

6 Marking and other product information

6.1 Marking

Each AFDD shall be marked in a durable manner with all or, for small apparatus, part of the following data:

Table 5 – Marking and position of marking

	Marking or Information item	Position of the marking or information		
		Visible on product when installed	On the product	In a Leaflet
a	the manufacturer's name or trade mark;		X	X
b	type designation, catalogue number or serial number		X	X
c	rated voltage(s)	X		X
d	rated frequency; AFDDs with more than one rated frequency (e.g. 50/60 Hz) shall be marked accordingly		X	X
e	rated current	X		X
f	rated making and breaking capacity		X	X
g	the position of use, if necessary			X
h	the degree of protection (only if different from IP20);			X
i	wiring diagram		X	X
j	standard reference		X	X

The marking shall be on the AFDD itself or on a nameplate or nameplates attached to the AFDD and shall be located so that it is legible when the AFDD is installed.

The suitability for isolation, which is provided by all AFDDs of this standard, may be indicated by the symbol  (IEC 60617-7:2001-07) on the device. When affixed, this marking may be included in a wiring diagram, where it may be combined with symbols of other functions.

NOTE In Australia this marking is mandatory but is not required to be visible after installation.

When the symbol is used on its own (i.e. not in a wiring diagram), combination with symbols of other functions is not allowed.

If a degree of protection higher than IP20 according to IEC 60529 is marked on the device, it shall comply with it, whichever the method of installation. If the higher degree of protection is obtained only by a specific method of installation, and/or with the use of specific accessories (e.g. terminal covers, enclosures, etc.), this shall be specified in the manufacturer's literature.

If, for small devices, the space available does not allow all the above data to be marked, at least the information under c-~~g~~ and e shall be marked and visible when the device is installed. The information under a, b, d, f, i-~~g~~ and j may be marked on the side or on the back of the device and be visible only before the device is installed. Alternatively the information under ~~h~~ i may be on the inside of any cover which has to be removed in order to connect the supply wires. Any remaining information not marked shall be given in the manufacturer's catalogues.

The open position shall be indicated by the symbol "O" (IEC 60417-5008:2002-10) and the closed position by the symbol "I" (a short straight vertical line, IEC 60417-5007:2002-10). Additional national symbols for this indication are allowed. Provisionally the use of national indications only is allowed. These indications shall be readily visible when the AFDD is installed.

Alternatively, a button remaining in its depressed position is sufficient to indicate the closed position. On the other hand, if the button does not remain depressed, an additional means indicating the position of the contacts shall be provided.

If it is necessary to distinguish between the supply and the load terminals, they shall be clearly marked (e.g. by "line" and "load" placed near the corresponding terminals or by arrows indicating the direction of power flow).

Terminals exclusively intended for the connection of the neutral circuit shall be indicated by the letter N.

Terminals intended for the protective conductor, if any, shall be indicated by the symbol  (IEC 60417-5019:2006-08).

The marking shall be indelible, easily legible and not be placed on screws, washers or other removable parts.

The terminal shall be suitable for all types of conductors: rigid (solid or stranded) and unless otherwise specified by the manufacturer also for flexible.

For universal terminals (for rigid-solid, rigid-stranded and flexible conductors):

- no marking.

For non-universal terminals:

- terminals declared for rigid-solid conductors only shall be marked by the letters "s" or "sol";
- terminals declared for rigid (solid and stranded) only conductors shall be marked by the letter "r";

The markings should appear on the AFDD or, if the space available is not sufficient, on the smallest package unit or in technical information.

For devices according to 4.1.2, the marking required in Clause 6 of IEC 60898-1:2002 or IEC 61008-1:2010 or IEC 61009-1:2010 shall be indicated, as applicable.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.3, according to the testing procedure given in 9.1.1

6.2 Additional marking for AFDDs according to 4.1.1

6.2.1 Marking of AFDDs

AFDDs shall be marked with:

- Maximum rated current of the main protective device with which it may be connected (e.g. 32 A max.) for short-circuit protection. If this value depends on the declared protective devices the lowest value is marked;
- Rated making and breaking capacity on one pole (I_{m1});
- Rated conditional short circuit current (I_{nc});
- Rated conditional short-circuit current on one pole (I_{nc1}).

It is recommended that the references of the main protective device with which the AFDD can be connected in series be marked.

The manufacturer shall state the Joule integral I^2t and the peak current I_p withstand capabilities of the AFDD. Where these are not stated, minimum values as given in Table 18.

For AFDDs intended to be wired with several protective devices the highest values of I^2t and I_p peak of the protective devices declared by the manufacturer is applied.

Compliance is checked by inspection and by the tests of 9.3 of this standard.

6.2.2 Instructions for wiring and operation

The AFDD manufacturer's data sheet and catalogue shall mention with which declared and standardised protective device according to IEC 60898-1 and/or IEC 61009-1 and/or IEC 62423 and/or IEC 60269 it can be connected with.

The manufacturer shall provide adequate instructions with the AFDD.

These instructions shall cover at least the following:

- reference to the type(s) and catalogue number(s), covering current and voltage ratings etc. of the declared protective device(s) with which the AFDD is designed to be wired with;
- derating factor(s), if any.

7 Standard conditions for operation in service and for installation

7.1 Standard conditions

AFDDs complying with this standard shall be capable of operating under the following standard conditions shown in Table 6.

Table 6 – Standard conditions for operation in service

Influencing quantity	Standard range of application	Reference value	Test tolerances ^f
Ambient temperature ^{a g}	–5 °C to +40 °C ^b	20 °C	± 5 °C
Altitude	Not exceeding 2 000 m		
Relative humidity maximum value 40 °C	50 % ^c		
External magnetic field	Not exceeding 5 times the earth's magnetic field in any direction	Earth's magnetic field	^d
Position	As stated by the manufacturer, with a tolerance of 2° in any direction ^e	As stated by the manufacturer	2 ° in any direction
Frequency	Reference value ± 5 % ^f	Rated value	± 2 %
Sinusoidal wave distortion	Not exceeding 5 %	Zero	5 %
^a The maximum value of the mean daily temperature is +35 °C. ^b Values outside the range are admissible where more severe climatic conditions prevail, subject to agreement between manufacturer and user. ^c Higher relative humidities are admitted at lower temperature (for example 90 % at 20 °C). ^d When an AFDD is installed in proximity of a strong magnetic field, supplementary requirements may be necessary. ^e The device shall be fixed without causing deformation liable to impair its functions. ^f The tolerances given apply unless otherwise specified in the relevant test. ^g Extreme limits of -20 °C and +60 °C are admissible during storage and transportation, and should be taken into account in the design of the device.			

In case an AFDD is connected (see 4.1.1) or integrated (see 4.1.2) or assembled (see 4.1.3) with one or several associated declared protective devices whose standard conditions for operation in service and for installation are more severe than those mentioned in Table 6, the standard conditions for operation in service and for installation of the most severe protective device standard shall apply.

7.2 Conditions of installation

AFDDs shall be installed in accordance with the manufacturer's instructions.

7.3 Pollution degree

AFDDs complying with this standard are intended for environment with pollution degree 2, i.e. normally, only non-conductive pollution occurs; occasionally, however, a temporary conductivity caused by condensation may be expected

8 Requirements for construction and operation

8.1 General

The AFD unit shall not reduce the main operating characteristics of the declared protective device. The AFD unit within an AFDD according to 4.1.3 and the protective device shall be from the same manufacturer or being affixed with the same trade mark.

As a consequence, the manufacturer shall declare both with which protective device the AFD unit can be associated and which AFD unit is suitable with the protective device.

An AFDD shall not be designed in such a way that the AFD unit provides a current between a phase and the neutral or protective conductor within the installation having the purpose to trip another device.

AFDDs shall be so designed and constructed that, in normal use, their performance is safe, reliable and without danger to the user or the environment.

AFDDs shall comply with this standard in accordance with the scope and the relevant classifications.

AFDDs classified according to 4.1.1 shall comply with the requirements and tests given in this standard (in particular see 6.2, 9.11.2 and 9.18.1).

In the case of AFDDs intended to be wired with several protective devices, a selection of the most stringent tests among all applicable protective device standards shall be applied.

The degree of protection of AFDDs according to 4.1.1 shall not be less than the degree of protection of the declared protective device which it is to be wired with.

Where an AFDD can be wired with several declared protective devices, the highest degree of protection of all applicable standards including this one applies.

AFDDs classified according to 4.1.2 shall comply with the relevant standard of the protective device with which it is integrated (IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1, or IEC 62423 as applicable) and additionally to the requirements and tests given in this standard.

Where tests included in this standard are also included in IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1, or IEC 62423, a selection of the most stringent requirements and tests among all applicable standards shall be applied only once.

AFDDs classified according to 4.1.3 shall comply with the requirements given in this standard and additionally to the requirements and tests given in Annex D as applicable.

In case of AFDDs intended to be assembled with several protective devices, a selection of the most stringent tests among all applicable standards shall be applied.

8.2 Mechanical design

8.2.1 General

The arcing current detection and release with regards to fire hazard shall be located between the incoming and outgoing terminals of the AFDD.

It shall not be possible to alter the operating characteristics of the AFDD by means of external interventions.

It shall not be possible to disable or inhibit the AFDD function by any means.

The instructions shall state that it is not allowed to wire a circuit-breaker or an overcurrent protective device of a given rated short-circuit capacity with an AFDD according to 4.1.1 so as to result in a lower short-circuit performance.

Compliance is checked by the documentation.

8.2.2 Mechanism

The moving contacts of all poles of multipole AFDDs shall be so mechanically coupled that all poles except the switched neutral, if any, make and break substantially together, whether operated manually or automatically.

A switched neutral pole of a four pole AFDD shall not close after and shall not open before the other pole(s).

AFDDs shall have a trip-free mechanism.

It shall be possible to switch the AFDD on and off by hand.

AFDDs shall be so constructed that the moving contacts can come to rest only in the closed position or in the open position, even when the operating means is released in an intermediate position.

AFDDs shall provide in the open position an isolation distance in accordance with the requirements necessary to satisfy the isolating function.

Indication of the position of the main contacts shall be provided by one or both of the following means:

- the position of the actuator (this being preferred), or
- a separate mechanical indicator.

If a separate mechanical indicator is used to indicate the position of the main contacts, this shall show the colour red for the closed position and the colour green for the open position.

NOTE In the USA, the colours red and green are not used for contact position indication.

The means of indication of the contact position shall be reliable.

AFDDs shall be designed so that the actuator, front plate or cover can only be fitted in a manner which ensures correct indication of the contact position.

When means are provided or specified by the manufacturer to lock the operating means in the open position, locking in that position shall only be possible when the main contacts are in the open position.

Locking of the operating means in the closed position is permitted for particular applications.

Where the operating means is used to indicate the position of the contacts, the operating means, when released, shall automatically take up the position corresponding to that of the moving contacts; in this case, the operating means shall have two distinct rest positions corresponding to the position of the contacts, but, for automatic opening, a third distinct position of the operating means may be provided, in which case it shall be necessary to reset the AFDD manually before reclosing is possible.

The action of the mechanism shall not be influenced by the position of enclosures or covers and shall be independent of any removable part.

A cover sealed in position by the manufacturer is considered to be a non-removable part.

If the cover is used as a guiding means for push-buttons, it shall not be possible to remove the buttons from the outside of the AFDD.

Operating means shall be securely fixed on their shafts and it shall not be possible to remove them without the aid of a tool.

Operating means directly fixed to covers are allowed. If the operating means has an "up-down" movement, when the AFDD is mounted as in normal use, the contacts shall be closed by the up movement.

Compliance with the above requirements is checked by inspection, by manual test and, for the trip-free mechanism, by the tests of 9.11 and 9.15 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.2.3 Clearances and creepage distances (see Annex B)

The minimum required clearances and creepage distances are given in Table 7 which is based on the AFDD being designed for operating in an environment with pollution degree 2.

Compliance for item 1 in Table 7 is checked by measurement and by the tests of 9.7.7.4.1 and 9.7.7.4.2. The test is carried out with samples not submitted to the humidity treatment described in 9.7.2.

The clearances of items 2 and 4 may be reduced provided that the measured clearances are not shorter than the minimum allowed in IEC 60664-1:2007 for homogenous field conditions; in which case, after the humidity treatment described in 9.7.2, compliance for items 2 and 4 and arrangements of ~~9.7.2~~ 9.7.3 items b), c), d) and e) is checked in the following order:

- tests according to ~~9.7.2~~ 9.7.3 to ~~9.7.5~~ 9.7.6 as applicable;
- tests according to 9.7.7.2 is applied with test voltages given in Table 15 with test arrangements of 9.7.3 items b), c), d), e).

If measurement does not show any reduced clearance, test 9.7.7.2 is not applied.

Compliance for item 3 in Table 7 is checked by measurement.

NOTE 1 All measurements required in 8.2.3 are carried out in test sequence A on 1 sample and the tests according to ~~9.7.6~~ 9.7.7.2 are carried out on 3 samples of test sequence B.

Parts of PCBs connected to the live parts protected against pollution by the use of a type 2 protection according to IEC 60664-3 are exempt from this verification.

The insulating materials are classified into material groups on the basis of their comparative tracking index (CTI) according to 4.8.1 of IEC 60664-1:2007.

Table 7 – Minimum clearances and creepage distances (1 of 2)

	Minimum clearances mm			Minimum creepage distances ^{e, f} mm											
				Group IIIa ^h (175 V ≤ CTI < 400 V) ^d				Group II (400 V ≤ CTI < 600 V) ^d				Group I (600 V ≤ CTI) ^d			
	Rated voltage V			Working voltage ^e V											
	<i>U_{imp}</i>														
	2,5 kV	4 kV	4 kV												
Description	120/240 120	120/240 240	230/400 230 400	> 25 ≤ 50 ⁱ	120	250	400	> 25 ≤ 50 ⁱ	120	250	400	> 25 ≤ 50 ⁱ	120	250	400
1. between live parts which are separated when the main contacts are in the open position ^a	2,0	4,0	4,0	1,20	2,00	4,0	4,0	0,90	2,00	4,0	4,0	0,60	2,00	4,0	4,0
2. between live parts of different polarity ^a	1,5	3,0	3,0	1,20	1,50	3,0	4,0	0,90	1,50	3,0	3,0	0,60	1,50	3,0	3,0
3. between circuits supplied from different sources, one of which being PELV or SELV ^g	3,0	6,0	8,0		3,0	6,0	8,0		3,0	6,0	8,0		3,0	6,0	8,0
				Rated voltage V											
				120 / 240		230 / 400		120 / 240		230 / 400		120 / 240		230 / 400	
4. between live parts and – accessible surfaces of operating means – screws or other means for fixing covers which have to be removed when mounting the AFDD – surface on which the AFDD is mounted ^b – screws or other means for fixing the AFDD ^b – metal covers or boxes ^b – other accessible metal parts ^c – metal frames supporting flush-type AFDDs	1,50	3,0	3,0	1,50	4,0	1,50	3,0	1,50	3,0	1,50	3,0				
NOTE 1 The values given for 400 V are also valid for 440 V.															
NOTE 2 The parts of the neutral path, if any, are considered to be live parts.															
NOTE 3 Care should be taken to provide adequate clearances and creepage distances between live parts of different polarity of AFDDs, e.g. of the plug-in type mounted close to one another. If the clearance and creepage distances requirements are not fulfilled to all the surfaces adjacent to the AFDD, appropriate information will be provided for installation purposes.															

Table 7 (2 of 2)

a	For auxiliary and control contacts the values are given in the relevant standard.
b	The values are doubled if clearances and creepage distances between live parts of the device and the metallic screen or the surface on which the AFDD is mounted are not dependent on the design of the AFDD only, so that they can be reduced when the AFDD is mounted in the most unfavourable condition.
c	Including a metal foil in contact with the surfaces of insulating material which are accessible after installation for normal use. The foil is pushed into corners, grooves, etc., by means of a straight unjointed test finger according to 9.6 (see Figure 3).
d	See IEC 60112:2003.
e	Interpolation is allowed in determining creepage distances corresponding to voltage values intermediate to those listed as working voltage. When interpolating, linear interpolation shall be used and values shall be rounded to the same number of digits as the values picked up from the tables. For determination of creepage distances, see Annex B.
f	Creepage distances cannot be less than the associated clearances.
g	To cover all different voltages including ELV in an auxiliary contact.
h	For material group IIIb ($100\text{ V} \leq \text{CTI} < 175\text{ V}$), the values for material group IIIa multiplied by 1,6 apply.
i	For working voltages up to and including 25 V, reference may be made to IEC 60664-1:2007.

NOTE 2 Information on the requirements for design of solid insulation and appropriate testing is provided in IEC 60664-1:2007, 5.3 and 6.1.3.

NOTE 3 For clearances on printed wiring material, the following Note 3 Table F.2 in IEC 60664-1:2007 can be used: "For printed wiring material, the values for pollution degree 1 apply except that the value shall not be less than 0,04 mm, as specified in Table F.4." For creepage distances on printed wiring material, distances in Table F.4 in IEC 60664-1:2007 can be used if protected with a coating meeting IEC 60664-3 requirements and tests.

NOTE 4 The dimensioning of clearances and creepage distances for spacings equal to or less than 2 mm for printed wiring board can be optimised under certain conditions in case of use of IEC 60664-5. Only humidity levels HL 2 and HL3 are considered.

8.2.4 Screws, current-carrying parts and connections

8.2.4.1 Connections, whether electrical or mechanical, shall withstand the mechanical stresses occurring in normal use.

Screws operated when mounting the AFDD during installation shall not be of the thread-cutting type.

NOTE 1 Screws (or nuts) which are operated when mounting the AFDD include screws for fixing covers or cover-plates, but not connecting means for screwed conduits and for fixing the base of an AFDD.

Compliance is checked by the test of 9.4 according to the testing procedure given in 9.1.1.

NOTE 2 Screwed connections are considered as checked by the tests of 9.8, 9.11, 9.12, and 9.20.

8.2.4.2 For screws in engagement with a thread of insulating material and which are operated when mounting the AFDD during installation, correct introduction of the screw into the screw hole or nut shall be ensured.

Compliance is checked by inspection and by manual test.

NOTE The requirement with regard to correct introduction is met if introduction of the screw in a slanting manner is prevented, for example, by guiding the screw by the part to be fixed by a recess in the female thread or by the use of a screw with the leading thread removed.

8.2.4.3 Electrical connections shall be so designed that contact pressure is not transmitted through insulating material other than ceramic, pure mica or other material with characteristics no less suitable, unless there is sufficient resilience in the metallic parts to compensate for any possible shrinkage or yielding of the insulating material.

Compliance is checked by inspection.

NOTE The suitability of the material is considered in respect of the stability of the dimensions.

8.2.4.4 Current-carrying parts including parts intended for protective conductors, if any, shall be made of a metal having, under the conditions occurring in the equipment, mechanical strength, electrical conductivity and resistance to corrosion adequate for their intended use.

Examples of suitable materials are given below:

- copper;
- an alloy containing at least 58 % copper for parts worked cold, or at least 50 % copper for other parts;
- other metal or suitably coated metal, no less resistant to corrosion than copper and having mechanical properties no less suitable.

In case of using ferrous alloys or suitably coated ferrous alloys, compliance to resistance to corrosion is checked by a test of resistance to rusting (see 9.16).

The requirements of this subclause 8.2.4.4 do not apply to contacts, magnetic circuits, heater elements, bimetals, shunts, parts of electronic devices or to screws, nuts, washers, clamping plates, similar parts of terminals and parts of the test circuit.

8.2.5 Terminals for external conductors

8.2.5.1 Terminals for external conductors shall be such that the conductors may be connected so as to ensure that the necessary contact pressure is maintained permanently.

Connection arrangements intended for busbar connection are admissible, provided they are not used for the connection of cables.

Such arrangements may be either of the plug-in or of the bolt-on type.

The terminals shall be readily accessible under the intended conditions of use.

Compliance is checked by the test of 9.5 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.2.5.2 AFDDs shall be provided with terminals which shall allow the connection of copper conductors having nominal cross-sectional areas as shown in Table 8.

NOTE Examples of possible designs of terminals are given in Annex IB.

The terminals of the AFDD according to 4.1.1 shall be able to clamp the range of nominal cross-sections of conductors specified in the standard of all declared protective devices for the rated currents of the declared protective devices with which it is designed to be wired.

Compliance is checked by inspection, by measurement and by fitting in turn one conductor of the smallest and one of the largest cross-sectional area as specified.

Table 8 – Connectable cross-sections of copper conductors for screw-type terminals

Rated current ^b A		Range of nominal cross-section to be clamped ^a mm ²	
Greater than	Up to and including	Rigid (solid or stranded) conductors	Flexible conductors
–	13	1 to 2,5	1 to 2,5
13	16	1 to 4	1 to 4
16	25	1,5 to 6	1,5 to 6
25	32	2,5 to 10	2,5 to 6
32	50	4 to 16	4 to 10
50	80	10 to 25	10 to 16

NOTE For AWG cross-sections, see Annex IC.

^a It is required that, for current ratings up to and including 50 A, terminals be designed to clamp solid conductors as well as rigid stranded conductors. Nevertheless, it is permitted that terminals for conductors having cross-sections from 1 mm² up to 6 mm² be designed to clamp solid conductors only.

^b A range of AFDDs having the same fundamental design and construction of terminals, the terminals are fitted with copper conductors of the smallest cross-section for the minimum rated current and largest cross-section for the maximum rated current, as specified, solid and stranded, as applicable.

8.2.5.3 The means for clamping the conductors in the terminals shall not serve to fix any other component, although they may hold the terminals in place or prevent them from turning.

Compliance is checked by inspection and the test of 9.5 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.2.5.4 Terminals for rated currents up to and including 32 A shall allow the conductors to be connected without special preparation.

Compliance is checked by inspection.

NOTE The term "special preparation" covers soldering of wire of the conductor, use of cable lugs, formation of eyelets, etc., but not the reshaping of the conductor before its introduction into the terminal or the twisting of a flexible conductor to consolidate the end.

8.2.5.5 Terminals shall have adequate mechanical strength.

Screws and nuts for clamping the conductors shall have a metric ISO thread or a thread comparable in pitch and mechanical strength.

Compliance is checked by inspection and by the tests of 9.4 and 9.5.1 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.2.5.6 Terminals shall be so designed that they clamp the conductor without undue damage to the conductor.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.5.2 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.2.5.7 Terminals shall be so designed that they clamp the conductor reliably and between metal surfaces.

Compliance is checked by inspection and by the tests of 9.4 and 9.5.1 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.2.5.8 Terminals shall be so designed or positioned that neither a rigid solid conductor nor a wire of a stranded conductor can slip out while the clamping screws or nuts are tightened.

This requirement does not apply to lug terminals.

Compliance is checked by the test of 9.5.3 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.2.5.9 Terminals shall be so fixed or located that, when the clamping screws or nuts are tightened or loosened, their fixings do not become loose.

These requirements do not imply that the terminals shall be so designed that their rotation or displacement is prevented, but any movement shall be sufficiently limited so as to prevent non-compliance with the requirements of this standard.

The use of sealing compound or resin is considered to be sufficient for preventing a terminal from working loose, provided that:

- the sealing compound or resin is not subject to stress during normal use;
- the effectiveness of the sealing compound or resin is not impaired by temperatures attained by the terminal under the most unfavourable conditions specified in this standard.

Compliance is checked by inspection, by measurement and by the test of 9.4 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.2.5.10 Clamping screws or nuts of terminals intended for the connection of protective conductors shall be adequately secured against accidental loosening and it shall not be possible to unclamp them without a tool.

Compliance is checked by manual test.

In general, the designs of terminals of which examples are shown in Annex IB provide sufficient resilience to comply with this requirement; for other designs special provisions, such as the use of an adequately resilient part which is not likely to be removed inadvertently, may be necessary.

8.2.5.11 Screws and nuts of terminals intended for the connection of external conductors shall be in engagement with a metal thread and the screws shall not be of the tapping screw type.

8.3 Protection against electric shock

AFDDs shall be so designed that, when they are mounted and wired as for normal use, live parts are not accessible.

NOTE The term "normal use" implies that AFDDs be installed according to the manufacturer's instructions.

A part is considered to be "accessible" if it can be touched by the standard test finger (see 9.6).

For AFDDs other than those of the plug-in type, external parts, other than screws or other means for fixing covers and labels, which are accessible when AFDDs are mounted and wired as in normal conditions of use, shall either be of insulating material, or be lined throughout with insulating material, unless the live parts are within an internal enclosure of insulating material.

Linings shall be fixed in such a way that they are not likely to be lost during installation of AFDDs. They shall have adequate thickness and mechanical strength and shall provide adequate protection at places where sharp edges occur.

Inlet openings for cables or conduits shall either be of insulating material or be provided with bushings or similar devices of insulating material. Such devices shall be reliably fixed and shall have adequate mechanical strength.

For plug-in AFDDs external parts other than screws or other means for fixing covers, which are accessible for normal use, shall be of insulating material.

Metallic operating means shall be insulated from live parts and their conductive parts, which otherwise would be "exposed conductive parts", shall be covered by insulating material, with the exception of means for coupling insulated operating means of several poles.

Metal parts of the mechanism shall not be accessible. In addition, they shall be insulated from accessible metal parts, from metal frames supporting the base of flush-type AFDDs, from screws or other means for fixing the base to its support and from metal plates used as support.

It shall be possible to replace plug-in AFDDs easily without touching live parts.

Lacquer and enamel are not considered to provide adequate insulation for the purpose of this subclause.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.6 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.4 Dielectric properties and isolating capability

AFDDs shall have adequate dielectric properties and shall ensure isolation.

Control circuits connected to the main circuit shall not be damaged by high d.c. voltage due to insulation measurements which are normally carried out after AFDDs are installed.

Compliance is checked by the tests of 9.7 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.5 Temperature rise

8.5.1 Temperature-rise limits

The temperature-rises of the parts of an AFDD specified in Table 9, measured under the conditions specified in 9.8.2, shall not exceed the limiting values stated in Table 9.

The AFDD shall not suffer damage impairing its functions and its safe use.

Table 9 – Temperature-rise values

Parts ^{a, b}	Temperature-rise K
Terminals for external connections ^c	65
External parts liable to be touched during manual operation of the AFDD, including operating means of insulating material and metallic means for coupling insulated operating means of several poles	40
External metallic parts of operating means	25
Other external parts, including that face of the AFDD in direct contact with the mounting surface	60
^a No value is specified for the contacts, since the design of most AFDDs is such that a direct measurement of the temperature of those parts cannot be made without the risk of causing alterations or displacement of parts likely to affect the reproducibility of the tests. The test of reliability (see 9.19) is considered to be sufficient for checking indirectly the behaviour of the contacts with respect to undue temperature-rises in service. ^b No value is specified for parts other than those listed, but no damage shall be caused to adjacent parts of insulating materials, and the operation of the AFDD shall not be impaired. ^c For plug-in type AFDDs the terminals of the base on which they are installed.	

In case an AFDD is wired (see 4.1.1) or integrated (see 4.1.2) or assembled (see 4.1.3) with one or several associated declared protective devices whose standard conditions for temperature rise are more severe than those mentioned in Table 9, the standard conditions for operation in service and for installation of the most severe protective device standard shall apply (IEC 60898, IEC 61008, IEC 61009 and IEC 62423).

8.5.2 Ambient air temperature

The temperature-rise limits given in Table 9 are applicable only if the ambient air temperature remains between the limits given in Table 6.

8.6 Operating characteristics

8.6.1 Operating characteristics of the protective device part

AFDDs classified according to 4.1.2 shall comply with the operating characteristics of the relevant standard of the protective device in which it is integrated (IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1, or IEC 62423 as applicable).

Compliance is checked by carrying out all the relevant tests of the specified relevant standard.

AFDDs classified according to 4.1.3 shall comply with the operating characteristics of the relevant standard of the protective device to which it is assembled (IEC 60898, IEC 61008-1, IEC 61009-1, or IEC 62423 as applicable).

Compliance is checked by carrying out all the relevant tests provided in the specified relevant standard and in Annex D.

8.6.2 Operating characteristics

8.6.2.1 General

The operating characteristics of AFDDs shall comply with the following requirements.

Compliance of the following subclauses is checked by the tests given in 9.9.

8.6.2.2 Operation in case of a series arc fault

The operation of AFDDs to an arc fault current shall be in accordance with breaking time shown in Table 1 or 2 as applicable

Compliance is checked by the tests of 9.9.2.

8.6.2.3 Operation in case of a parallel arc fault

The operation of AFDDs in case of a parallel arc fault shall be in accordance with the number of arcing half cycles in Table 3.

Compliance is checked by the tests of 9.9.3.

8.7 Mechanical and electrical endurance

AFDDs shall be capable of performing an adequate number of mechanical and electrical operations.

Compliance is checked by the test of 9.10 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.8 Performance at short-circuits currents

AFDDs shall be capable of performing a specified number of short-circuit operations during which they shall neither endanger the operator nor initiate a flashover between live conductive parts or between live conductive parts and earth.

Compliance is checked by the tests of 9.11 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.9 Resistance to mechanical shock and impact

AFDDs shall have adequate mechanical behaviour so as to withstand the stresses imposed during installation and use.

Compliance is checked by the test of 9.12 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.10 Resistance to heat

AFDDs shall be sufficiently resistant to heat.

Compliance is checked by the test of 9.13 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.11 Resistance to abnormal heat and to fire

External parts of AFDDs made of insulating material shall not be liable to ignite and to spread fire if current-carrying parts in their vicinity, under fault or overload conditions, attain a high temperature. The resistance to abnormal heat and to fire of the other parts made of insulating material is considered as checked by the other tests of this standard.

Compliance is checked by the test of 9.14 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.12 Behaviour of AFDDs in case of overcurrents in the main circuit

AFDDs shall fulfil the specified conditions of overcurrents.

Compliance is checked by the test of 9.17 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.13 Behaviour of AFDDs in case of current surges caused by impulse voltages

AFDDs shall adequately withstand the current surges to earth due to the loading of the capacitances of the installation and the current surges to earth due to flashover in the installation.

Compliance is checked by the tests of 9.18 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.14 Reliability

AFDDs shall operate reliably even after long service, taking into account the ageing of their components.

Compliance is checked by the tests of 9.19 and 9.20 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.15 Electromagnetic compatibility (EMC)

AFDDs shall comply with relevant EMC requirements.

Compliance is checked by the tests of 9.21 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.16 Masking test for correct operation behaviour in presence of various appliances connected to the load side

AFDDs shall not be blinded and shall be able to continue to detect arc faults in case of various appliances connected to the load side

Compliance is checked by the tests of 9.9.4.

8.17 Performance of the AFD test device

An AFDD shall be provided with a manual or an automatically initiated test function or both that checks the arc detection circuit.

The automatic test function shall be performed at every switch on and at intervals not exceeding at least once a day.

During automatic testing, it is not required to open the contacts by performing the test.

NOTE 1 The mechanical parts of the mechanism are verified by the endurance tests and the contacts are verified by the short circuit tests. For that reason these parts are expected to be high reliable and need not to be included in a periodic test.

In case of manual test, the device shall trip.

NOTE 2 Additional requirements and testing procedure for testing the performance manually or automatically are under consideration.

In case a malfunction is detected during automatic testing, the AFDD shall trip and indicate the result.

AFDDs including an RCD function need a test device according to the relevant product standard.

The protective conductor of the installation shall not become live (the touch current and/or the touch voltage shall be limited below the dangerous levels according to IEC 60364 and IEC 60479 series of standards) ~~is operated~~ during the function test.

For verification, the manufacturer shall provide the necessary documentation of the test function circuit.

8.18 Performance in case of partial loss of supply connections

Three-pole AFDDs and four-pole AFDDs shall also perform as required for series, parallel and earth arc fault when connected as follows:

- for three-pole AFDD, with two phases only;
- for four-pole AFDD: with three phases without neutral, with two phases only, and one phase and neutral.

Compliance is checked by the tests of 9.23.

9 Testing procedure

9.1 General

9.1.1 General testing procedure for the different type of AFDDs

AFDDs classified according to 4.1.1 shall be connected in series with the declared protective device(s) which complies with IEC 60898-1 or IEC 61009-1 or IEC 62423 or IEC 60269, for the testing in 9.11.2.5.

For AFDDs intended to be wired with several protective devices, the testing procedure is applied with the highest values of I^2t and I peak of the protective devices declared by the manufacturer.

The declared protective device(s) shall comply with the type tests of:

- IEC 60898-1 for circuit-breakers;
- IEC 61009-1 or IEC 62423 for RCBs;
- IEC 60269 series for fuses;

as applicable.

AFDDs classified according to 4.1.2 shall first be tested according to IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1, or IEC 62423, as applicable.

After completion of the tests given either in IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1, or IEC 62423, the additional tests given in this standard shall be applied in order to show conformity to this standard

In case tests included in this standard were also included in IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1, or IEC 62423, the most severe tests among all applicable standards shall be applied only once but the acceptance criteria combines the acceptance criteria of all applicable standard

AFDDs classified according to 4.1.3 shall first be assembled as declared by the manufacturer with the declared protective device(s) (according to manufacturers' instructions) which complies/comply with IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1, or IEC 62423, as applicable.

Afterward, the testing procedure given in this standard together with the additional requirements and test given in Annex D shall be applied.

In case of AFDDs intended to be assembled with several protective devices, the testing procedure has to be either repeated with each protective device declared by the manufacturer

or the most stringent tests among all applicable standards shall be applied only once but the acceptance criteria combines the acceptance criteria of any applicable standard.

Annex A provides the test sequence and number of samples for testing the AFDDs.

9.1.2 The characteristics of AFDDs are checked by means of type tests

Type tests required by this standard are listed in Table 10:

Table 10 – List of type tests

Test	Subclause
– Indelibility of marking	9.3 ^a
– Reliability of screws, current-carrying parts and connections	9.4 ^a
– Reliability of terminals for external conductors	9.5 ^a
– Protection against electric shock	9.6 ^a
– Dielectric properties	9.7 ^a
– Temperature-rise	9.8
– Operating characteristics	9.9
– Mechanical and electrical endurance	9.10 ^a
– Behaviour under short-circuit conditions	9.11
– Resistance to mechanical shock and impact	9.12 ^a
– Resistance to heat	9.13 ^a
– Resistance to abnormal heat and to fire	9.14 ^a
– Verification of the trip-free mechanism	9.15
– Test of resistance to rusting	9.16
– Verification of limiting values of the non-operating current under overcurrent conditions	9.17
– Behaviour in case of surges caused by impulse voltage	9.18
– Verification of reliability	9.19
– Verification of ageing of electronic components	9.20
– Electromagnetic compatibility	9.21
– Verification of protection due to overvoltage due to a broken neutral in a three phase system	9.22
– Verification of the behaviour in case of partial loss of supply connections	9.23
^a For AFDDs classified according to 4.1.2, these tests are already covered by the tests according to the relevant standard for RCDs or circuit breakers and need not to be repeated here.	

9.1.3 For certification purposes, type tests are carried out in test sequences.

NOTE The term "certification" denotes either:

- the manufacturer's declaration of conformity; or
- third-party certification, for example by an independent certification body.

The test sequences and the number of samples to be submitted are stated in Annex A.

Unless otherwise specified, each test sequence is made on a new AFDD, the influencing quantities having their normal reference values (see Table 6).

9.1.4 Routine tests to be carried out by the manufacturer on each device

Routine tests of AFDDs are given in Annex E.

The routine test of the operating characteristics of declared protective devices for AFDDs classified 4.1.2 and 4.1.3 shall be tested according to declared protective device standards IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1 or IEC 62423, as applicable.

9.2 Test conditions

The AFDD is mounted individually according to manufacturer's instructions and in free air, at an ambient temperature between 20 °C and 25 °C, unless otherwise specified, and is protected against undue external heating or cooling.

AFDDs designed for installation in individual enclosures are tested in the smallest of such enclosures specified by the manufacturer.

NOTE 1 An individual enclosure is an enclosure designed to accept one device only.

Unless otherwise specified due to the declared protective device, the AFDD is wired with the appropriate cable having the cross-section specified in Table 11 and is fixed on a dull black painted plywood board of not less than 20 mm, the method of fixing shall comply with the requirements relating to the indications of the manufacturer concerning mounting.

Table 11 – Test copper conductors corresponding to the rated currents

Rated current I_n A	$I_n \leq 6$	$6 < I_n \leq 13$	$13 < I_n \leq 20$	$20 < I_n \leq 25$	$25 < I_n \leq 32$	$32 < I_n \leq 50$	$50 < I_n \leq 63$
S mm ²	1	1,5	2,5	4	6	10	16

NOTE 2 For AWG copper conductors, see Annex IC.

Where tolerances are not specified, type tests are carried out at values not less severe than those specified in this standard. Unless otherwise specified, tests are carried out at the rated frequency $\pm 5\%$.

During the tests no maintenance or dismantling of the samples are allowed.

For the tests of 9.8, 9.9, 9.19.3 and 9.20, the AFDD is connected as follows:

- the connections are made by means of single-core, PVC-insulated copper cables;
- the connections are in free air and spaced not less than the distance existing between the terminals;
- the minimum length of each temporary connection from terminal to terminal is:
 - 1 m for cross-sections $\leq 10 \text{ mm}^2$;
 - 2 m for cross-sections $> 10 \text{ mm}^2$.

The tightening torques to be applied to the terminal screws are two-thirds of those specified in Table 12.

For AFDDs with dependent manual operation, an operating speed of $0,1 \text{ m/s} \pm 25\%$ shall be used during actuation for the tests of 9.10 and 9.11. The speed is measured at the extremity when and where the operating means of the test apparatus touches the actuating means of the AFDD under test. For rotary knobs, the angular velocity shall correspond substantially to the above conditions, referred to the speed of the operating means (at its extremities) of the AFDD under test.

9.3 Test of indelibility of marking

The test is made by rubbing the marking by hand for 15 s with a piece of cotton soaked with water and again for 15 s with a piece of cotton soaked with aliphatic solvent hexane (with a content of aromatics of maximum 0,1 % volume, a kauributanol value of 29, initial boiling point approximately 65 °C, dry point approximately 69 °C and specific gravity of 0,68 g/cm³).

NOTE Aliphatic solvent hexane having both the main composition required by the standards and CAS No. 110-54-3 is acceptable.

Marking made by impressing, moulding or engraving is not subjected to this test.

After this test, the marking shall be easily legible. The marking shall also remain easily legible after all the tests of this standard.

It shall not be possible to easily remove labels and they shall show no curling.

9.4 Test of reliability of screws, current-carrying parts and connections

Compliance with the requirements of 8.2.4 is checked by inspection and, for screws and nuts which are operated when mounting and connecting the AFDD, by the following test.

The screws or nuts are tightened and loosened:

- 10 times for screws in engagement with a thread of insulating material;
- 5 times in all other cases.

Screws or nuts in engagement with a thread of insulating material are completely removed and reinserted each time.

The test is made by means of a suitable test screwdriver or spanner applying a torque as shown in Table 12.

The screws and nuts shall be tightened in one smooth and continuous motion.

The test is made with rigid conductors only, having the largest cross-sectional areas specified in Table 8, solid or stranded, whichever is the most unfavourable. The conductor is moved each time the screw or nut is loosened.

Table 12 – Screw thread diameters and applied torques

Nominal diameter of thread mm		Torque Nm		
Greater than	Up to and including	I	II	III
–	2,8	0,2	0,4	0,4
2,8	3,0	0,25	0,5	0,5
3,0	3,2	0,3	0,6	0,6
3,2	3,6	0,4	0,8	0,8
3,6	4,1	0,7	1,2	1,2
4,1	4,7	0,8	1,8	1,8
4,7	5,3	0,8	2,0	2,0
5,3	6,0	1,2	2,5	3,0
6,0	8,0	2,5	3,5	6,0
8,0	10,0	–	4,0	10,0

Column I applies to screws without heads if the screw, when tightened, does not protrude from the hole, and to other screws which cannot be tightened by means of a screwdriver with a blade wider than the diameter of the screw.

Column II applies to other screws which are tightened by means of a screwdriver.

Column III applies to screws and nuts which are tightened by means other than a screwdriver.

Where a screw has a hexagonal head with a slot for tightening with a screwdriver and the values in columns II and III are different, the test is carried out twice, first applying to the hexagonal head the torque specified in column III and then, on another sample, applying the torque specified in column II by means of a screwdriver. If the values in columns II and III are the same, only the test with the screwdriver is carried out.

During the test, the screwed connections shall not become loose and there shall be no damage, such as breakage of screws or deterioration to the head slots, threads, washers or stirrups, which will impair the further use of the AFDD.

Moreover, enclosures and covers shall not be damaged.

9.5 Test of reliability of terminals for external conductors

9.5.1 The terminals are fitted with copper conductors of the same type (solid, stranded or flexible) of the smallest and largest cross-sections specified in Table 8.

The terminal shall be suitable for all types of conductors: rigid (solid or stranded) and flexible, unless otherwise specified by the manufacturer.

Terminals shall be tested with the minimum and maximum cross-section of each type of conductors on new terminals as follows:

- Tests for solid conductors shall use conductors having cross-sections from 1 mm² up to 6 mm², as applicable;
- Tests for stranded conductors shall use conductors having cross-sections from 1,5 mm² up to 25 mm², as applicable;
- Tests for flexible conductors shall use conductors having cross-sections from 1 mm² up to 16 mm², as applicable.

The conductor is inserted into a new terminal for the minimum distance prescribed or, where no distance is prescribed, until it just projects from the far side, and in the position most likely to assist the wire to escape.

The clamping screws are then tightened with a torque equal to two-thirds of that shown in the appropriate column of Table 12.

Each conductor is then subjected to a pull of the value, in Newton, shown in Table 13, according to the relevant cross-section of the tested conductor.

The pull is applied without jerks, for 1 min, in the direction of the axis of the conductor space.

When it is necessary, the tested values, for the different cross-sections with the relevant pulling force, shall be clearly indicated in the test report.

Table 13 – Pulling forces

Cross-section of the conductor inserted in the terminal mm ²	1 up to and including 4	Above 4 up to and including 6	Above 6 up to and including 10	Above 10 up to and including 16	Above 16 up to and including 50
Pull N	50	60	80	90	100

During the test, the conductor shall not move noticeably in the terminal.

9.5.2 The terminals are fitted with copper conductors of the smallest and largest cross-sections specified in Table 8, solid or stranded, whichever is the more unfavourable, and the terminal screws are tightened with a torque equal to two-thirds of that shown in the appropriate column of Table 12.

The terminal screws are then loosened and the part of the conductor which may have been affected by the terminal is inspected.

The conductors shall show no undue damage or severed wires.

NOTE Conductors are considered to be unduly damaged if they show deep or sharp indentations.

During the test, terminals shall not become loose and there shall be no damage, such as breakage of screws or damage to the head slots, threads, washers or stirrups, which will impair the further use of the terminal.

9.5.3 The terminals are fitted with the largest cross-section area specified in Table 8, for stranded and/or flexible copper conductors.

Before insertion in the terminal, the strands of the conductor are suitably reshaped.

The conductor is inserted into the terminal until the conductor reaches the bottom of the terminal or just projects from the far side of the terminal and in the position most likely to permit a strand (or strands) to escape. The clamping screw or nut is then tightened with a torque equal to two-thirds of that shown in the appropriate column of Table 12.

After the test, no strand of the conductor shall have escaped outside the retaining device.

9.6 Verification of protection against electric shock

This requirement is applicable to those parts of AFDDs which are exposed to the operator when mounted as for normal use.

The test is made with the standard test finger shown in Figure 3, on the AFDD mounted as for normal use (see note of 8.3) and fitted with conductors of the smallest and largest cross-sections which may be connected to the AFDD.

The standard test finger shall be so designed that each of the jointed sections can be turned through an angle of 90° with respect to the axis of the finger, in the same direction only.

The standard test finger is applied in every possible bending position of a real finger, an electrical contact indicator being used to show contact with live parts.

It is recommended that a lamp be used for the indication of contact and that the voltage be not less than 40 V. The standard test finger shall not touch live parts.

AFDDs with enclosures or covers of thermoplastic material are subjected to the following additional test, which is carried out at an ambient temperature of $35\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, the AFDD being at this temperature.

AFDDs are subjected for 1 min to a force of 75 N, applied through the tip of a straight unjointed test finger of the same dimensions as the standard test finger. This finger is applied to all places where yielding of insulating material could impair the safety of the AFDD, but is not applied to knock-outs.

During this test, enclosures or covers shall not deform to such an extent that live parts can be touched with the unjointed test finger.

Unenclosed AFDDs having parts not intended to be covered by an enclosure are submitted to the test with a metal front panel, and mounted as for normal use.

9.7 Test of dielectric properties

9.7.1 General

AFDDs shall be tested according to the following subclauses.

9.7.2 Resistance to humidity

9.7.2.1 Preparation of the AFDD for test

Parts of the AFDD which can be removed without the aid of a tool are removed and subjected to the humidity treatment with the main part; spring lids are kept open during this treatment.

Inlet openings, if any, are left open; if knock-outs are provided, one of them is opened.

9.7.2.2 Test conditions

The humidity treatment is carried out in a humidity cabinet containing air with a relative humidity equal to $93\% \pm 5\%$.

The temperature of the air in which the sample is placed is maintained within $\pm 2\text{ °C}$ of any convenient value T between 20 °C and 30 °C .

Before being placed in the humidity cabinet, the sample is brought to a temperature between $T\text{ °C}$ and $T\text{ °C} + 4\text{ °C}$.

9.7.2.3 Test procedure

The sample is kept in the cabinet for 48 h.

NOTE An example for obtaining a relative humidity between 91 % and 95 % consists of placing in the humidity cabinet a saturated solution of sodium sulphate (Na_2SO_4) or potassium nitrate (KNO_3) in water having a sufficiently large surface in contact with the air.

In order to achieve the specified conditions within the cabinet, it is recommended to ensure constant circulation of the air within and to use a cabinet which is thermally insulated.

9.7.2.4 Condition of the AFDD after the test

After this treatment, the sample shall show no damage within the meaning of this standard and shall withstand the tests of 9.7.3, 9.7.4, 9.7.5, ~~9.7.7~~ 9.7.6 and 9.7.7.2 (if applicable).

9.7.3 Insulation resistance of the main circuit

The AFDD having been treated as specified in 9.7.2 is then removed from the cabinet.

After an interval between 30 min and 60 min following this treatment, the insulation resistance is measured 5 s after application of a d.c. voltage of approximately 500 V, successively as follows:

- a) with the AFDD in the open position, between each pair of terminals which are electrically connected together when the AFDD is in the closed position, in turn on each pole;
- b) with the AFDD in the closed position, in turn between each pole and the others connected together, electronic components connected between current paths being disconnected for the test;
- c) with the AFDD in the closed position, between all poles connected together and the frame, including a metal foil or part in contact with the outer surface of the ~~internal enclosure~~ housing of insulating material, ~~if any~~ but with the terminal areas kept completely free to avoid flashover between terminals and the metal foil;
- d) between metal parts of the mechanism and the frame;

NOTE Access to the metal part of the mechanism may be specifically provided for this measurement.

- e) for AFDDs with a metal enclosure having an internal lining of insulating material, between the frame and a metal foil in contact with the inner surface of the lining of insulating material, including bushings and similar devices.

Measurements a), b) and c) are carried out after having connected all auxiliary circuits to the frame.

The term "frame" includes:

- all accessible metal parts and a metal foil in contact with the surfaces of insulating material which are accessible after installation as for normal use;
- the surface on which the base of the AFDD is mounted, covered, if necessary, with metal foil;
- screws and other devices for fixing the base to its support;
- screws for fixing covers which have to be removed when mounting the AFDD;
- metal parts of operating means referred to in 8.3.

If the AFDD is provided with a terminal intended for the connection of protective conductors, this is connected to the frame.

For the measurements according to b), c), d) and e), the metal foil is applied in such a way that the sealing compound, if any, is effectively tested.

The insulation resistance shall not be less than:

- 2 MΩ for the measurements according to a) and b);
- 5 MΩ for the other measurements.

9.7.4 Dielectric strength of the main circuit

After the AFDD has passed the tests of 9.7.3, the test voltage specified is applied for 1 min between the parts indicated in 9.7.3, electronic components, if any, being disconnected for the test.

The test voltage shall have a practically sinusoidal waveform, and a frequency between 45 Hz and 65 Hz.

The source of the test voltage shall be capable of supplying a short-circuit current of at least 0,2 A.

No overcurrent tripping device of the transformer shall operate when the current in the output circuit is lower than 100 mA.

The values of the test voltage shall be as follows:

- 2 000 V for a) to d) of 9.7.3;
- 2 500 V for e) of 9.7.3.

Initially, no more than half the prescribed voltage is applied, then it is raised to the full value within 5 s.

No flashover or breakdown shall occur during the test.

Glow discharges without drop in voltage are neglected.

9.7.5 Insulation resistance and dielectric strength of auxiliary circuits

- a) The measurement of the insulation resistance and the dielectric strength tests for the auxiliary circuits are carried out immediately after the measurement of the insulation resistance and the dielectric strength tests for the main circuit, under the conditions given in b) and c) below.

Where electronic components connected to the main circuit in normal service are used, the temporary connections for test shall be made so that, during the tests, there is no voltage between the incoming and outgoing sides of the components.

- b) The measurements of the insulation resistance are carried out:

- between the auxiliary circuits connected to each other and to the frame;
- between each of the parts of the auxiliary circuits which might be isolated from the other parts in normal service and the whole of the other parts connected together;

at a voltage of approximately 500 V d.c. after this voltage has been applied for 1 min.

The insulation resistance shall be not less than 2 MΩ.

- c) A substantially sinusoidal voltage at rated frequency is applied for 1 min between the parts listed under b).

The voltage values to be applied are specified in Table 14.

Table 14 – Test voltage of auxiliary circuits

Rated voltage of auxiliary circuits (a.c. or d.c.) V		Test voltage V
Greater than	Up to and including	
0	30	600
30	50	1 000
50	110	1 500
110	250	2 000
250	500	2 500

At the beginning of the test the voltage shall not exceed half the value specified. It is then increased steadily to the full value in not less than 5 s, but not more than 20 s.

During the test, there shall be no flashover or perforation.

NOTE 1 Discharges which do not correspond to a voltage drop are disregarded.

NOTE 2 In the case of AFDDs in which the auxiliary circuit is not accessible for verification of the requirements given in b), the tests are made on samples specially prepared by the manufacturer or according to the manufacturer's instructions.

NOTE 3 Auxiliary circuits do not include the control circuit of AFDDs functionally dependent on line voltage.

NOTE 4 Control circuits other than those of secondary circuit of detection transformers and control circuits connected to the main circuit are submitted to the same tests as the auxiliary circuits.

9.7.6 Capability of control circuits connected to the main circuit in respect of withstanding high d.c. voltages due to insulation measurements

The test is carried out on the AFDD fixed on a metal support, in the closed position, with all control circuits connected as in service.

A d.c. voltage source is used with the following characteristics:

- open voltage: $600 \text{ V }^{+25}_0 \text{ V}$;

NOTE This value is provisional.

- maximum ripple: 5 %;
where: ripple = $100 \times [(\text{maxvalue} - \text{meanvalue}) / \text{meanvalue}]$
- short-circuit current: $12 \text{ mA }^{+2}_0 \text{ mA}$.

This test voltage is applied for 1 min, in turn between each pole and the other poles connected together to the frame.

After this treatment, the functionality of the AFDD is verified by repeating the test of 9.9.2.4 at the lowest current of Table 1 or 2, as applicable.

9.7.7 Verification of impulse withstand voltages (across clearances and across solid insulation) and of leakage current across open contacts

9.7.7.1 General testing procedure for the impulse withstand voltage tests

The impulses are given by a generator producing positive and negative impulses having a front time of 1,2 μs , and a time to half-value of 50 μs , the tolerances being as follows:

- $\pm 5 \%$ for the peak value;
- $\pm 30 \%$ for the front time;
- $\pm 20 \%$ for the time to half-value.

For each test, five positive impulses and five negative impulses are applied. The interval between consecutive impulses shall be at least 1 s for impulses of the same polarity and shall be at least 10 s for impulses of the opposite polarity.

When performing the impulse voltage test on a complete AFDD, the attenuation or amplification of the test voltage shall be taken into account. It needs to be assured that the required value of the test voltage is applied across the terminals of the equipment under test.

The surge impedance of the test apparatus shall have a nominal value not higher than 500 Ω .

NOTE 1 In ~~9.7.6.2~~ 9.7.7.2, for the verification of clearances within the basic insulation, on a complete AFDD, IEC 60664-1 and IEC/TR 60664-2-1 recommend a very low impedance of the generator for the test. For this purpose, a hybrid generator with a virtual impedance of 2 Ω is appropriate if internal components are not disconnected before testing. IEC 60664-1 and IEC/TR 60664-2-1 recommend measuring the correct test voltage directly at the clearance. The shape of the impulses is adjusted with the AFDD under test connected to the impulse

generator. For this purpose, appropriate voltage dividers and voltage sensors can be used. It is recommended to disconnect surge protective components before testing.

For AFDDs with incorporated surge arresters that cannot be disconnected, it is recommended to adjust the shape of the impulses without connection of the AFDD to the impulse generator.

Small oscillations in the impulses are allowed, provided that their amplitude near the peak of the impulse is less than 5 % of the peak value.

For oscillations on the first half of the front, amplitudes up to 10 % of the peak value are allowed.

There shall be no disruptive discharge (sparkover, flashover or puncture) during the tests.

NOTE 2 An oscilloscope can be used to observe the impulse voltage in order to detect disruptive discharge.

9.7.7.2 Verification of clearances with the impulse withstand voltage

If the measurement of clearances of items 2 and 4 of Table 7 and arrangements given in 9.7.3 b), c) d) and e) show a reduction of the required length, this test applies. This test is carried out immediately after the measurement of the insulation resistance in 9.7.5.

NOTE The measurement of the clearances can be replaced by this test.

The test is carried out on an AFDD fixed on a metal support and being in the closed position.

The test impulse voltage values shall be chosen in Table 15 in accordance with the rated impulse voltage of the AFDD as given in Table 4. These values are corrected for barometric pressure and/or altitude at which the tests are carried out, according to Table 15.

A first series of tests is made applying the impulse voltage between:

- the phase pole(s) and the neutral pole (or path) connected together;
- and the metal support connected to the terminal(s) intended for the protective conductor(s), if any.

A second series of tests is made applying the impulse voltage between:

- the phase pole(s), connected together;
- and the neutral pole (or path) of the AFDD, as applicable.

A third series of tests is made applying the impulse voltage between arrangements given in 9.7.3 b), c), d) and e) and not tested during the two first sequences described here above.

There shall be no disruptive discharge. If, however, only one such disruptive discharge occurs, ten additional impulses having the same polarity as that which caused the disruptive discharge are applied, the connections being the same as those with which the failure occurred.

No further disruptive discharge shall occur.

Table 15 – Test voltage for verification of impulse withstand voltage

Rated impulse withstand voltage U_{imp} kV	Test voltages at corresponding altitude $U_{1,2/50}$ a.c. peak kV				
	Sea level	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
2,5	2,9	2,8	2,8	2,7	2,5
4	4,9	4,8	4,7	4,4	4,0

9.7.7.3 Verification of leakage currents across open contacts (suitability for isolation)

NOTE This verification does not apply to AFDDs classified according to 4.1.2 (because it would be redundant) and 4.1.3 (see Annex D).

Each pole of the AFDD being in the open position is supplied at a voltage 1,1 times its rated operational voltage.

The leakage current flowing across the open contacts is measured after the tests of 9.10 and 9.11 and shall not exceed 2 mA.

9.7.7.4 Verification of resistance of the insulation of open contacts and basic insulation against an impulse voltage in normal conditions**9.7.7.4.1 General**

These tests are not preceded by the humidity treatment described in 9.7.2.

The tests of 9.7.7.4, as stated in requirements 8.2.3, shall be carried out before 9.7.2 on 3 samples of test sequence B of Annex A.

The test impulse voltage values shall be chosen from Table 16, in accordance with the rated voltage of the installation for which the AFDD is intended to be used as given in Table 4. These values are corrected for barometric pressure and/or altitude at which the tests are carried out, according to Table 16.

Table 16 – Test voltage for verifying the suitability for isolation, referred to the rated impulse withstand voltage of the AFDD and the altitude where the test is carried out

Nominal voltage of the installation V	Test voltages at corresponding altitude $U_{1,2/50}$ a.c. peak kV				
	Sea level	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
Single-phase system with mid-point earthed 120/240 ^a	3,5	3,5	3,4	3,2	3,0
Single phase system 120/240 240 ^b	6,2	6,0	5,8	5,6	5,0
Three-phase systems 230/400	6,2	6,0	5,8	5,6	5,0

^a For installation practice in Japan.

^b For installation practice in North American countries.

9.7.7.4.2 AFDDs in opened position

The test is carried out on an AFDD fixed on a metal support as in normal use.

The impulses are applied between:

- the line terminals connected together; and
- the load terminals connected together with the contacts in the open position.

There shall be no disruptive discharges during the test.

9.7.7.4.3 AFDDs in closed position,

9.7.7.4.3.1 Impulse voltage withstand test

The series of tests is carried out on an AFDD fixed on a metal support, wired as in normal use and being in the closed position.

All components bridging the basic insulation have to be disconnected.

A first series of tests is made, the impulses being applied between:

- the phase pole(s) and the neutral pole (or path) connected together; and
- the metal support connected to the terminal(s) intended for the protective conductor(s), if any.

A second series of tests is made, the impulses being applied between:

- the phase pole(s), connected together;
- and the neutral pole (or path) of the AFDD.

There shall be no disruptive discharge. If, however, only one such disruptive discharge occurs, ten additional impulses having the same polarity as that which caused the disruptive discharge are applied, the connections being the same as those with which the failure occurred.

No further disruptive discharge shall occur.

9.7.7.5 Verification of the behaviour of components bridging the basic insulation

Afterward, it is necessary to ensure that components, bridging the basic insulation and having been disconnected during the impulse voltage test for testing the basic insulation, would not impair the behaviour or the safety of the basic insulation of the AFDD during normal use.

A new AFDD sample is tested in order to check that components bridging the basic insulation would not reduce safety with respect to short term temporary overvoltages.

The test voltage has a frequency of 50/60 Hz. In accordance with IEC 60364-4-44:2007, Table 44.A2 and with IEC 60664-1:2007, the r.m.s. value of the test voltage for the basic insulation is $1\,200\text{ V} + U_n$ where U_n is the nominal voltage value between line and neutral.

NOTE 1 As an example, for an AFDD having a rated voltage of $U_n = 250\text{ V}$, the value of the a.c. test voltage for basic insulation is $1\,200\text{ V} + 250\text{ V}$, thus the r.m.s. test voltage is $1\,450\text{ V}$.

The voltage is applied during 5 s between:

- the phase pole(s) and the neutral pole (or path) connected together; and
- the metal support connected to the terminal(s) intended for the protective conductor(s), if any.

The AFDD is then visually inspected; no component bridging the basic insulation should show a visible alteration.

NOTE 2 It is accepted to replace a fuse before connecting the AFDD to the mains. If a fuse protecting a surge arrester has blown, it is accepted to replace the surge arrester too.

Then, the AFDD is connected to the mains in accordance with the manufacturer's instructions. The functionality of the AFDD is verified by the test of 9.9.2.4 at the lowest current of Table 1 or 2, as applicable.

This test is not applied to devices with solid neutral.

9.8 Test of temperature-rise

9.8.1 Ambient air temperature

The ambient air temperature shall be measured during the last quarter of the test period by means of at least two thermometers or thermocouples symmetrically distributed around the AFDD at about half its height and at a distance of about 1 m from the AFDD.

The thermometers or thermocouples shall be protected against draughts and radiant heat.

Care should be taken to avoid errors due to sudden temperature changes.

9.8.2 Test procedure

A current equal to I_n , at rated voltage, is passed simultaneously through all the poles of the AFDD for a period of time sufficient for the temperature-rise to reach the steady state value. In practice, this condition is reached when the variation of the temperature-rise does not exceed 1 K/h.

For four-pole AFDD, the test is first made by passing the specified current through the ~~two~~ three phase poles only.

The test is then repeated by passing the current through the pole intended for the connection of the neutral and the pole adjacent to the neutral.

During these tests the temperature-rise shall not exceed the values shown in Table 9.

9.8.3 Measurement of the temperature of parts

The temperature of the different parts referred to in Table 9 shall be measured by means of fine wire thermocouples or by equivalent means at the nearest accessible position to the hottest spot.

Good heat conductivity between the thermocouple and the surface of the part under test shall be ensured.

9.8.4 Temperature-rise of a part

The temperature-rise of a part is the difference between the temperature of this part measured in accordance with 9.8.3 and the ambient air temperature measured in accordance with 9.8.1.

9.9 Verification of the operating characteristics

9.9.1 General

The AFDD is installed as for normal use.

The test circuit shall be of negligible inductance.

For an AFDD having more than one rated voltage (e.g. 120 V and 240 V), the tests shall be carried out at the lowest and highest voltage.

For an AFDD having more than one rated frequency, the tests shall be carried out at ~~the lowest and highest~~ each rated frequency.

For the tests of 9.9.2.2 to 9.9.2.5, the cable specimen shall be replaced after each measurement.

9.9.2 Series arc fault tests

9.9.2.1 General

A representative AFDD shall clear the arcing fault in the time specified in Table 1 or 2 for the arc current level being tested. AFDDs shall be tested up to their rated current.

The AFDD being supplied with all phases, the tests shall be performed, if applicable, between one phase, chosen at random and neutral, and between two phases chosen at random.

The tests ~~of 9.9.2.2 to 9.9.2.5~~ shall be conducted by connecting a cable specimen (prepared in accordance with 9.9.2.6) in series with the AFDD according to Figure 4 for tests of 9.9.2.2 to 9.9.2.5 and according to Figure 38 for tests of 9.9.2.8 and 9.9.2.9.

The adjustment of the test currents without arcing, in the line where the cable specimen is placed ~~without arcing~~, is achieved by application of the ~~rated~~ line to neutral voltage reduced by 50 V to take into account the value of the arc voltage during the test. For three-pole AFDD, the mid-point of the resistors in Figure 38 shall be connected directly to the neutral. For tests of 9.9.2.2, and at the rated current only, the adjustment of the test current in the cable specimen without arcing is achieved by application of the rated voltage.

~~The tests shall be conducted at the rated voltage of the AFDD.~~

The break time is measured at each arc current level and the measured value shall not exceed the times specified in Table 1 or 2.

9.9.2.2 Verification of correct operation in case of sudden appearance of series arc in the circuit

The test switches S1, S3, S4 and the AFDD being in closed position and test current being stabilized, the test arc current is adjusted from lowest arc current value up to the rated current of the AFDD by the resistive load. The test switch S2 is then opened.

Test switch S4 is then suddenly opened to insert the prepared cable specimen in series with the load. The break time is measured three times. No measurement shall exceed the limit value in Table 1 or 2 as applicable.

9.9.2.3 Verification of correct operation in case of inserting a load with a series arc fault

Test switches S3 and S4 being in the open position and test switches S1, and the AFDD being in closed position, test arc current is adjusted by the resistive load to the lowest arc current value in Table 1 or 2 as applicable. The test switch S2 is then opened.

The test switch S1 and the AFDD being in closed position, the test switch S4 and S3 being in the open position, the test switch S3 is suddenly closed to supply the load with a series arc fault.

The break time is measured three times. No measurement shall exceed the limiting value in Table 1 or 2 as applicable.

The test is then repeated for the rated current value of the AFDD.

9.9.2.4 Verification of the correct operation in case of closing on series arc fault

Test switches S1, S3 and the AFDD being in closed position, test arc current is adjusted by the resistive load to the lowest arc current value in Table 1 or 2 as applicable. After test switch S1 is opened, the test switch S2 is opened.

Test switches S1 and S4 being in the open position, the test switch S1 is suddenly closed to supply the AFDD and the load with a series arc fault.

The break time is measured three times. No measurement shall exceed the limiting value in Table 1 or 2 as applicable.

The test is then repeated for the rated current value of the AFDD.

9.9.2.5 Test at the temperature limits

The AFDD shall perform the tests specified in 9.9.2.2 under the following conditions successively:

- ambient temperature: –5 °C, only for the lowest value of Table 1 or 2, as applicable and with a voltage equal to 0,85 times the rated voltage;
- ambient temperature: 40 °C, the AFDD having been previously loaded with the rated current, until it attains thermal steady-state conditions, only for the rated current value of the AFDD and with a voltage equal to 1,1 times the rated voltage. After the steady state has been attained, the tripping tests shall be performed. For the tripping tests, the flow of rated current may be interrupted, provided that the total interruption period does not exceed 30 s. As soon as the sum of interruption periods exceeds 30 s, the AFDD shall be loaded again with rated current for 5 min before the next tripping time measurement.

9.9.2.6 Preparation of the cable specimens

Two conductors with a cross section area of 1,5 mm² (or AWG 16) and closely tied together (e.g. with adhesive tape or equivalent) are to be prepared as follows (see Figure 36).

A cable with parallel conductors shall be used for this test. One of the following cables should be used for testing the AFDD since they provide similar results.

NOTE In case these cables cannot be sourced in a country, an assessment of the results obtained with the cables used in this country has to be done.

- The flexible PVC cable classified IEC 60227 IEC41, according to IEC 60227-1 Annex A, with two conductors are appropriate for this test.
- Specimen cable may also be prepared with two single PVC flexible conductors classified IEC 60227 IEC02 which are kept together with PVC insulation tape.

- The cables SPT2 and H05VV-F with two conductors are particularly appropriate for this test. A self-made cable with single flexible conductors H05V which are kept together with PVC insulation tape can be also used for the test.
- a) The material and geometry of the specimen shall be appropriate to perform a sufficient carbonization between the conductors and initiate arcing by applying the rated voltage.
- b) The cable specimens are to be cut to a minimum length of 200 mm (or 8 inches) and the individual wires separated at each end of the cable specimen for 25 mm (or 1 inch).
- c) ~~The insulation across both wires is to be slit 50 mm (or 2 inches) from one end to a depth~~
A slit or incision, perpendicular to the cable specimens axis, is to be made in the insulation of the cable approximately half way along the length of the cable so as to expose the conductors without severing any strands.
- d) The slit in the insulation is to be wrapped with a double layer of electrical grade black PVC tape and overwrapped with a double layer of fiberglass tape.
- e) The conductors are to be stripped at ~~the one end farthest from the slit~~, approximately 12 mm (or 0,5 in) for connection to the test circuits.

The cable specimen shall be then conditioned to create a carbonized conductive path across insulation between the two cable conductors:

- f) The cable specimen is to be connected to a circuit providing 30 mA short circuit current and an open circuit voltage of at least 7 kV. The circuit is to be energized for approximately 10 s or until the smoking stops.
- g) The cable specimen is to be connected to a circuit providing 300 mA short circuit at a voltage of at least 2 kV or sufficient to cause the current to flow. The circuit is to be energized for approximately one minute or until the smoking stops.

The carbonized path shall be considered complete if a 100 W/120 V incandescent lamp starts to glow at 120 V or a resistance having an equivalent resistance value (with 100 W/120 V incandescent lamp) in series with the path draws 0,3 A at 120 V or a 100 W/230 V incandescent lamp starts to glow at 230 V or a resistance having an equivalent resistance value (with 100 W/230 V incandescent lamp).

It shall be permissible to modify the test circuit such that current does not flow through the device under test during the high voltage conditioning cycle.

9.9.2.7 Arc generator

An arc generator test is an apparatus consisting of a stationary electrode and a moving electrode as shown in Figure 5.

NOTE The value a in Figure 5 is not very important it can be around $17 \text{ mm} \pm 7,5 \text{ mm}$ ($0,7 \text{ in} \pm 0,3 \text{ in}$).

One electrode shall consist of a $6 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ diameter carbon-graphite rod and the other electrode shall be a copper rod. The arcing end of one or both electrodes may be pointed as shown in Figure 5.

It may be necessary to clean and sharpen the rods in order to have repeatable arc conditions.

When inserted in a circuit, the separation of two electrodes at a convenient distance shall generate a consistent arc between two electrodes.

When using the arc generator, the AFDD shall clear the arcing fault in less than 2,5 times the break time in Table 1 or 2.

NOTE The arc energy during arcing with the carbonized path is in the range of 2,5 times the arc energy provided by the arc generator.

9.9.2.8 Verification of correct operation in case of arc in a three-phase system with unbalanced load

This test is applicable for a four-pole AFDD only.

The detection test shall be performed for each pole and neutral separately. Whatever the rated current value, the current in the three phases shall be adjusted at 2,5 A, 5 A and the rated current (see Figure 38), according to 9.9.2.1. The arc test shall be performed on each phase, in turn, at the previously adjusted current.

The test procedure shall be according to 9.9.2.2.

9.9.2.9 Verification of correct operation in case of arc in a three-phase system with balanced load

This test is applicable for a three-pole AFDD and a four-pole AFDD.

The detection test shall be performed for each pole, except the neutral. The load current in each phase shall be adjusted at the lowest arc current value and at the rated current of the AFDD (see Figure 38), according to 9.9.2.1.

The test procedure shall be applied according to 9.9.2.2.

9.9.3 Parallel arc fault tests

9.9.3.1 Verification of correct operation in case of parallel arc with limited current

An AFDD shall clear the arcing fault if the number of half-cycles of arcing mentioned in Table 3 occurs within a period of 0,5 s. For the purposes of these requirements, an arcing half-cycle is considered to be all of the current traces occurring within a period of 10 ms for a device rated 50 Hz and 8,3 ms for a device rated 60 Hz. Within that time period there may be current flow for some but not all of the time.

Prior to and following each period of current flow, there may be a period with no current or very reduced current. Very reduced current is considered to be current with amplitude less than 5 % of the available current or current that continues for not more than 5 % of the duration of half-cycle. This may last for either a portion of a half cycle or for several half cycles. A complete sinusoidal half cycle of current flow is not considered to be an arcing half cycle.

The tests shall be performed at fault current levels of 75 A and 100 A.

The AFDD being supplied with all phases, the tests shall be performed between a phase chosen at random and neutral (if any), and between two phases chosen at random, if applicable.

The test is performed according to Figure 6.

The cable specimen is prepared in the same way as in 9.9.2.6.

The test current is adjusted to 75 A with line impedance Z in the circuit, the test switches S1, S2, S3 and S4 being in closed position. The switches S2, S3 and S4 are then opened, the AFDD and the test switch S1 are closed. The test switch S3 is suddenly closed.

The AFDD shall open according to Table 3.

The test is then repeated with a current adjusted to 100 A with the impedance Z . The AFDD shall open according to Table 3.

The AFDD shall clear the arcing fault if the number of half-cycles of arcing mentioned in Table 3 occur within a period of 0,5 s. The 0,5 s period is considered to begin with the first arcing half cycle.

The test is to be repeated with a new cable specimen if the arcing is of a shorter duration than the number of half-cycles mentioned in Table 3 and the AFDD does not trip.

9.9.3.2 Verification of correct operation in case of parallel arc cable cutting test

An AFDD shall clear the arcing fault if the number of half-cycles of arcing mentioned in Table 3 occurs within a period of 0,5 s. For the purposes of these requirements, an arcing half-cycle is considered to be all of the current traces occurring within a period of 10 ms for a device rated 50 Hz and 8,3 ms for a device rated 60 Hz. Within that time period there may be current flow for some but not all of the time.

Prior to and following each period of current flow, there may be a period with no current or very reduced current. Very reduced current is considered to be current with amplitude less than 5 % of the available current or current that continues for not more than 5 % of the duration of half-cycle. This may last for either a portion of a half cycle or for several half cycles. A complete sinusoidal half cycle of current flow is not considered to be an arcing half cycle.

The tests shall be performed between a phase chosen at random and neutral (if any), and between two phases chosen at random, if applicable.

The test is performed according to Figure 7.

The test apparatus T for the cable cutting test shall be as shown in Figure 8 or equivalent.

The steel blade shall be 1,2 mm thick (nominal) for a 120 V rated AFDD or 3 mm thick (nominal) for a 230 V AFDD, with approximate dimensions of 32 mm by 140 mm. The blade may be replaced as necessary. The blade may be sharpened if agreeable to all concerned. This shall be attached to a lever arm to maintain a cutting angle to produce the effect. Using the test apparatus shown in Figure 8, or equivalent, the blade is to be positioned so that solid contact is made with one conductor and arcing contact is made with the second conductor.

The conductor samples to be tested shall be two conductors used in the country and closely tied together (e.g. with adhesive tape) and with cross sectional area according to Table 11. The samples shall be a maximum of 1,2 m long and shall be positioned below the blade as shown in Figure 8.

NOTE The cables SPT2 and H05VV-F are particularly appropriate for this test.

The tests shall be conducted at rated voltage of the AFDD and at test arc current of Table 3. The test arc current shall be adjusted with the impedance Z and test switches S1, S2, S3 and S4 being in the closed position. The AFDD shall be tested with three wire samples at each current level. Each wire sample shall only be used for one test.

The cutting edge of the lever arm (the length of the blade edge to be in contact with the representative conductors) is to be anywhere along the length of the cutting edge of the blade. With test switches S1 and S3 being in the closed position, a slow steady vertically direct force shall be applied to the lever arm so as to allow the blade to cut through the insulation of the conductor specimen under test. The blade is to make solid contact with one conductor and then point contact with the other conductor.

The AFDD shall clear the arcing fault if the number of half-cycles of arcing mentioned in Table 3 occur within a period of 0,5 s.

The test is to be repeated with a new cable specimen if the arcing is of a shorter duration than the number of half-cycles mentioned in Table 3 and the AFDD does not trip.

9.9.3.3 Verification of correct operation in case of earth arc fault

The test of 9.9.3.1 is repeated at 5 A and 75 A, but in a way to produce an arc to ground.

The testing arrangement is described in Figure 9.

The AFDD shall open according to Table 1 or 2 for 5 A and according to Table 3 for 75 A.

The AFDD shall clear the arcing fault if the number of half-cycles of arcing mentioned in Table 3 occur within a period of 0,5 s. The 0,5 s period is considered to begin with the first arcing half cycle.

The test is to be repeated with a new cable specimen if the arcing is of a shorter duration than the number of half-cycles mentioned in Table 3 and the AFDD does not trip.

9.9.4 Masking test, verification of correct operation

9.9.4.1 General

The correct operation of the AFDD shall be checked in different inhibition configurations. These inhibition tests are made based on test method 9.9.2.2. Either an arc generator or carbonized cable specimen can be used to generate arc fault, as declared by the manufacturer.

The AFDD being supplied with all phases, the tests shall be performed between a phase chosen at random and neutral (if any), and between two phases chosen at random, if applicable.

9.9.4.2 Masking test with inhibition loads

This test applies to a single-pole AFDD with two current paths and a two-pole AFDD.

A first series of tests with no inhibition load is performed. The AFDD and arc generator or cable specimen are connected in the circuit according to Figure 10 with current limited and adjusted by a resistive load. S1 is opened.

Test voltage shall be the rated voltage of the AFDD. Each AFDD shall be tested three times at 2,5 A for 230 V rated voltage AFDD and 5 A for a 120 V rated voltage AFDD.

A second series of tests are then applied with inhibition loads, using the same resistive load. The AFDD, the resistive load, if any, and arc fault tester are connected in each of configuration shown in Figure 11.

The AFDD shall be tested with each of the following masking loads:

- a) A vacuum cleaner, rated at 5 A to 7 A for a 230 V rated voltage AFDD and at 10 A to 14 A for a 120 V rated voltage AFDD, full load having a universal motor shall be started and run;
- b) An electronic switching mode power supply (or power supplies), having a total load current of at least 2,5 A for a 230 V rated voltage AFDD and 5 A for a 120 V rated voltage AFDD, with a minimum total harmonic distortion (THD) of 100 %, and individual minimum current harmonics of 75 % at the 3rd, 50 % at the 5th, and 25 % at the 7th. The power supply (or power supplies) shall be turned on;

NOTE 1 THD can be calculated with the formula of IEC 61000-3-2:2014, 3.14.2, for total harmonic distortion

$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{40} \left(\frac{I_h}{I_1} \right)^2}$$

- c) A capacitor start (air compressor type) motor, with a peak inrush current of ~~65 A ± 10 % for a 230 V rated voltage AFDD and~~ 130 A ± 10 % for a 120 V rated voltage AFDD, is to be started under load (compressor operating without any air pressure in the air tank) and operated. For a 230 V rated voltage AFDD, a 2,2 kW capacitor start (air compressor type) motor is to be used;
- d) For AFDD with rated voltage of 120 V an electronic lamp dimmer (thyristor type) 1 000 W with a filtering coil controlling a 1 000 W tungsten load consisting of four 150-W bulbs and four 100 W bulbs.
- For AFDD with rated voltage of 230 V an electronic lamp dimmer (thyristor type) 600 W with a filtering coil controlling a 600 W tungsten load.
- NOTE 2 In case incandescent tungsten bulbs cannot be found, they can be replaced by a resistive load with the same power.
- The dimmer is to be turned on with the dimmer preset at full on, conduction angles of 60°, 90°, 120°, and at the minimum setting that causes the lamps to ignite;
- e) Two 40 W fluorescent lamps plus an additional 5 A resistive load;
- f) 12 V halogen lamps powered with electronic transformer with a total power of at least 300 W plus an additional 5 A resistive load;
- g) Electric hand tool such as a drill with at least 600 W power.

The arc fault tester in Figure 11 shall be either arc generator defined in 9.9.2.7 or the carbonized cable specimen as described in 9.9.2.6.

The AFDD shall clear the arcing fault as specified in Table 1 or 2 when using carbonised cable specimen and 2,5 times the break time in Table 1 or 2 when using the arc generator.

For selecting the maximum break time in Table 1 or Table 2, the test arc current is the current in the cable specimen without arcing; it is measured by application of the rated voltage reduced by 50 V.

When applying configuration A or C of Figure 11 this test is not required for conditions in which the masking load current, when measured before the arc is placed in the circuit, is lower than 5 A r.m.s. for a 120 V rated voltage AFDD and 2,5 A r.m.s. for a 230 V rated voltage AFDD.

Test voltage shall be the rated voltage of the AFDD. Each AFDD shall be tested three times for each load configuration.

For the first and second series of tests with arc generator, the electrodes shall first touch each other, the circuit shall be closed. The electrodes then shall be separated slowly using the lateral adjustment until arcing occurs.

9.9.4.3 Masking test with EMI filter

The AFDD shall be installed in the circuit shown in Figure 11 configuration B. An arc test shall be introduced with a 2,5 A load for a 230 V rated voltage AFDD and 5 A load for a 120 V rated voltage AFDD.

The AFDD shall clear the arcing fault as specified in Table 1 or 2 when using carbonised cable specimens and 2,5 times the break time in Table 1 or 2 when using the arc generator.

NOTE The type of cables mentioned in 9.9.2.6 can be used for this masking test

- a) Two EMI filters of 0,22 μF shall be installed. One filter shall be installed at one end of two resistive loads of 15 m (or 50 feet) in length and 2,5 mm² (or 12 AWG) in ~~diameter cross-section~~; the cable shall comply with IEC 60228. Each filter shall be on the end of approximately 2,0 m (or 6 feet) in length and of 1,5 mm² (or 16 AWG) in ~~diameter cross-section~~. The arcing shall be initiated as shown in Figure 12.
- b) An EMI filter as described in Figure 14 shall be installed at the end of 15 m (or 50 feet), in length and 2,5 mm² (or 12 AWG) in ~~diameter cross-section~~; the cable shall comply with IEC 60228. The filter shall be on the end of 2,0 m (or 6 feet) in length and 1,5 mm² (or 16 AWG) in ~~diameter cross-section~~ flexible cable. The AFDD and the arcing shall be located as shown in Figure 13.

9.9.4.4 Masking test with line impedance

The AFDD shall be installed as intended on a branch circuit, and under the following conditions of line impedance, the AFDD shall operate in accordance with the break time specified in Table 1 or 2 when using carbonised cable specimen and 2,5 times the break time in Table 1 or 2 when using arc generator.

A branch circuit consisting of 30 m (or 100 feet) of 2,5 mm² (or 12 AWG) armoured cable, 2-conductor with steel armour. The arcing fault shall occur in series with a 5 A load for a 120 V rated voltage AFDD and 2,5 A load for a 230 V rated voltage AFDD (see Figure 15).

9.9.4.5 Masking test with inhibition loads for three-pole and four-pole AFDDs

A series of tests is performed with inhibition loads according to 9.9.2.9. The AFDD and arc fault tester are connected in the circuit according to Figure 39.

The AFDD shall be tested with each of the following masking loads at AFDD rated voltage and rated frequency:

- a) a three-phase asynchronous motor loaded to draw 2,5 A $^{+20}_0$ % per AFDD pole for 400 V rated voltage AFDD and 5 A $^{+20}_0$ % per AFDD pole for 230 V rated voltage AFDD;
- b) a variable speed drive with a three-phase asynchronous motor adjusted in such a way that the voltage applied to the motor is equal to the 80 % of the AFDD rated voltage and the ratio U_n/f^2 remains constant where U_n is the rated voltage and f the rated frequency.

The asynchronous motor consumption shall be adjusted for consuming 2,5 A $^{+20}_0$ % per AFDD pole for 400 V rated voltage AFDD and 5 A $^{+20}_0$ % per AFDD pole for 230 V rated voltage AFDD.

The switching frequency of the variable speed drive shall be between 10 kHz and 12 kHz.

Systems comprising variable speed drives, motors and cabling, shall be confirmed by the drive supplier to fulfil the requirements regarding the limit of harmonic current emissions as defined in IEC 61000-3-2 for Class A equipments. The AFDD shall clear the arcing fault as specified in Table 1 or Table 2 when using carbonized cable specimen or within 2,5 times the break time in Table 1 or Table 2 when using the arc generator.

9.9.5 Unwanted tripping test

9.9.5.1 General

The AFDD shall perform the tests in 9.9.5.2, 9.9.5.3, and 9.9.5.4 in order to ensure that the device will not trip in situations where it should not trip.

The AFDD being supplied with all phases, the tests shall be performed between a phase, chosen at random and neutral (if any), and between two phases chosen at random, if applicable.

9.9.5.2 Cross talk test

Two branch circuits installed as close as possible in the same panel are supplied with the same phase and neutral, if any, as described in Figure 16, one with AFDD protection and one without AFDD protection (but with conventional overcurrent protection). Both circuits are connected to a resistive load drawing a current equal to 5 A. For three-pole and four-pole AFDDs, a 3-phase resistive load with 5 A in each phase shall be used.

An arc is initiated with an arc generator (according to 9.9.2.7) or a cable specimen (according to 9.9.2.6) in the circuit without the AFDD, according to the test conditions of ~~9.9.2.4~~ 9.9.2.2. The arc conditions shall ~~have~~ be sustained for a duration ~~equal to~~ of minimum 0,5 s for 230 V and for 400 V circuits, or a duration ~~equal to~~ of minimum 1 s for a 120 V circuit, the AFDD shall not trip.

9.9.5.3 Burst test

This test is already covered in 9.21.

9.9.5.4 Test with various disturbing loads for single-pole AFDD with two current path and two-pole AFDD

The AFDD is tested as in ~~9.9.4.1~~ 9.9.4.2 but without arc generator or cable specimen shown in Figure 10 (S1 being closed).

The AFDD shall be tested with each of the following loads:

- a) A vacuum cleaner, rated at 5 A to 7 A for a 230 V rated voltage AFDD and at 10 A to 14 A for a 120 V rated voltage AFDD, full load having a universal motor shall be started and run;
- b) An electronic switching mode power supply (or power supplies), having a total load current of at least 2,5 A for a 230 V rated voltage AFDD and 5 A for a 120 V rated voltage AFDD, with a minimum total harmonic distortion (THD) of 100 %, and individual minimum current harmonics of 75 % at the 3rd, 50 % at the 5th, and 25 % at the 7th. The power supply (or power supplies) shall be turned on;
- c) A capacitor start (air compressor type) motor, with a peak inrush current of $130\text{ A} \pm 10$ percent for a 120 V rated voltage AFDD, is to be started under load (compressor operating without any air pressure in the air tank) and operated. For 230 V rated voltage AFDD, a 2,2 kW capacitor start (air compressor type) motor is to be used;
- d) For AFDD with rated voltage of 120 V an electronic lamp dimmer (thyristor type) 1 000 W with a filtering coil controlling a 1000 W tungsten load consisting of four 150 W bulbs and four 100 W bulbs.

For AFDD with rated voltage of 230 V an electronic lamp dimmer (thyristor type) 600 W with a filtering coil controlling a 600 W tungsten load.

NOTE In case incandescent tungsten bulbs cannot be found, they can be replaced by a resistive load with the same power.

The dimmer is to be turned on with the dimmer preset at full on, conduction angles of 60°, 90°, 120°, and at the minimum setting that causes the lamps to ignite;

- e) Two 40 W fluorescent lamps plus an additional 5 A resistive load;
- f) 12 V halogen lamps powered with electronic transformer with a total power of at least 300 W plus an additional 5 A resistive load;
- g) Electric hand tool such as a drill with at least 600 W power.

The electric hand tool g) shall be previously conditioned by 24 h operation.

The loads are energized during at least 5 s. Five Start/Stop operations shall be performed.

The AFDD shall not trip.

9.9.5.5 Test with various disturbing loads for three-pole and four-pole AFDDs

The AFDD is tested as in 9.9.4.5 but without the arc fault tester shown in Figure 39.

The AFDD shall be tested with each of the following loads:

- a) a three-phase (asynchronous motor) fan consuming, $2,5 \text{ A }^{+20}_0$ % per AFDD pole for a 400 V rated voltage AFDD and 5 A ^{+20}_0 % per AFDD pole for 230 V rated voltage AFDD;
- b) a variable speed drive with a three-phase (asynchronous motor) adjusted in such a way that the voltage applied to the fan is equal to the 80 % of the AFDD rated voltage and the ratio U_n/f^2 remains constant where U_n is the rated voltage and f the rated frequency.

The fan consumption shall be adjusted for consuming, $2,5 \text{ A }^{+20}_0$ % per AFDD pole for a 400 V rated voltage AFDD and 5 A ^{+20}_0 % per AFDD pole for 230 V rated voltage AFDD.

The switching frequency of the variable speed drive shall be between 10 kHz and 12 kHz.

The variable speed drive shall not be equipped with optional EMC filters.

If an acceleration ramp is used for reaching the voltage applied to the fan, it shall not take more than 5 s.

The loads are energized during at least 10 s. Five Start/Stop operations shall be performed.

The AFDD shall not trip.

9.10 Verification of mechanical and electrical endurance

9.10.1 General test conditions

The AFDD is fixed to a metal support.

AFDDs classified according to 4.1.3 shall be assembled with the declared protective device.

The test is made at rated voltage, at a current adjusted to the rated current by means of resistors and reactors in series, connected to the load terminals.

If air-core reactors are used, a resistor taking approximately 0,6 % of the current through the reactors is connected in parallel with each reactor.

If iron-core reactors are used, the iron power losses of these reactors shall not appreciably influence the recovery voltage.

The current shall have substantially sine-wave form and the power factor shall be between 0,85 and 0,9.

The AFDD is connected to the circuit with conductors of the sizes indicated in Table 11.

9.10.2 Test procedure

AFDDs are subjected to 2 000 operating cycles, each operating cycle consisting of a closing operation followed by an opening operation.

The AFDD shall be operated as for normal use.

The opening operations shall be effected as follows:

- for the first 1 000 operations using manual operating means;
- 500 operations using test device, if any;
- 500, or in the case of no test device 1000, operating cycles by ~~providing~~ **ares tripping the AFDD**. The tripping means and conditions will be decided between the manufacturer and the laboratory.

In addition, the AFDD is further subjected without load, using the manual operating means, to

- 2 000 operating cycles for AFDDs having $I_n \leq 25$ A;
- 1 000 operating cycles for AFDDs having $I_n > 25$ A.

The operating frequency shall be

- four operating cycles per minute for AFDDs of $I_n \leq 25$ A, the ON period having a duration of 1,5 s to 2 s;
- two operating cycles per minute for AFDDs of $I_n > 25$ A, the ON period having a duration of 1,5 s to 2 s.

9.10.3 Condition of the AFDD after test

Following the test of 9.10.2, the AFDD shall not show:

- undue wear;
- damage of the enclosure permitting access to live parts by the standard test finger;
- loosening of electrical or mechanical connections;
- seepage of the sealing compound, if any.

Afterward the functionality of the AFDD is verified by repeating the test of 9.9.2.4 at the lowest current of Table 1 or 2 and at the AFDD rated current, as applicable, without measurement of the break time.

The AFDD shall then perform satisfactorily the dielectric strength test in 9.7.4 for 1 min but at a voltage of 900 V without previous humidity treatment.

9.11 Verification of the behaviour of the AFDD under short-circuit conditions

9.11.1 General

AFDDs classified according to 4.1.1 shall be tested according to 9.11.2.

AFDDs classified according to 4.1.2 and 4.1.3 (according to Annex D depending on the assembled protection device) are tested according to IEC 60898, IEC 61008-1, IEC 61009-1, or IEC 62423, as applicable.

Afterward, the functionality of the AFDD is verified by repeating the test of 9.9.2.4 at 1,25 times the lowest current of Table 1 or 2, as applicable, without measurement of the break time.

9.11.2 Short-circuit tests for AFDDs according to 4.1.1**9.11.2.1 General**

The various tests to verify the behaviour of the AFDD according to 4.1.1 under short-circuit conditions are shown in Table 17.

Table 17 – Tests to be made to verify the behaviour of AFDDs under short-circuit conditions

Verification of	Subclause
Rated making and breaking capacity I_m	9.11.2.3
One pole making and breaking capacity I_{m1} and suitability for IT systems	9.11.2.4
Coordination at rated conditional short-circuit current I_{nc}	9.11.2.5 a)
Coordination at rated making and breaking capacity I_m	9.11.2.5 b)
Coordination at rated conditional short-circuit current for one pole I_{nc1}	9.11.2.5 c)

9.11.2.2 General conditions for test

The conditions of 9.11.2 are applicable to any test intended to verify the behaviour of AFDDs under short-circuit conditions.

a) Test circuit

Figure 19, Figure 20 and Figure 21 give diagrams of the circuits to be used for the tests concerning:

- a single-pole AFDD with two current paths;
- a two-pole AFDD;
- a three-pole AFDD;
- a four-pole AFDD.

The supply S feeds a circuit including impedance Z, the declared protective device, as applicable, the AFDD under test (D), and the additional impedance Z_1 and/or Z_2 , as applicable.

The values of the resistors and reactors of the test circuit shall be adjusted to satisfy the specified test conditions.

The reactors L shall be preferably air-cored. They shall always be connected in series with the resistors R and their value shall be obtained by series coupling of individual reactors; parallel connecting of reactors is possible when these reactors have practically the same time-constant.

Since the transient recovery voltage characteristics of test circuits including large air-cored reactors are not representative of normal service conditions, the air-cored reactor in any phase shall be shunted by a resistor r taking approximately 0,6 % of the current through the reactor, (see Figure 21). This resistor may be omitted if agreed by manufacturer

In each test circuit the impedance Z is inserted between the supply source S and the AFDD.

The declared protective device, or the equivalent impedance (see 9.11.2.3 a) and 9.11.2.4 a)), is inserted between the impedance Z and the AFDD.

The additional impedance Z_1 , if used, shall be inserted on the load side of the AFDD.

For the tests in 9.11.2.5 a) and c), the AFDD shall be connected with cables having a length of 0,75 m per pole and the maximum cross-section corresponding to the rated current according to Table 8 of this standard.

It is recommended that 0,5 m be connected on the supply side and 0,25 m on the load side of the AFDD.

The diagram of the test circuit shall be given in the test report. It shall be in accordance with the relevant figure.

There shall be one and only one point of the test circuit which is directly earthed; this may be the short-circuit link of the test circuit or the neutral point of the supply or any other convenient point. The method of earthing shall be stated in the test report.

Z_2 , suitably calibrated, is an impedance used to obtain one of the following currents:

- the rated ~~residual~~ making and breaking ~~current~~ capacity on one pole I_{m1} ;
- the rated conditional ~~residual~~ short-circuit current on one pole I_{nc1} .

S_1 is an auxiliary switch.

For the purpose of verifying the minimum I^2t and I_p values to be withstood by the AFDD as given in Table 18, tests have to be performed. The declared overcurrent protective device shall be used in the tests.

For the purpose of this test, verification of the declared overcurrent protective device (I^2t and I_p) is made prior to testing, the AFDD being replaced by a temporary connection having a negligible impedance.

The minimum values of let-through energy I^2t and peak current I_p , based on an electrical angle of 45° , are given in Table 18.

Without an agreement of the manufacturer, these values shall not be higher than 1,1 times the values given in Table 18.

Table 18 – Minimum values of I^2t and I_p

		I_n A					
I_{nc} and I_{nc1} A		≤ 16	≤ 20	≤ 25	≤ 32	≤ 40	≤ 63
500	I_p (kA)	0,45	0,47	0,5	0,57		
	I^2t (kA ² s)	0,4	0,45	0,53	0,68		
1 000	I_p (kA)	0,65	0,75	0,9	1,18		
	I^2t (kA ² s)	0,50	0,9	1,5	2,7		
1 500	I_p (kA)	1,02	1,1	1,25	1,5	1,9	2,1
	I^2t (kA ² s)	1	1,5	2,4	4,1	9,75	22
3 000	I_p (kA)	1,1	1,2	1,4	1,85	2,35	3,3
	I^2t (kA ² s)	1,2	1,8	2,7	4,5	8,7	22,5
4 500	I_p (kA)	1,15	1,3	1,5	2,05	2,7	3,9
	I^2t (kA ² s)	1,45	2,1	3,1	5,0	9,7	28
6 000	I_p (kA)	1,3	1,4	1,7	2,3	3	4,05
	I^2t (kA ² s)	1,6	2,4	3,7	6,0	11,5	25
10 000	I_p (kA)	1,45	1,8	2,2	2,6	3,4	4,3
	I^2t (kA ² s)	1,9	2,7	4	6,5	12	24

NOTE 1 At the request of the manufacturer, higher values of I^2t and I_p can be used.

For intermediate values of short-circuit test currents, the next higher short-circuit current shall apply.

The verification of the minimum I^2t and I_p values is not needed if the manufacturer has stated for AFDDs values higher than the minimum ones in which case the stated values shall be verified.

For coordination with circuit-breakers, tests with this combination are necessary.

All the conductive parts of the AFDD normally earthed in service, including the metal support on which the AFDD is mounted or any metal enclosure (see 9.11.2.2 f)), shall be connected to the neutral point of the supply or to a substantially non-inductive artificial neutral permitting a prospective fault current of at least 100 A.

This connection shall include a copper wire F of 0,1 mm diameter and not less than 50 mm in length for the detection of the fault current and, if necessary, a resistor R_2 limiting the value of the prospective fault current to about 100 A.

The voltage sensors are connected:

- across the terminals of the pole, for single-pole AFDDs;
- across the supply terminals, for multipole AFDDs.

Unless otherwise stated in the test report, the resistance of the measuring circuits shall be at least 100 Ω per volt of the power frequency recovery voltage.

AFDDs are supplied on the line side with the rated voltage (or, if relevant, with a voltage having the lower value of its range of rated voltages).

b) Tolerances on test quantities

All the tests concerning the verification of rated making and breaking capacity and of the correct coordination between AFDDs and declared protective devices shall be performed at values of influencing quantities and factors as stated by the manufacturer in accordance with Table 6 of this standard, unless otherwise specified.

The tests are considered as valid if the quantities as recorded in the test report are within the following tolerances for the specified values:

- Current: $\begin{smallmatrix} +5 \\ 0 \end{smallmatrix}$ %;
- Frequency: see 9.2 of this standard;
- Power factor: $\begin{smallmatrix} 0 \\ -0,05 \end{smallmatrix}$;
- Voltage: (including recovery voltage): ± 5 %.

c) Power factor of the test circuit

The power factor of each phase of the test circuit shall be determined according to a recognized method which shall be stated in the test report.

Two examples are given in Annex IA.

The power factor of a polyphase circuit is considered as the mean value of the power factor of each phase.

The power factor shall be in accordance with Table 19.

Table 19 – Power factors for short-circuit tests

Short-circuit current (I_c) A	Power factor
$I_c \leq 500$	0,95 to 1,00
$500 < I_c \leq 1\,500$	0,93 to 0,98
$1\,500 < I_c \leq 3\,000$	0,85 to 0,90
$3\,000 < I_c \leq 4\,500$	0,75 to 0,80
$4\,500 < I_c \leq 6\,000$	0,65 to 0,70
$6\,000 < I_c \leq 10\,000$	0,45 to 0,50
$10\,000 < I_c \leq 25\,000$	0,20 to 0,25

d) Power frequency recovery voltage

The value of the power frequency recovery voltage shall be equal to a value corresponding to 105 % of the rated voltage of the AFDD under test.

NOTE 2 The value of 105 % of the rated voltage is deemed to cover the effects of the variations of the system voltage under normal service conditions. The upper limit value may be increased with the approval of the manufacturer.

After each arc extinction, the power frequency recovery voltage shall be maintained for not less than 0,1 s.

e) Calibration of the test circuit

The AFDD and the declared protective device, if any, are replaced by temporary connections G_1 having a negligible impedance compared with that of the test circuit.

For the test in 9.11.2.5 a) the load terminals of the AFDD being short-circuited by means of the connections G_2 of negligible impedance, the impedance Z is adjusted so as to obtain, at the test voltage, a current equal to the rated conditional short-circuit current at the prescribed power-factor; the test circuit is energized simultaneously in all poles and the current curve is recorded with the current sensor O_1 .

Moreover, for the tests in 9.11.2.3, 9.11.2.4, 9.11.2.5 b) and c) the additional impedances Z_1 and/or Z_2 are used, as necessary, so as to obtain the required test current values (I_m , I_{m1} and I_{nc1} respectively).

f) Condition of the AFDD for test

AFDDs shall be tested in free air according to f1) of this subclause, unless they are designed for use only in enclosures specified by the manufacturer or are intended for use in individual enclosures only, in which cases they shall be tested according to f2) of this subclause or, with the agreement of the manufacturer, according to f1) of this subclause.

NOTE 3 An individual enclosure is an enclosure designed to accept one device only.

The AFDD shall be operated simulating as closely as possible the normal operation.

1) Test in free air

The AFDD under test is mounted as shown in Figure C.1 of Annex C.

The polyethylene sheet and the barrier of insulating material specified in Annex C are placed as shown in Figure C.1 for opening (O) operations only.

The grid(s) specified in Annex C shall be so positioned that the bulk of the emitted ionized gases passes through the grid(s). The grid(s) shall be placed in the most unfavourable position(s).

NOTE 4 If the position of the vents is not obvious, or if there are no vents, the appropriate information is provided by the manufacturer.

The grid circuit(s) (see Figure C.3 of Annex C) shall be connected to the points B and C according to the test circuit diagrams of Figure 19 and Figure 20.

The resistor R' shall have a resistance of 1,5 Ω . The copper wire F' (see Figure C.3 of Annex C) shall have a length of 50 mm and a diameter of 0,12 mm for AFDDs having a rated voltage of 230 V.

NOTE 5 The data for other voltages are under consideration.

For test currents up to and including 1 500 A, the distance "a" shall be 35 mm.

For higher short-circuit currents up to I_{nc} , the distance "a" may be increased and/or additional barriers or insulating means may be fitted, as stated by the manufacturer; "a", if increased, shall be chosen from the series 40 mm – 45 mm – 50 mm – 55 mm, etc. and stated by the manufacturer.

2) Test in enclosures

The grid and the barrier of insulating material shown in Figure C.1 of Annex C are omitted.

The test shall be performed with the AFDD placed in an enclosure having the most unfavourable configuration, under the most unfavourable conditions.

This means that if other AFDDs (or other devices) are normally fitted in the direction(s) in which the grid(s) would be placed, they should be installed there. These AFDDs (or other devices) are supplied as in normal use but via F' and R' as defined in f1) of this subclause and connected as shown in the appropriate Figures 19 and 20.

In accordance with the manufacturer's instructions, barriers or other means, or adequate clearances may be necessary to prevent ionized gases from affecting the installation.

The polyethylene sheet as described in Annex C is placed as shown in Figure C.1 at a distance of 10 mm from the operating means, for O operations only.

g) Sequence of operations

The test procedure consists of a sequence of operations.

The following symbols are used for defining the sequence of operations:

- O represents an opening operation, the short-circuit being established by the switch T, with the AFDD and the declared protective device, if any, in the closed position;
- CO represents a closing operation of the AFDD, both the switch T and the SCPD, if any, being in the closed position, followed by an automatic opening (in the case of a SCPD see 9.11.2.5) or by manual opening;
- t represents the time interval between two successive short-circuit operations which shall be 3 min or such longer time as may be required for resetting or renewing the SCPD, if any.

h) Behaviour of the AFDD during tests

During tests, the AFDD shall not endanger the operator.

Furthermore, there shall be no permanent arcing, no flashover between poles or between poles and exposed conductive parts, no melting of the fuse F.

i) Condition of the AFDD after tests

After each of the tests applicable carried out in accordance with 9.11.2.3, 9.11.2.4, 9.11.2.5 a), 9.11.2.5 b) and 9.11.2.5 c), AFDDs shall show no damage impairing their further use and shall be capable, without maintenance, of withstanding the following tests:

- leakage current across open contacts, according to ~~9.7.6.3~~ 9.7.7.3;
- dielectric strength tests according to ~~9.7.3~~ 9.7.4 carried out between 2 h and 24 h after the short-circuit test at a voltage of twice its rated voltage, for 1 min, without previous humidity treatment;
- making and breaking its rated current at its rated voltage.

During these tests, after the test carried out under the conditions specified in item a) of ~~9.7.2~~ 9.7.3 it shall be verified that the indicating means show the open position and during the test carried out under the condition specified in item b) of ~~9.7.2~~ 9.7.3 the indicating means shall show the closed position.

Under the test conditions of 9.9.2.4, the AFDD shall trip with a test current equal to 1,25 times the lowest current of Table 1 or 2, as applicable, without measurement of breaktime. The polyethylene sheet shall show no holes visible with normal or corrected vision without additional magnification.

j) Interpretation of records

1) determination of the applied and power-frequency recovery voltages

The applied and power frequency recovery voltages are determined from the record corresponding to the break test made with the AFDD under test. The applied voltage is evaluated as indicated in Figure 22.

The voltage on the supply side shall be measured during the first cycle after arc extinction in all poles and after high frequency phenomena have subsided.

2) determination of the prospective short-circuit current

The a.c. component of the prospective current is taken as being equal to the r.m.s. value of the a.c. component of the calibration current (value corresponding to A_2 of Figure 22).

Where applicable, the prospective short-circuit current shall be the average of the prospective currents in all the phases.

9.11.2.3 Verification of the rated making and breaking capacity (I_m)

This test is intended to verify the ability of the AFDD to make, to carry for a specified time and to break short-circuit currents.

a) Test conditions

The AFDD is tested in a circuit according to the general test conditions prescribed in 9.11.2.2 without any protective device being inserted in the circuit.

The connections G_1 of negligible impedance are replaced by the AFDD and by connections having approximately the impedance of the declared protective device.

The auxiliary switch S_1 remains opened.

b) Test procedure

The following sequence of operations is performed, the CO operation is performed by an actuator closing the mechanism and opening at least 0,05 s later to ensure that current flows in the AFDD:

CO – t – CO – t – CO.

9.11.2.4 Verification of the rated making and breaking capacity on one pole (I_{m1}) of AFDDs and their suitability for use in IT systems

This test is intended to verify the ability of the AFDD to make, to carry for a specified time and to break short-circuit currents on one pole and to verify suitability for IT systems.

a) Test conditions

The AFDD shall be tested according to the general test conditions prescribed in 9.11.2.2, without any protective device being inserted in the circuit, but connected in such a manner that the short-circuit current flows in one pole.

For this test the impedance Z_1 is not used, the circuit being left open.

The current paths which do not carry the short-circuit current are connected to the supply voltage at their line terminals.

The connections G_1 of negligible impedance are replaced by the AFDD and by connections having approximately the impedance of the declared protective device.

The auxiliary switch S_1 remains closed.

The test is performed on each pole in turn excluding the switched neutral pole, if any.

b) Test procedure

The following sequence of operations is performed. The ~~opening~~ closing is performed by an actuator operating the mechanism of the AFDD and opening at least 0,05 s later to ensure that current flows in the AFDD.

As an alternative to performing the opening operations with an actuator the manufacturer may provide specially prepared samples which can be opened by external electrical means which simulate automatic opening under arc fault conditions.

CO – t – CO – t – CO.

c) For the verification of the suitability in the IT system, this test is repeated on new samples:

- at a voltage of 105 % of the rated phase to phase voltage value for the phase poles and at a voltage of 105 % of U_0 for the pole marked N if any; and
- according to 5.3.5, with a current of 500 A or $10 I_n$, whichever is the greater.

Each pole is subjected individually to a test in a circuit the connections of which are shown in Figure 20.

The test sequence being CO – t – CO.

AFDDs with uninterrupted neutral are not subjected to this test.

9.11.2.5 Verification of the coordination between the AFDD and the declared protective device

These tests are performed according to Figure 19.

These tests are intended to verify that the AFDD, protected by the declared protective device, is able to withstand, without damage, short-circuit currents up to its rated conditional short-circuit current (see 5.3.6).

The short-circuit current is interrupted by the association of the AFDD and the declared protective device.

During the test either both the AFDD and the protective device or the protective device only may operate. However, if only the AFDD opens, the test is also considered as satisfactory.

The protective device is renewed or reset as applicable after each operation.

The following tests (see also Table 17) are made under the general conditions of 9.11.2.2:

- a test (see 9.11.2.5 a)) to check that at the rated conditional short-circuit current I_{nc} the declared protective device protects the AFDD.
- a test (see 9.11.2.5 b)) to check that at short-circuit currents of a value corresponding to the rated making and breaking capacity I_m , the declared protective device operates and protects the AFDD.
- a test (see 9.11.2.5 c)) to check that in the case of phase to earth short-circuits with currents up to the value of the rated conditional short-circuit current for one phase I_{nc1} , the AFDD is able to withstand the corresponding stresses.

a) Verification of the coordination at the rated conditional short-circuit current (I_{nc})

3) Test conditions

The connections G_1 of negligible impedance are replaced by the AFDD and by the declared protective device.

The auxiliary switch S1 remains open

4) Test procedure

The following sequence of operations is performed:

CO – t – CO.

b) Verification of the coordination at the rated making and breaking capacity (I_m)

1) Test conditions

The connections G_1 of negligible impedance are replaced by the AFDD and by the declared protective device.

The auxiliary switch S1 remains open.

2) Test procedure

The following sequence of operations is performed:

CO – t – CO – t – CO.

c) Verification of the coordination at rated conditional short-circuit current for one pole (I_{nc1})

1) Test conditions

The AFDD shall be tested according to the general test conditions prescribed in 9.11.2.2, but connected in such a manner that the short-circuit current flows only in one pole.

The test is performed on one pole only which shall not be the switched neutral of the AFDD, in case of multipole devices, the test is repeated on each pole.

The current paths which have not to carry the ~~residual~~ short-circuit current are connected to the supply voltage at their supply terminals.

The connections G_1 of negligible impedance are replaced by the AFDD and by the SCPD.

The auxiliary switch S1 remains closed.

2) Test procedure

The following sequence of operations is performed:

CO – t – CO – t – CO.

9.12 Verification of resistance to mechanical shock and impact

9.12.1 Mechanical shock

9.12.1.1 Test device

The AFDD is subjected to mechanical shocks using apparatus as shown on Figure 23. A wooden base A is fixed to a concrete block and a wooden platform B is hinged to A. This platform carries a wooden board C, which can be fixed at various distances from the hinge and in two vertical positions. The end of B bears a metal stop-plate D which rests on a coiled spring having a flexion constant of 25 N/mm.

The AFDD is secured to C in such a way that the distance of the horizontal axis of the sample is 180 mm from B, C being in turn so fixed that the distance of the mounting surface is 200 mm from the hinge, as shown in Figure 23.

On C, opposite to the mounting surface of the AFDD, an additional mass is fixed so that the static force on D is 25 N, in order to ensure that the moment of inertia of the complete system is substantially constant.

9.12.1.2 Test procedure

With the AFDD in the closed position, but not connected to any electrical source, the platform is lifted at its free end and then allowed to fall 50 times from a height of 40 mm, the interval between consecutive falls being such that the sample is allowed to come to rest.

The AFDD is then secured to the opposite side of C and B is again allowed to fall 50 times as before. After this test, C is turned through 90° about its vertical axis and, if necessary, repositioned so that the vertical axis of symmetry of the AFDD is 200 mm from the hinge.

The platform is then allowed to fall 50 times, as before, with the AFDD on one side of C, and 50 times with the AFDD on the opposite side.

Before each change of position the AFDD is manually opened and closed.

During the tests, the AFDD shall not open.

9.12.2 Mechanical impact

9.12.2.1 General

Compliance is checked on those exposed parts of the AFDD mounted as for normal conditions of use (see note in 8.3), which may be subjected to mechanical impact in normal use, by the test of 9.12.2.2, for all types of AFDDs and, in addition, by the tests of 9.12.2.3 for AFDDs intended to be mounted on a rail.

NOTE AFDDs only intended to be totally enclosed are not submitted to this test.

9.12.2.2 The samples are subjected to blows by means of an impact-test apparatus as shown on Figures 24 to 26.

The head of the striking element has a hemispherical face of 10 mm in radius and is polyamide having a Rockwell hardness of HR 100. The striking element has a mass of $150\text{ g} \pm 1\text{ g}$ and is rigidly fixed to the lower end of a steel tube with an external diameter of 9 mm and a wall thickness of 0,5 mm, which is pivoted at its upper end in such a way that it swings only in a vertical plane.

The axis of the pivot is $1\,000\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ above the axis of the striking element.

For determining the Rockwell hardness of the polyamide of the head of the striking element, the following conditions apply:

- diameter of the ball: $12,7\text{ mm} \pm 0,0025\text{ mm}$;
- initial load: $100\text{ N} \pm 2\text{ N}$;
- overload: $500\text{ N} \pm 2,5\text{ N}$.

NOTE 1 Additional information concerning the determination of the Rockwell hardness of plastics is given in ASTM D 785-08.

The design of the test apparatus is such that a force of between 1,9 N and 2,0 N has to be applied to the face of the striking element to maintain the tube in the horizontal position.

Surface-type AFDDs are mounted on a sheet of plywood, 175 mm × 175 mm, 8 mm thick, secured at its top and bottom edges to a rigid bracket, which is part of the mounting support, as shown in Figure 26.

The mounting support shall have a mass of $10\text{ kg} \pm 1\text{ kg}$ and shall be mounted on a rigid frame by means of pivots. The frame is fixed to a solid wall.

Flush-type AFDDs are mounted in a device, as shown on Figure 27, which is fixed to the mounting support.

Panel-mounting type AFDDs are mounted in a device, as shown in Figure 28, which is fixed to the mounting support.

Plug-in type AFDDs are mounted in their appropriate sockets, which are fixed on the sheet of plywood or in the devices according to Figure 27 or 28, as applicable.

AFDDs for rail mounting are mounted on their appropriate rail which is rigidly fixed to the mounting support.

The design of the test apparatus is such that:

- the sample can be moved horizontally and turned about an axis perpendicular to the surface of the plywood;
- the plywood can be turned about a vertical axis.

The AFDD, with its covers if any, is mounted as in normal use on the plywood or in the appropriate device, as applicable, so that the point of impact lies in the vertical plate through the axis of the pivot of the pendulum.

Cable entries which are not provided with knock-outs are left open. If they are provided with knock-outs, two of them are opened.

Before applying the blows, fixing screws of bases, covers and the like are tightened with a torque equal to two-thirds of that specified in Table 12.

The striking element is allowed to fall from a height of 10 cm on the surfaces which are exposed when the AFDD is mounted as for normal use.

The height of fall is the vertical distance between the position of a checking point when the pendulum is released and the position of that point at the moment of impact. The checking point is marked on the surface of the striking element where the line through the point of intersection of the axis of the steel tube of the pendulum and that of the striking element, and perpendicular to the plane through both axes, meets the surface.

NOTE 2 Theoretically, the centre of gravity of the striking element is the checking point. As the centre of gravity is difficult to determine, the checking point is chosen as specified above.

Each AFDD is subjected to ten blows, two of them being applied to the operating means and the remainder being evenly distributed over the parts of the sample likely to be subjected to impact.

The blows are not applied to knock-out areas or to any openings covered by a transparent material.

In general, one blow is applied on each lateral side of the sample after it has been turned as far as possible, but not through more than 60° , about a vertical axis, and two blows each approximately midway between the side blow on a lateral side and the blows on the operating means.

The remaining blows are then applied in the same way, after the sample has been turned through 90° about its axis perpendicular to the plywood.

If cable entries or knock-outs are provided, the sample is so mounted that the two lines of blows are as nearly as possible equidistant from these entries.

The two blows on the operating means shall be applied: one when the operating means is in the ON position and the other when the operating means is in the OFF position.

After the test, the samples shall show no damage within the meaning of this standard. In particular, covers which, when broken, make live parts accessible or impair the further use of the AFDD, operating means, linings or barriers of insulating material and the like, shall not show such damage.

In case of doubt, it is verified that removal and replacement of external parts, such as enclosures and covers, is possible without these parts or their lining being damaged.

NOTE 3 Damage to the appearance, small dents which do not reduce the creepage distances or clearances below the values specified in 8.2.3 and small chips which do not adversely affect the protection against electric shock are neglected.

When testing AFDDs designed for screw fixing as well as for rail mounting, the test is made on two sets of AFDDs, one of them being fixed by means of screws and the other being mounted on a rail.

9.12.2.3 AFDDs designed to be mounted on a rail are mounted as for normal use on a rail rigidly fixed on a vertical rigid wall, but without cables being connected and without any cover or cover-plate.

A downward vertical force of 50 N is applied in one smooth and continuous motion for 1 min on the forward surface of the AFDD, immediately followed by an upward vertical force of 50 N for 1 min (Figure 29).

During this test, the AFDD shall not become loose and after the test the AFDD shall show no damage impairing its further use.

Afterward, the functionality of the AFDD is verified by repeating the test 9.9.2.4 at the lowest current of Table 1 or 2, as applicable.

9.13 Test of resistance to heat

9.13.1 The samples, without removable covers, if any, are kept for 1 h in a heating cabinet at a temperature of $100\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$; removable covers, if any, are kept for 1 h in the heating cabinet at a temperature of $70\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

During the test, the samples shall not undergo any change impairing their further use, and sealing compound, if any, shall not flow to such an extent that live parts are exposed.

After the test, and after the samples have been allowed to cool down to approximately room temperature, there shall be no access to live parts which are normally not accessible when the samples are mounted as for normal use, even if the standard test finger is applied with a force not exceeding 5 N.

Afterward, the functionality of the AFDD is verified by repeating the test of 9.9.2.4 at the lowest current of Table 1 or 2, as applicable.

After the test, markings shall still be legible.

Discoloration, blisters or a slight displacement of the sealing compound are disregarded, provided that safety is not impaired within the meaning of this standard.

9.13.2 External parts of AFDDs made of insulating material necessary to retain in position current-carrying parts or parts of the protective circuit are subjected to a ball pressure test by means of the apparatus shown in Figure 30, except that, where applicable, the insulating parts necessary to retain in position terminals for protective conductors in a box, shall be tested as specified in 9.13.3.

The part to be tested is placed on a steel support with the appropriate surface in the horizontal position, and a steel ball of 5 mm diameter is pressed against this surface with a force of 20 N.

The test is made in a heating cabinet at a temperature of $125\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

After 1 h, the ball is removed from the sample which is then cooled down within 10 s to approximately room temperature by immersion in cold water.

The diameter of the impression caused by the ball is measured and shall not exceed 2 mm.

9.13.3 External parts of AFDDs made of insulating material not necessary to retain in position current-carrying parts and parts of the protective circuit, even though they are in contact with them, are subjected to a ball pressure test in accordance with 9.13.2, but the test is made at a temperature of $70\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ or at a temperature of $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ plus the highest temperature rise determined for the relevant part during the test of 9.8, whichever is higher.

NOTE For the purpose of the tests of 9.13.2 and 9.13.3, bases of surface-type AFDDs are considered as external parts.

The tests of 9.13.2 and 9.13.3 are not made on parts of ceramic material.

If two or more of the insulating parts referred to in 9.13.2 and 9.13.3 are made of the same material, the test is carried out only on one of these parts, according to 9.13.2 or 9.13.3 respectively.

9.14 Test of resistance to abnormal heat and to fire

The glow-wire test is performed on a complete AFDD in accordance with IEC 60695-2-10:2000 under the following conditions:

- for external parts of AFDDs made of insulating material necessary to retain in position current-carrying parts and parts of the protective circuit, by the test made at a temperature of $960\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$;
- for all other external parts made of insulating material, by the test made at a temperature of $650\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$.

NOTE For the purpose of this test, bases of surface-type AFDDs are considered as external parts.

If insulating parts within the above groups are made of the same material, the test is carried out only on one of these parts, according to the appropriate glow-wire test temperature.

The test is not made on parts of ceramic material.

The glow-wire test is applied to ensure that an electrically heated test wire under defined test conditions does not cause ignition of insulating parts or to ensure that a part of insulating material, which might be ignited by the heated test wire under defined conditions, has a limited time to burn without spreading fire by flame or burning parts or droplets falling from the tested part.

The test is carried out on three samples.

Each test is made on a separate sample with a different situated point of application of the glow wire.

The glow wire cannot be applied directly to terminals area or arc chamber or magnetic tripping device area, where the glow-wire cannot protrude far through the outer surface before touching either relatively big metal parts or even ceramics, which will cool down the glow-wire quickly and in addition limit the amount of insulating material ever getting in touch with the glow-wire. In this situation the parts ensure minimum severity of the test by cooling down the glow-wire and limiting access to the insulating material under test.

The sample shall be positioned during the test in the most unfavourable position of its intended use (with the surface tested in a vertical position).

If an internal part of insulation material influences the test with a negative result, it is allowed to remove the relevant identified internal part(s) of insulation material from a new sample. Then, the glow wire test shall be repeated in the same place on this new sample.

In accordance with the manufacturer, it is acceptable as an alternative method to remove the part under examination in its entirety and test it separately (see IEC 60695-2-11:2000, Clause 4).

The sample is regarded as having passed the glow-wire test if:

- there is no visible flame and no sustained glowing; or
- flames and glowing on the sample extinguish themselves within 30 s after the removal of the glow-wire.

There shall be no ignition of the tissue paper or scorching of the pine-wood board.

9.15 Verification of the trip-free mechanism

9.15.1 General test conditions

The AFDD is mounted and wired as in normal use in accordance with 9.1.1.

It is tested in a substantially non-inductive circuit, the diagram of which is shown in Figure 4.

9.15.2 Test procedure

The AFDD having been closed and the operating means being held in the closed position, the test in 9.9.2.4 is repeated at the lowest current of Table 1 or 2, as applicable.

The AFDD shall trip.

This test is then repeated by moving the operating means of the AFDD slowly over a period of approximately 1 s to a position where the current starts to flow. Tripping shall occur without further movement of the operating means.

Both tests are carried out three times, at least once on each pole intended to be connected to a phase.

NOTE If the AFDD is fitted with more than one operating means, the trip-free operation is verified for all operating means.

9.16 Test of resistance to rusting

All grease is removed from the parts to be tested by immersion in a cold chemical degreaser such as methyl-chloroform or refined petrol, for 10 min. The parts are then immersed for 10 min in a 10 % solution of ammonium chloride in water at a temperature of $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Without drying, but after shaking off any drops, the parts are placed for 10 min in a box containing air saturated with moisture at a temperature of $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

After the parts have been dried for 10 min in a heating cabinet at a temperature of $(100 \pm 5) ^\circ\text{C}$, their surfaces shall show no signs of rust.

NOTE 1 Traces of rust on sharp edges and any yellowish film removable by rubbing are ignored.

For small springs and the like and for inaccessible parts exposed to abrasion, a layer of grease may provide sufficient protection against rusting. Such parts are only subjected to the test if there is a doubt as to the effectiveness of the grease film, and in such a case the test is made without previous removal of the grease.

NOTE 2 When using the liquid specified for the test, adequate precautions are taken to prevent inhalation of the vapour.

9.17 Verification of limiting values of the non-operating current under overcurrent conditions

AFDDs classified according to 4.1.2 and 4.1.3 (according to Annex D depending on the assembled protection device) are tested according to IEC 60898, IEC 61008-1, IEC 61009-1, or IEC 62423, as applicable. There is no need for additional testing.

AFDDs classified according to 4.1.1 shall be tested according to the following procedure:

- The AFDD is connected as for normal use with a substantially non-inductive load equal to $6 I_n$;
- The load is switched on using a two-pole test switch and then switched off after 1 s;
- The test is repeated three times, the interval between two successive closing operations being at least 1 min;
- The AFDD shall not open.

9.18 Verification of behaviour of AFDDs in case of current surges caused by impulse voltages

9.18.1 General

AFDDs classified according to 4.1.1 shall be tested according to 9.18.2.

AFDDs classified according to 4.1.2 and 4.1.3 (according to Annex D depending on the assembled protection device) are tested according to IEC 60898, IEC 61008-1, IEC 61009-1, or IEC 62423, as applicable. There is no need for additional testing.

9.18.2 Verification of behaviour at surge currents up to 3 000 A (8/20 μs surge current test)

9.18.2.1 Test conditions

The AFDD is tested using a current generator capable of delivering a damped surge current 8/20 μs (IEC 60060-2) as shown in Figure 31. An example of circuit diagram connection of the AFDD is shown in Figure 32.

One pole of the AFDD chosen at random shall be submitted to 10 applications of the surge current. The polarity of the surge current wave shall be inverted after every two applications. The interval between two consecutive applications shall be about 30 s.

The current impulse shall be measured by appropriate means and adjusted using an additional AFDD of the same type with the same I_n , to meet the following requirements:

- peak value $3\,000\text{ A }^{+10}_0\%$;
- virtual front time: $8\text{ }\mu\text{s} \pm 20\%$;
- virtual time to half value: $20\text{ }\mu\text{s} \pm 20\%$;
- peak of reverse current: less than 30 % of peak value.

The current should be adjusted to the asymptotic current shape. For the tests on other samples of the same type with the same I_n , the reverse current, if any, should not exceed 30 % of the peak value.

9.18.2.2 Test results

During the test, the AFDD may trip. After any tripping, the AFDD shall be re-closed.

After the surge current tests, the correct operation of the AFDD is verified by repeating the test 9.9.2.4 at the lowest current of Table 1 or 2, as applicable.

9.19 Verification of reliability

9.19.1 General

Compliance is checked by the tests of 9.19.2 and 9.19.3.

For AFDDs having multiple settings, the tests shall be made at the lowest setting.

9.19.2 Climatic test

9.19.2.1 General

The test is based on IEC 60068-2-30, taking into account IEC 60068-3-4.

9.19.2.2 Test chamber

The chamber shall be constructed as stated in Clause 4 of IEC 60068-2-30:2005. Condensed water shall be continuously drained from the chamber and not used again until it has been re-purified. Only distilled water shall be used for the maintenance of chamber humidity.

Before entering the chamber, the distilled water shall have a resistivity of not less than $500\text{ }\Omega\text{m}$ and a pH value of $7,0 \pm 0,2$. During and after the test the resistivity should be not less than $100\text{ }\Omega\text{m}$ and the pH value should remain within $7,0 \pm 1,0$.

9.19.2.3 Severity

The cycles are effected under the following conditions:

- upper temperature: $55\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$;
- number of cycles: 28.

9.19.2.4 Testing procedure

The test procedure shall be in accordance with Clause 4 of IEC 60068-2-30:2005 and IEC 60068-3-4.

a) Initial verification

An initial verification is made by submitting the AFDD to the test 9.9.2.4 at the lowest current of Table 1 or 2, as applicable.

b) Conditioning

- 1) The AFDD mounted and wired as for normal use is introduced into the chamber.

It shall be in the closed position.

- 2) Stabilizing period (see Figure 33)

The temperature of the AFDD shall be stabilized at $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$:

- either by placing the AFDD in a separate chamber before introducing it into the test chamber; or
- by adjusting the temperature of the test chamber to $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ after the introduction of the AFDD and maintaining it at this level until temperature stability is attained.

During the stabilization of temperature by either method, the relative humidity shall be within the limits prescribed for standard atmospheric conditions for testing (see Table 6).

During the final hour, with the AFDD in the test chamber, the relative humidity shall be increased to not less than 95 % at an ambient temperature of $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$.

- 3) Description of the 24-hour cycle (see Figure 34)

- The temperature of the chamber shall be progressively raised to the appropriate upper temperature prescribed in 9.19.2.3.

The upper temperature shall be achieved in a period of $3\text{ h} \pm 30\text{ min}$ and at a rate within the limits defined by the shaded area in Figure 34.

During this period, the relative humidity shall not be less than 95 %. Condensation shall occur on the AFDD during this period.

The condition that condensation shall occur implies that the surface temperature of the AFDD is below the dew point of the atmosphere. This means that the relative humidity has to be higher than 95 % if the thermal time-constant is low. Care should be taken so that no drops of condensed water can fall on the sample.

- The temperature shall then be maintained for $12\text{ h} \pm 30\text{ min}$ from the beginning of the cycle at a substantially constant value within the prescribed limits of $\pm 2\text{ °C}$, for the upper temperature.

During this period, the relative humidity shall be $93\% \pm 3\%$ except for the first and the last 15 min when it shall be between 90 % and 100 %.

Condensation shall not occur on the AFDD during the last 15 min.

- The temperature shall then fall to $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ within 3 h to 6 h. The rate of fall for the first 1 h 30 min shall be such that, if maintained as indicated in Figure 34, it would result in a temperature of $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ being attained in $3\text{ h} \pm 15\text{ min}$.

During the temperature fall period, the relative humidity shall be not less than 95 %, except for the first 15 min when it shall be not less than 90 %.

- The temperature shall then be maintained at $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ with a relative humidity not less than 95 % until the 24 h cycle is completed.

9.19.2.5 Recovery

At the end of the cycles, the AFDD shall not be removed from the test chamber.

The door of the test chamber shall be opened and the temperature and humidity regulation is stopped.

A period of 4 h to 6 h shall then elapse to permit the ambient conditions (temperature and humidity) to be re-established before making the final measurement.

During the 28 cycles, the AFDD shall not trip.

9.19.2.6 Final verification

The functionality of the AFDD is verified by repeating the test 9.9.2.4 at 1,25 times the lowest current of Table 1 or 2, as applicable.

9.19.3 Test with temperature of 40 °C

The AFDD is mounted as for normal use on a dull black painted plywood wall, about 20 mm thick.

For each pole, a single-core cable, 1 m long and having a nominal cross-sectional area as specified in Table 11, is connected on each side of the AFDD, the terminal screws or nuts being tightened with a torque equal to two-thirds of that specified in Table 12. The assembly is placed in a heating cabinet.

The AFDD is loaded with a current equal to rated current at any convenient voltage and is subjected, at a temperature of $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, to 28 cycles, each cycle comprising 21 h with current passing and 3 h without current. The current is interrupted by an auxiliary switch, the AFDD being not operated. **For a four-pole AFDD, only three poles are loaded.**

NOTE—~~For four-pole AFDDs, this is under consideration.~~

At the end of the last period of 21 h with current passing, the temperature rise of the terminals is determined by means of fine wire thermocouples; this temperature rise shall not exceed 65 K.

After this test, the AFDD, in the cabinet, is allowed to cool down to approximately room temperature without current passing.

The functionality of the AFDD is verified by repeating the test 9.9.2.4 at the lowest current of Table 1 or Table 2, as applicable.

9.20 Verification of ageing of electronic components

The AFDD is placed for a period of 168 h in an ambient temperature of $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ and loaded with the rated current. The voltage on the electronic parts shall be 1,1 times the rated voltage.

After this test, the AFDD in the cabinet is allowed to cool down to approximately room temperature without current passing. The electronic parts shall show no damage.

The functionality of the AFDD is verified by repeating the test 9.9.2.4 at 1,25 times the lowest current of Table 1 or 2, as applicable.

NOTE An example for the test circuit of this verification is given in Figure 35.

9.21 Electromagnetic compatibility (EMC)

9.21.1 General

AFDDs shall be submitted to the EMC tests according to IEC 61543:1995, IEC 61543:1995/AMD1:2004 and IEC 61543:1995/AMD2:2005 and according to the additional information given in ~~9.21.1~~, 9.21.2, 9.21.3 and 9.21.4.

9.21.2 EMC tests covered by other clauses of the present standard

The tests listed in the following Table 20 are already covered by another test clause of this standard and need not to be repeated.

Table 20 – Tests already covered in this standard

Reference to Tables 4 and 5 of IEC 61543:1995, Amendment 1:2004	Electromagnetic phenomena	Tests of present standard
T 1.3	Voltage amplitude variations	9.9.2.4
T 1.4	Voltage unbalance	9.9.2.4
T 1.5	Power frequency variations	9.2
T 1.8	Magnetic fields	9.11 and 9.17
T 2.4	Current oscillatory transients	9.18

9.21.3 EMC tests to be performed

The remaining tests in Tables 4, 5 and 6 of IEC 61543:1995, Amendment 1:2004 shall be carried out according to the test listed in Annex A of this standard. The test levels and performance criteria are performed according to Table 21.

Table 21 – Tests to be applied for EMC

Reference to Tables 5 and 6 of IEC 61543:1995, Amendment 1:2004 Amendment 2:2005	Electromagnetic phenomena	Reference of basic standard for test description	Test Level and test specification	Performance criteria
T 2.1	Conducted sine-wave form voltages or currents	IEC 61000-4-6 ^{e, i}	Level 2 0,15 MHz to 80 MHz Z = 150 Ω – 3 V	A
T 2.2	Fast transients (burst) common mode	IEC 61000-4-4 ^b	Level 4 4 kV (peak) Tr/Th 5/50 ns Repetition frequency 2,5 kHz	B ^c
T 2.3a	Surges	IEC 61000-4-5	Tr/Th 1,2/50 µs 5 kV / 12 Ω (peak) ^a common mode 4 kV / 2 Ω (peak) ^a differential mode	B, C ^{g, h}
T 2.3b			Tr/Th 1,2/50 µs 4 kV / 12 Ω (peak) ^a common mode 2 kV/2 Ω (peak) ^a differential mode	B ^h
T 2.5	Radiated electromagnetic field	IEC 61000-4-3 ^{e, f}	Level 2 3 V/m	A

T 2.6 ^l	Conducted common mode disturbances in the frequency range lower than 150 k Hz	IEC 61000-4-16	Level 3 ^j 1 kHz to 1,5 kHz: 1 V 1,5 kHz to 15 kHz: 1 V to 10 V 15 kHz to 150 kHz: 10 V	A
T 3.1	Electrostatic discharges	IEC 61000-4-2	Level 3 8 kV air 6 kV contact	C ^k
^a Tests with lower voltages than those given in Table 21 are not required (reason: IEC 61000-4-5, 8.2 requires to carry out the tests at each voltage up to the chosen level). This test shall be carried out on the device in the closed position. Pulses shall be applied successively: – between the metal support and parts intended to be earthed (PE conductor, earthing terminal), if any, connected together and each live conductor in turn at an impulse voltage of 5 kV, with an impedance of 12 Ω; – between each phase and neutral, in turn, and between each couple of poles, in turn, at an impulse voltage of 4 kV, with an impedance of 2 Ω. ^b In addition, the sample shall be mounted as in normal use on a flat insulating support at a distance of 10 cm from the earth plane. ^c The test is carried out in single phase on one pole of each sample taken at random. Three new samples are submitted to the test. If one sample does not comply with the criterion by tripping during the test, three further samples are tested, which shall fully comply with the criterion of B. ^d void ^e With the agreement of the manufacturer, the conducted test T2.1 can be extended from 80 MHz to 230 MHz. In this case, the test T2.5 is to start from 230 MHz instead of 80 MHz. ^f Verification of non-tripping (performance criteria A) shall be done by sweeping the specified frequency range. For the verifications of tripping (performance criteria A), only five tests are carried out on each sample at different frequencies selected at random over the frequency range and different from one sample to another, but one of them being 450 MHz and another 900 MHz. ^g The tests of T2.3b shall be applied only to AFDDs not meeting the pass criteria of B during the tests of T2.3a, in which case the test is repeated at the surge voltage levels specified in T2.3b only for the configuration(s) in which tripping occurred during the tests of T2.3a ^h The test shall be carried out on the device in the closed position. Each sample is tested: 1) first, in differential mode test: between each load current path in turn and each other load current path; 2) secondly, in common mode test: between each load current path in turn and the metal support and parts intended to be earthed (PE conductor, earthing terminal) if any, all connected together. In each case, the sample is submitted to five positive pulses on the positive half cycles followed by five negative pulses on the negative half cycles. All pulses shall be applied successively at random point on wave with a repetition rate of 1 impulse/min. For the test T2.3a, according to the above procedure, the total of impulses is: Differential mode test: 10 impulses; Common mode test: 20 impulses. The AFDD is permitted to trip during the tests of T2.3 a) (pass criteria C). If the device trips during this test it shall be reclosed before the application of a subsequent impulse. For the test T2.3b, the total of impulses is the same as for T2.3 a) if applicable. ⁱ Verification of non-tripping (performance criteria A) shall be done by sweeping the specified frequency range. For the verifications of tripping (performance criteria A), only five tests are carried out on each sample at different frequencies selected at random over the frequency range and different from one sample to another. ^j The test is made once at 1,1 U_n of the AFDD by sweeping the frequency from 1 kHz to 150 kHz at the rate according to IEC 61000-4-16:1998, Amendment 2:2009, 6.1.3. The device shall not trip; Tripping tests are carried out on each sample at 5 different frequency values selected at random over the frequency range and different from one sample to another. The device shall trip. ^k Three new samples are submitted to the test. All three samples shall pass the test. The point to which discharges shall be applied is selected by an exploration of the accessible surfaces of the AFDD, when installed as for normal use. During exploration, the selection is made with twenty discharges per second. The selected point is tested with ten positive and ten negative polarity discharges with a time interval of minimum 1 s between subsequent discharges. ^l In the USA, this test is not applicable.				

For devices containing a continuously operating oscillator, the test of CISPR 14-1 shall be carried out on the samples prior to the tests of Table 21.

9.21.4 AFDDs Performance criteria

9.21.4.1 General

When submitting AFDDs to EMC, tests of 9.21.3, performance criteria referred in Table 21 shall be applied.

9.21.4.2 Criteria A

During the test making reference to this performance criteria, the AFDD shall remain closed when powered at $1,1 U_n$ with sinusoidal current equal to the rated current of the AFDD and shall trip under conditions of 9.9.2.2 at the rated current of the AFDD.

NOTE For EMC testing it is allowed to use the arc generator as an alternative to the carbonized cable specimen if agreed by the manufacturer.

9.21.4.3 Criteria B

During the test making reference to this performance criteria, the AFDD shall remain closed when powered at $1,1 U_n$ with sinusoidal current equal to the rated current of the AFDD. After the test, compliance with 9.9.2.2, only at the rated current of the AFDD shall be checked.

NOTE For EMC testing it is allowed to use the arc generator as an alternative to the carbonized cable specimen if agreed by the manufacturer

9.21.4.4 Criteria C

During the test making reference to this performance criteria, the AFDD is supplied at $1,1 U_n$ with sinusoidal current equal to the lowest value of Table 1 or 2, as applicable and the device may trip. After the test, compliance with 9.9.2.2, only at the lowest value of Table 1 or 2 as applicable shall be checked.

NOTE For EMC testing it is allowed to use the arc generator as an alternative to the carbonized cable specimen if agreed by the manufacturer.

9.22 Verification of protection due to overvoltage due to a broken neutral in a three phase system

In case of a broken neutral within a three phase installation an overvoltage phase to neutral may occur. The maximum value of this overvoltage could reach the phase to phase value. The abnormal increase of temperature within the overvoltage loads can ignite a fire.

AFDDs can include an optional characteristic providing protection in this case. This additional optional characteristic is under consideration.

9.23 Verification of the behaviour in case of partial loss of supply connections

A three-pole AFDD shall be tested with two-poles connected, chosen at random.

A four-pole AFDD shall be tested with two phases chosen at random, with one phase chosen at random and neutral, and with three phases without neutral.

The following tests shall be performed: 9.9.2.2, 9.9.2.3, 9.9.2.4, 9.9.3.2 and 9.9.3.3.

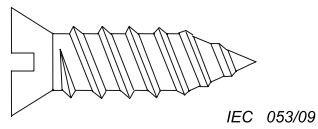


Figure 1 – Thread forming tapping screw

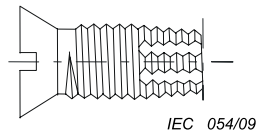
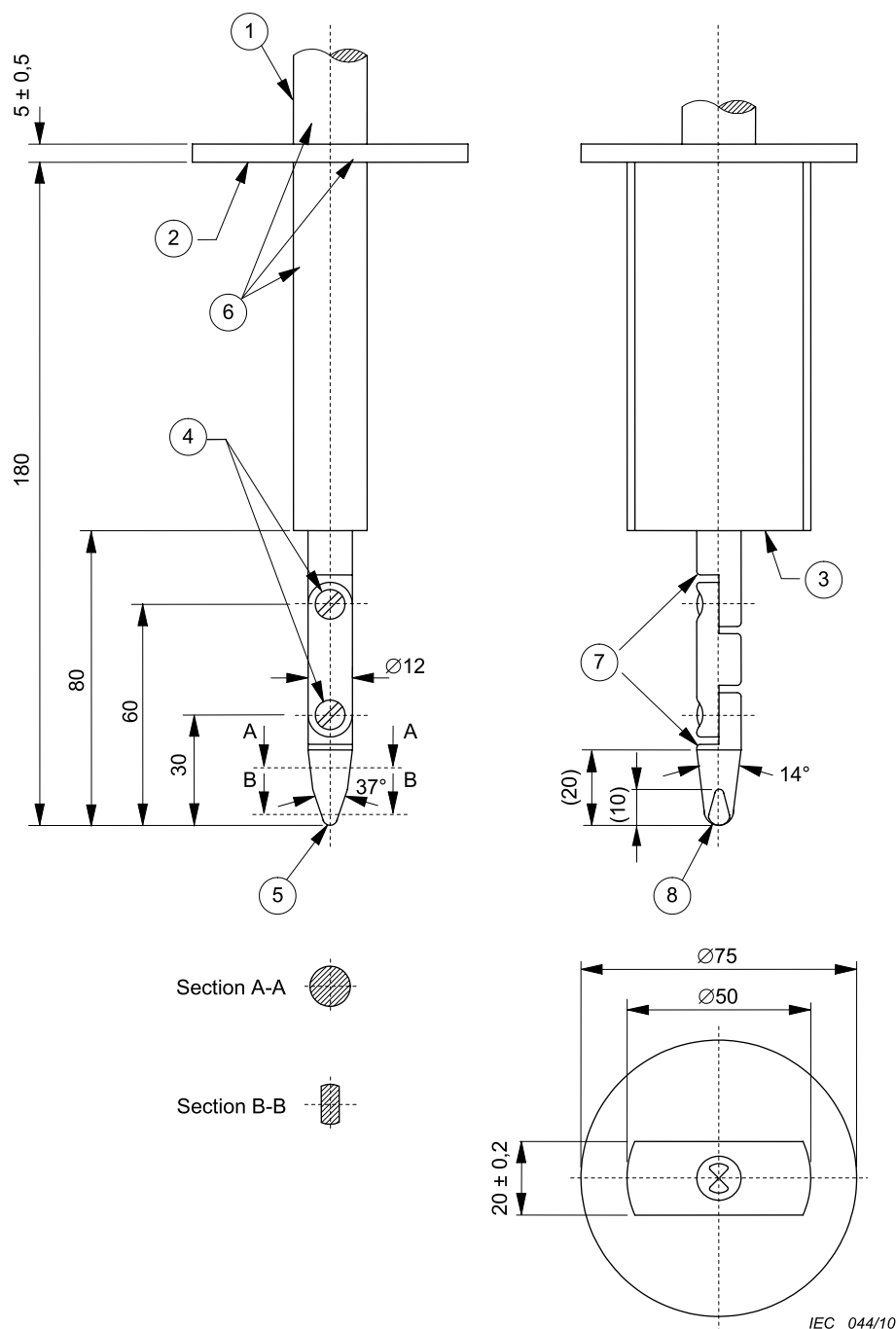


Figure 2 – Thread cutting tapping screw



Key

- 1 Handle
- 2 Guard
- 3 Stop face
- 4 Joints

- 5 R2 $\varnothing 0,05$ cylindrical
- 6 Insulating material
- 7 Chamfer all edges
- 8 R4 $\varnothing 0,05$ spherical

Material: metal, except where otherwise specified

Linear dimensions in millimetres

Tolerances on dimensions without specific tolerance:

on angles: 0°–10°

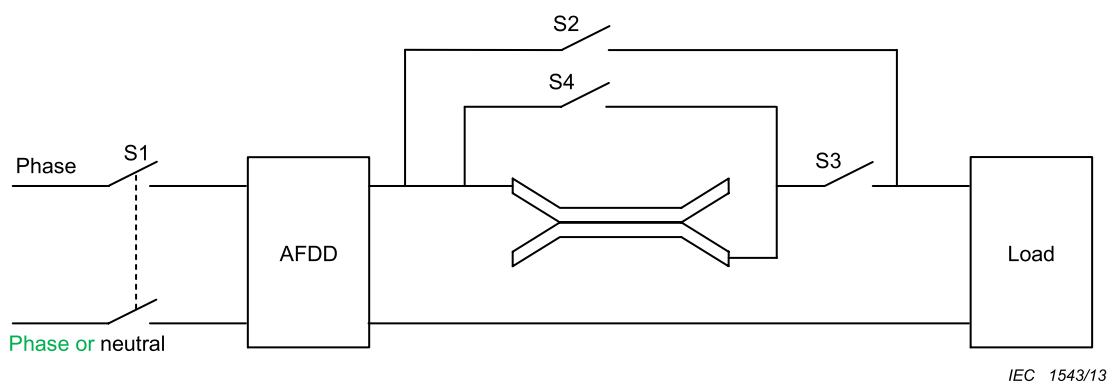
on linear dimensions:

up to 25 mm: 0/–0,05

over 25 mm: $\pm 0,2$

Both joints shall permit movement in the same plane and the same direction through an angle of 90° with a 0° to +10° tolerance.

Figure 3 – Standard test finger (9.6)



NOTE This figure represents a single-phase test set-up. Three-pole and four-pole devices are supplied as for normal use.

Figure 4 – Test circuit for series arc fault tests

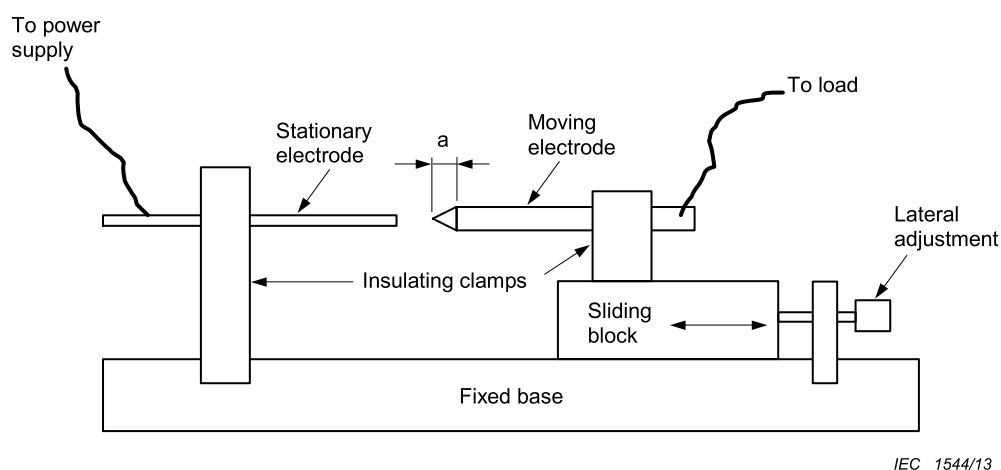


Figure 5 – Arc generator

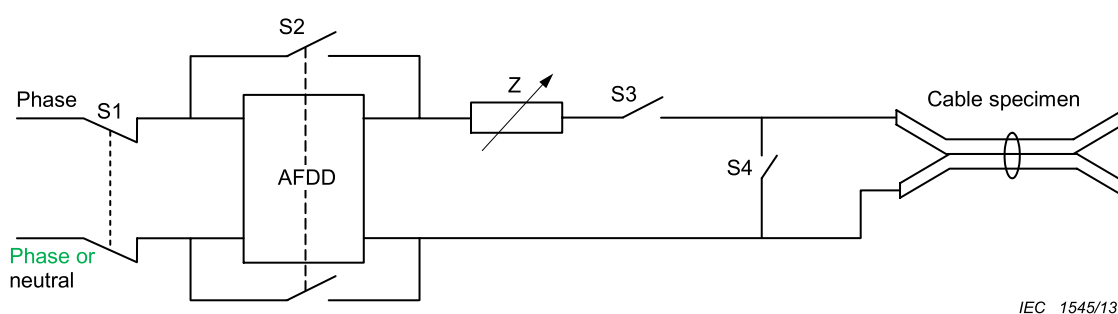


Figure 6 – Test circuit for parallel arc fault tests

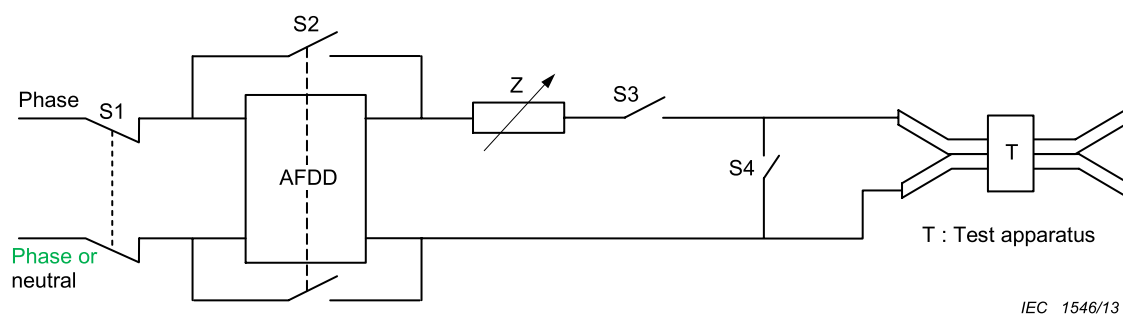


Figure 7 – Test circuit for parallel arc cable cutting test

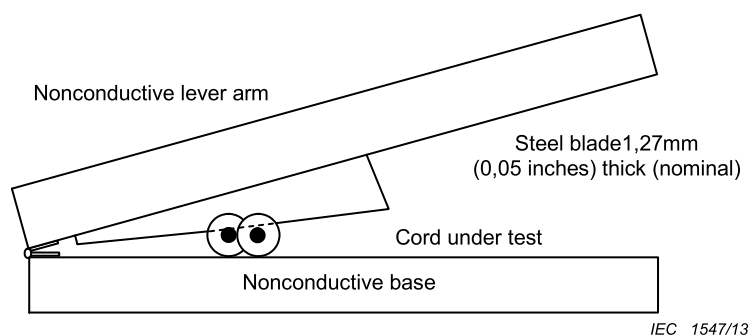


Figure 8 – Test apparatus

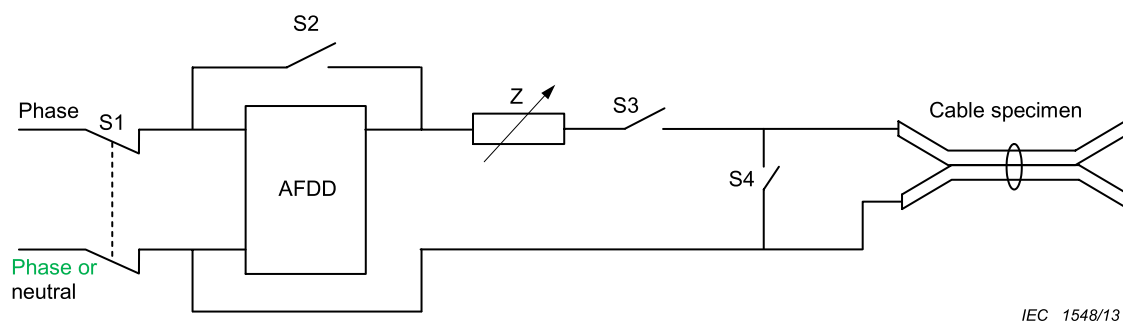


**Figure 9 – Test for verification of correct operation
in case of parallel arc to ground**

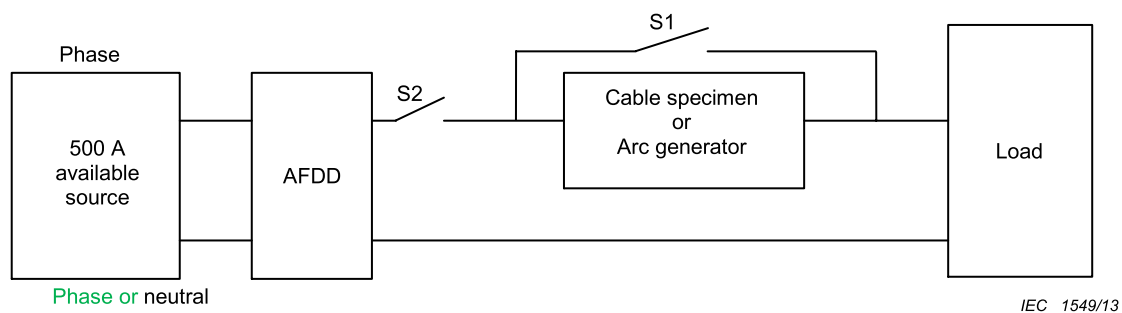
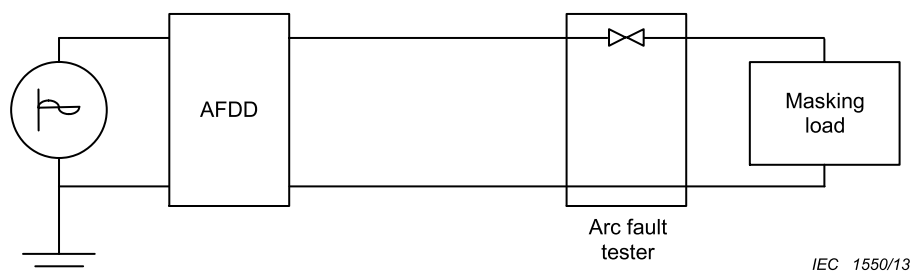
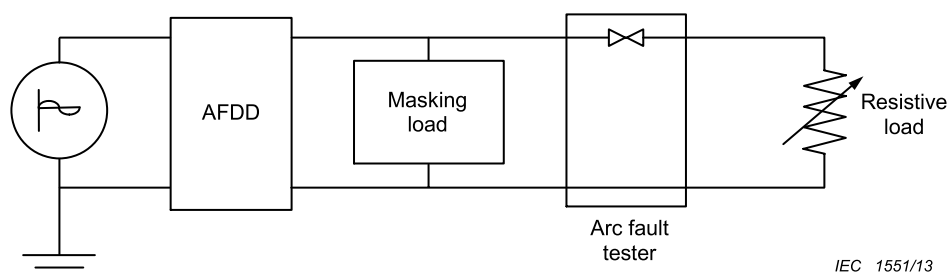


**Figure 10 – Test circuit for masking tests
(inhibition and disturbing loads)**

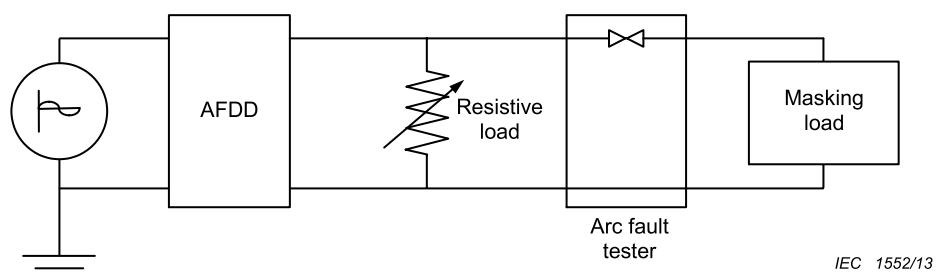
Configuration A



Configuration B



Configuration C



Configuration D

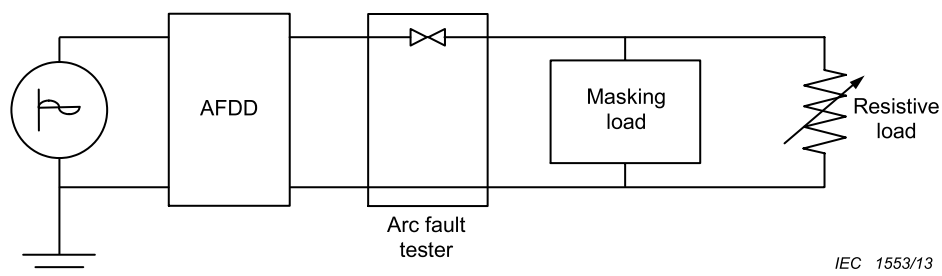


Figure 11 – Test configuration for masking tests

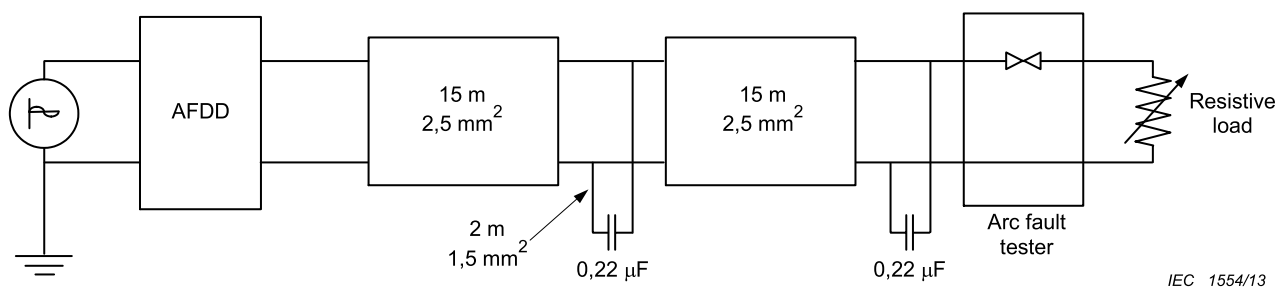
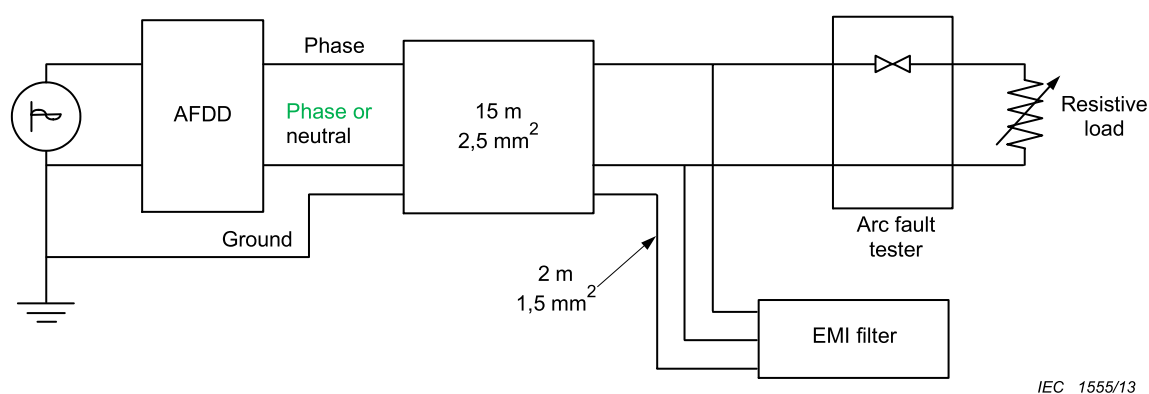
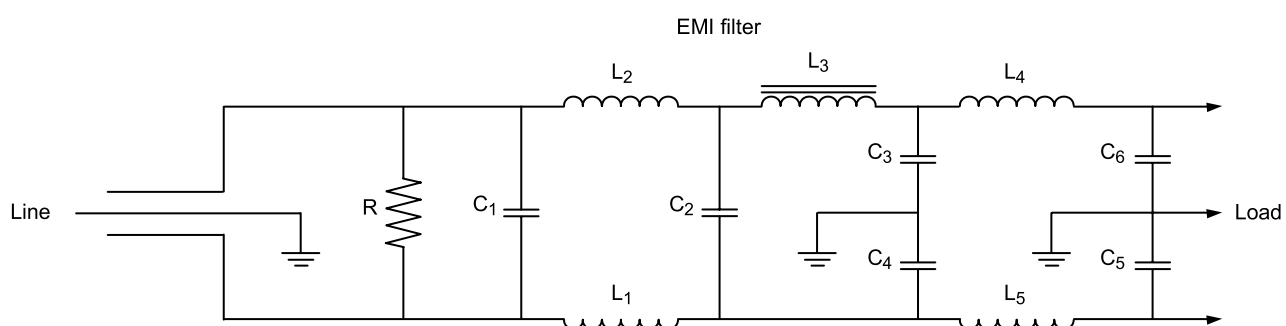


Figure 12 – EMI filter 1 for masking tests



IEC 1555/13

Figure 13 – EMI filter 2 for masking tests



IEC 1556/13

$$L_1 = L_2 = 6 \text{ mH} \pm 10 \%$$

$$L_3 = 0,037 \text{ mH} \pm 10 \%$$

$$L_4 = L_5 = 1,5 \text{ mH} \pm 10 \%$$

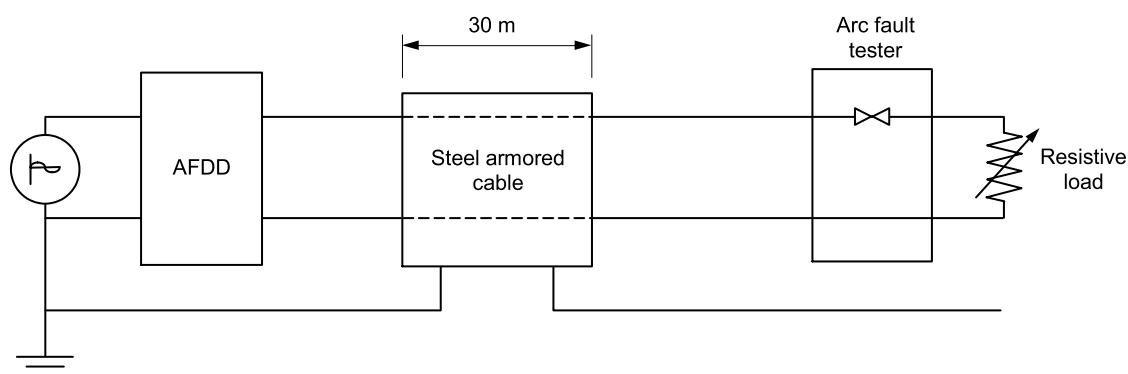
$$C_1 = 100 \text{ nF} \pm 10 \% \text{ for } 240 \text{ V and } 470 \text{ nF} \pm 10 \% \text{ for } 120 \text{ V}$$

$$C_2 = 0,33 \text{ } \mu\text{F} \pm 10 \%$$

$$C_3 = C_4 = C_5 = C_6 = 0,002 \text{ } \mu\text{F} \pm 10 \%$$

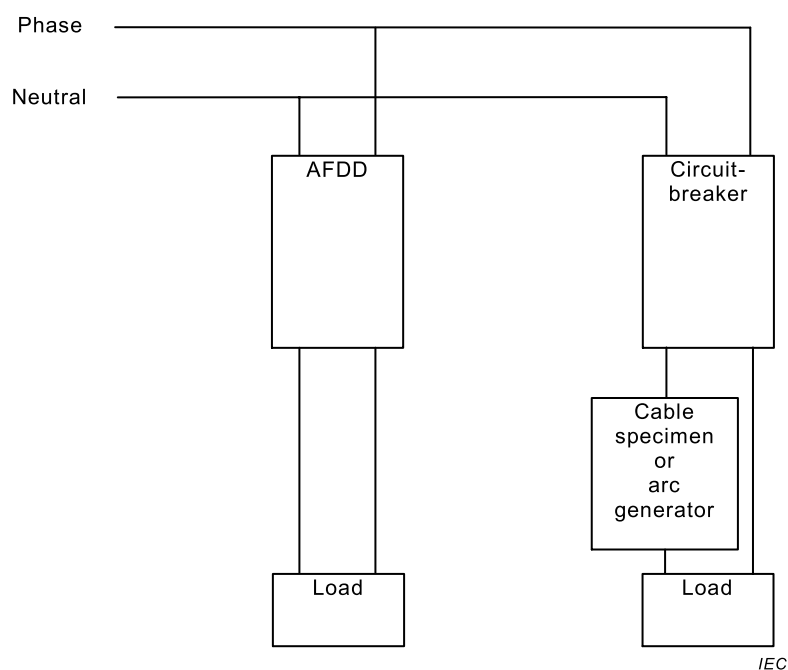
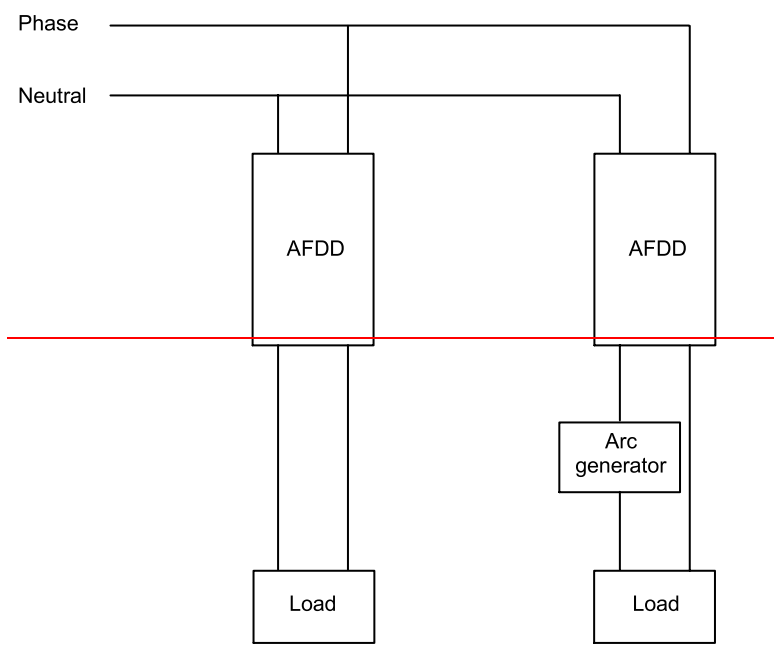
$$R = 330 \text{ k}\Omega \pm 10 \%$$

Figure 14 – EMI filter description installed in Figure 13



IEC 1557/13

Figure 15 – Test circuit for masking tests with line impedance



NOTE This figure represents only single-phase devices. For three-pole and four-pole devices, adapt accordingly.

Figure 16 – Cross talk test

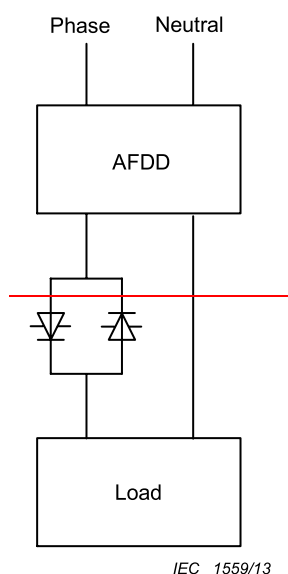


Figure 17 – ~~Controlled current test circuit~~ Void

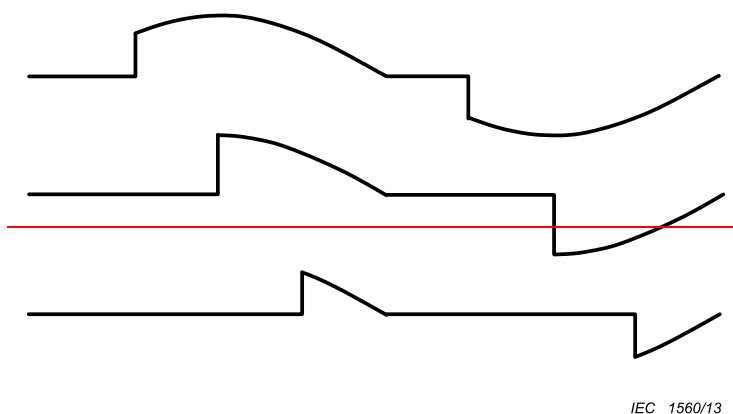


Figure 18 – ~~Controlled current with delay angle 45 °, 90 ° and 135 °~~ Void

Explanation of letter symbols used in Figures 19, 20 and 21

- N = Neutral conductor
- S = Supply
- R = Adjustable resistor(s)
- Z = Impedance in each phase for the calibration of the rated conditional short-circuit current. The reactors shall preferably be air-cored and connected in series with resistors in order to obtain the required power factor.
- Z_1 = Adjustable impedance to obtain current below the rated conditional short-circuit current
- Z_2 = Adjustable impedance for the calibration of I_{Δ} / m_1 and I_{nc1} , if applicable
- P = Short-circuit protective device
- D = Device under test
- Frame = All conductive parts normally earthed in service, including FE, if any
- G_1 = Temporary connection(s) for calibration
- G_2 = Connection(s) for the test with rated conditional short-circuit current
- T = Making switch for the short circuit
- I_1, I_2, I_3 = Current sensor(s) May be situated on the supply or on the load side of device under test, but always on the secondary side of the transformer

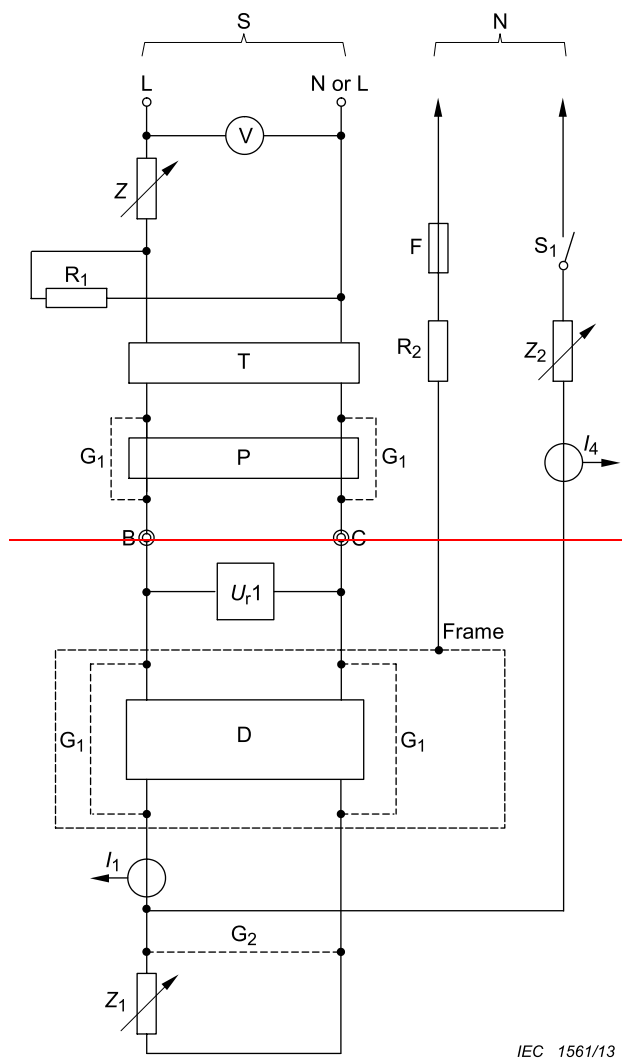
I_4 = Additional ~~residual~~ current sensor, if needed
 U_{r1} = Voltage sensor(s)
 F = Device for the detection of a fault current

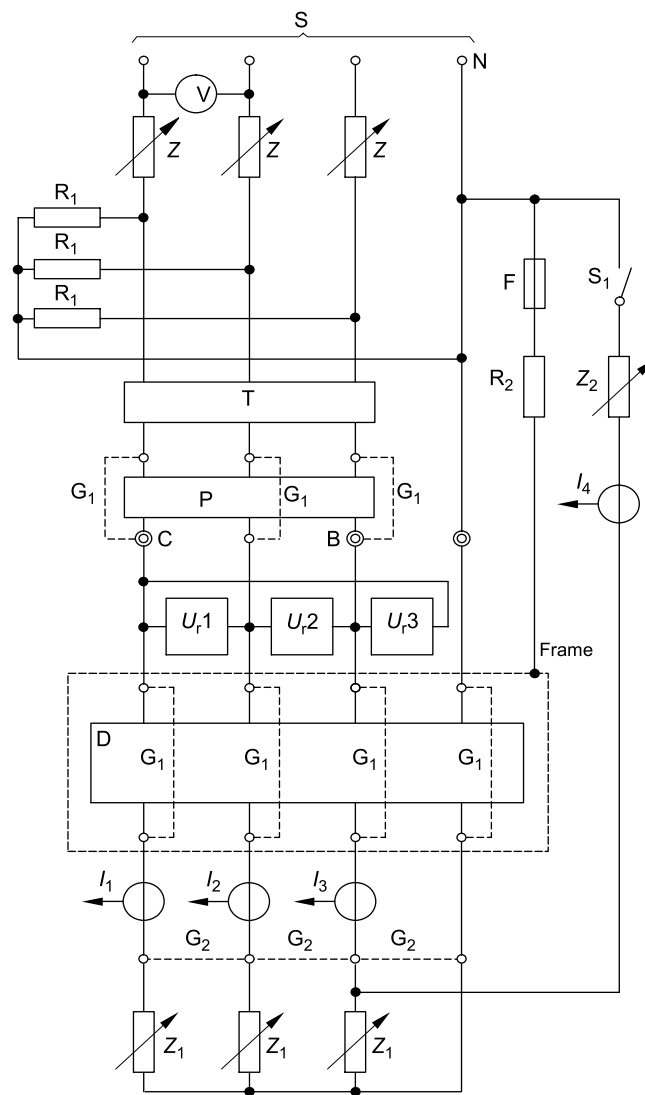
R_1 = Resistance drawing a current of approximately 10 A
 R_2 = Resistor limiting the current in the device F
 r = Resistor(s) taking approximately 0,6 % of the current (see 9.11.2.2)
 S_1 = Auxiliary switch
 B and C = Points for the connections of the grid(s) shown in Annex C
 L = Adjustable air cored inductance(s)

The closing device T may alternatively be situated between the load side terminals of the device under test and current sensors I_1 , I_2 and I_3 as applicable.

The adjustable load Z may be located at the high-voltage side of the supply circuit

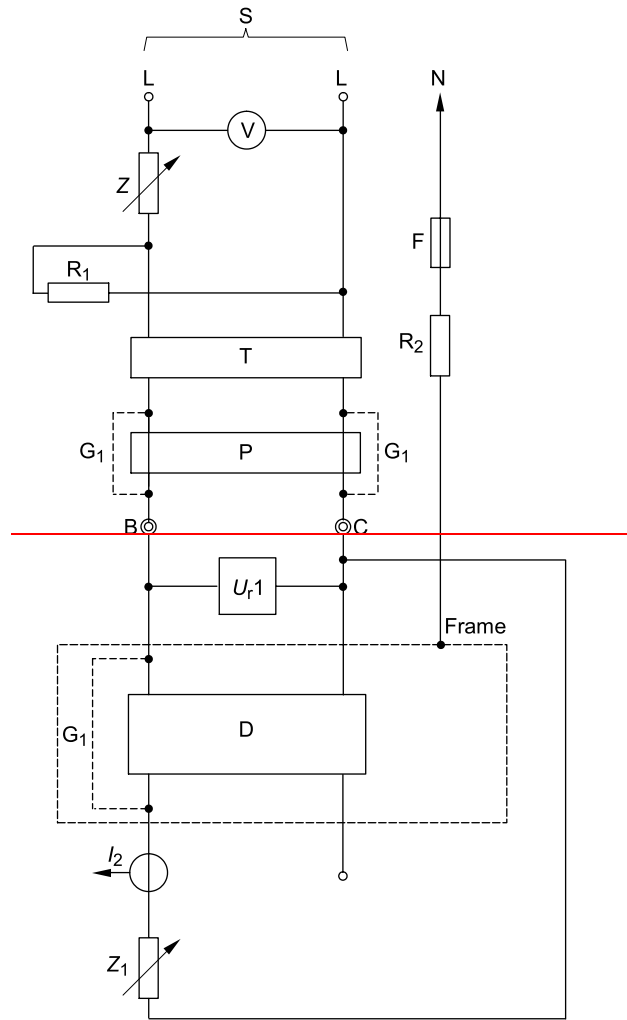
Resistances R1 may be omitted with the agreement of the manufacturer.





IEC

Figure 19 – Typical diagram for all short circuit tests except for 9.11.2.4 c)



IEC 1562/13

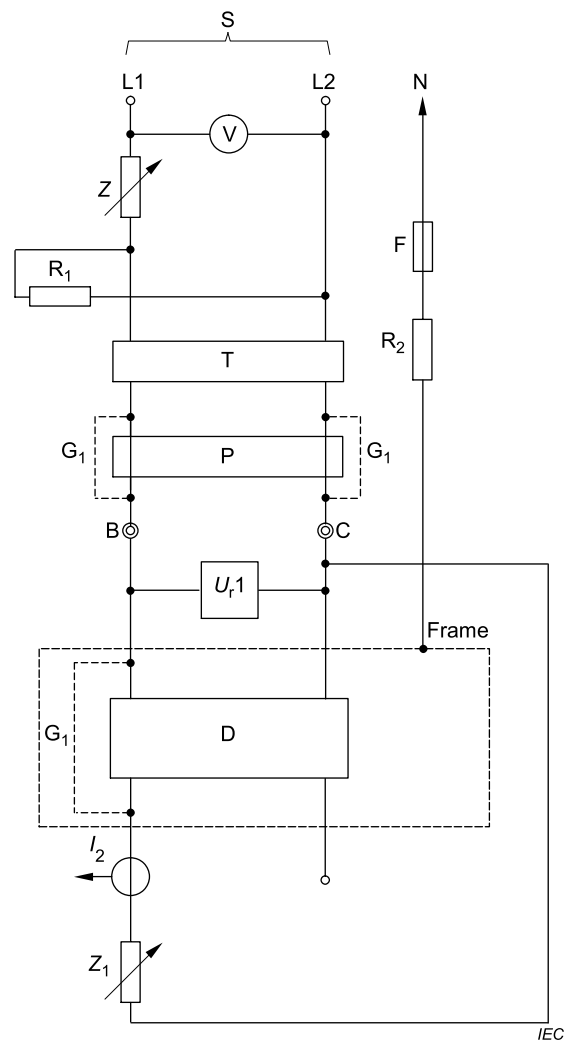


Figure 20 – Typical diagram for short circuit tests (9.11.2.4.c)

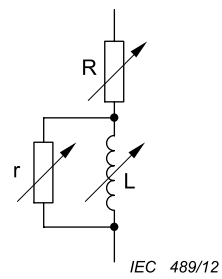
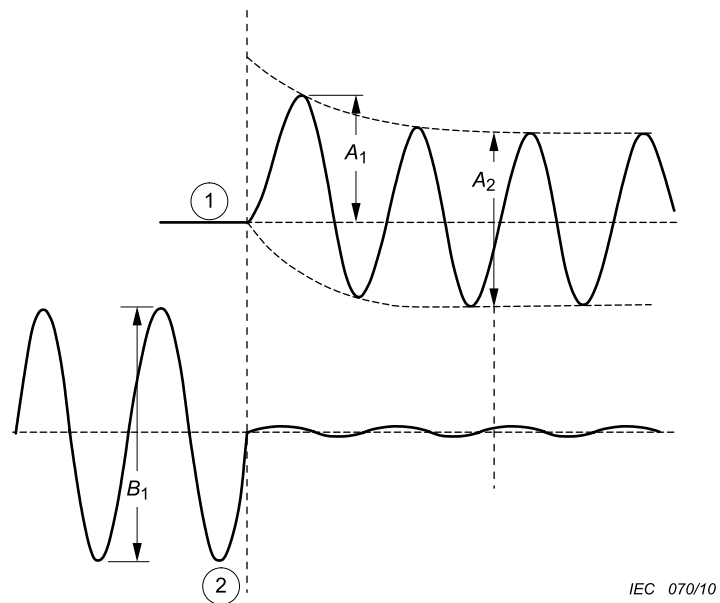


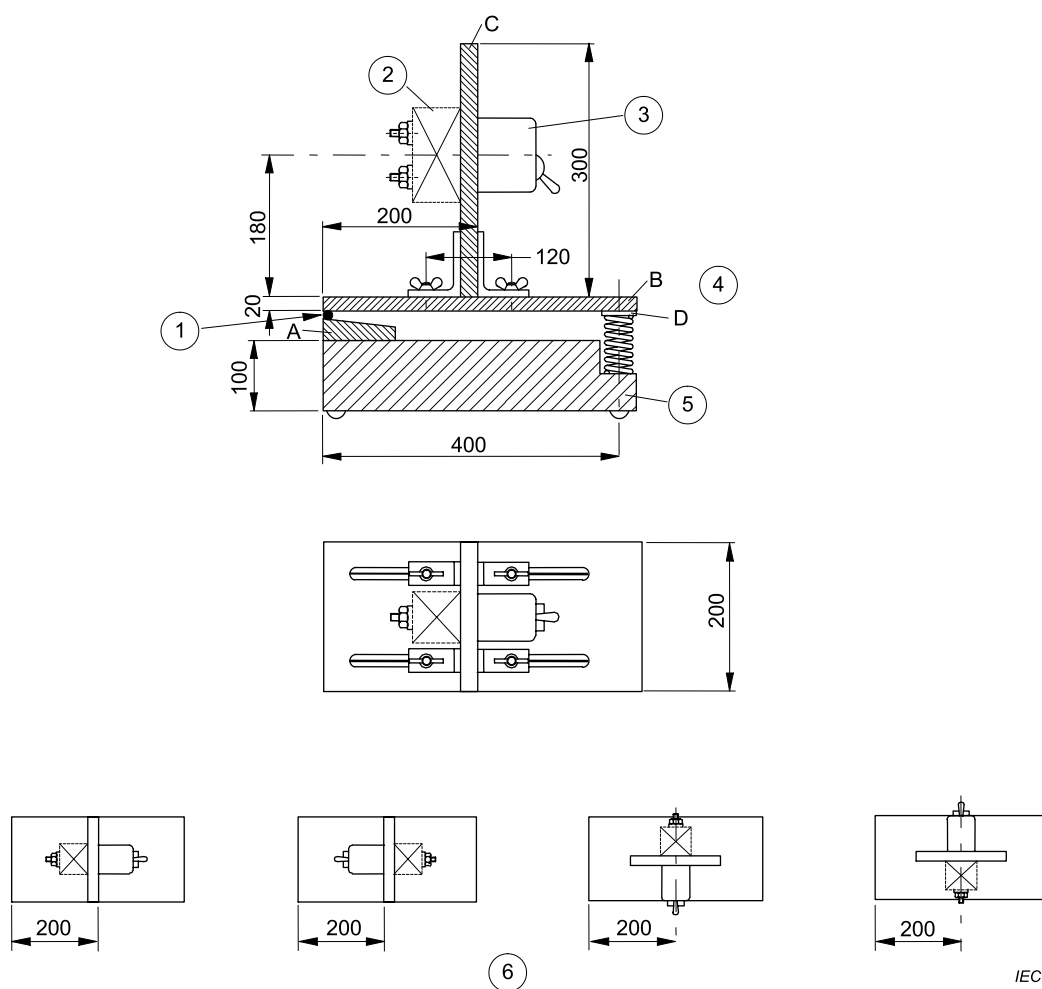
Figure 21 – Detail of impedance Z , Z_1 and Z_2



Key

- 1 Current
- 2 Voltage

Figure 22 – Example of calibration record for short-circuit test (9.11.2.2 j)

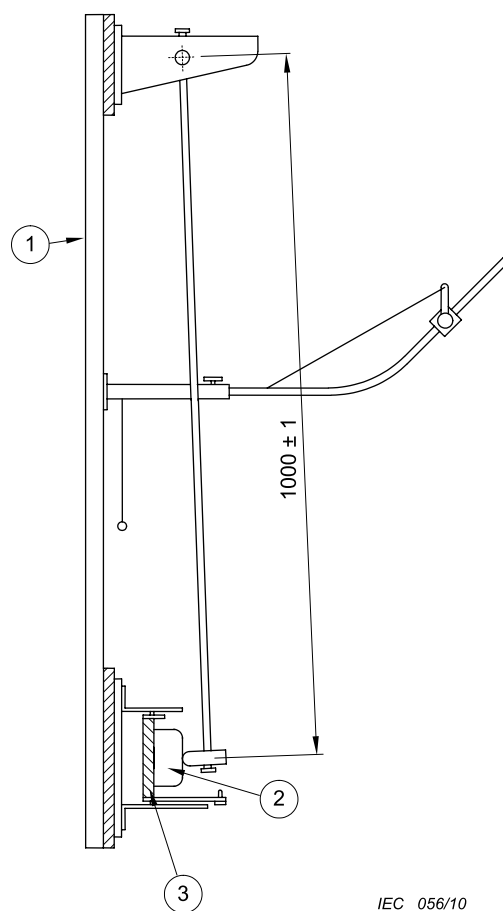


Dimensions in millimetres

Key

- 1 Hinge
- 2 Additional mass
- 3 Sample
- 4 Metal stop plate
- 5 Concrete block
- 6 Consecutive test positions

Figure 23 – Mechanical shock test apparatus (9.12.1)

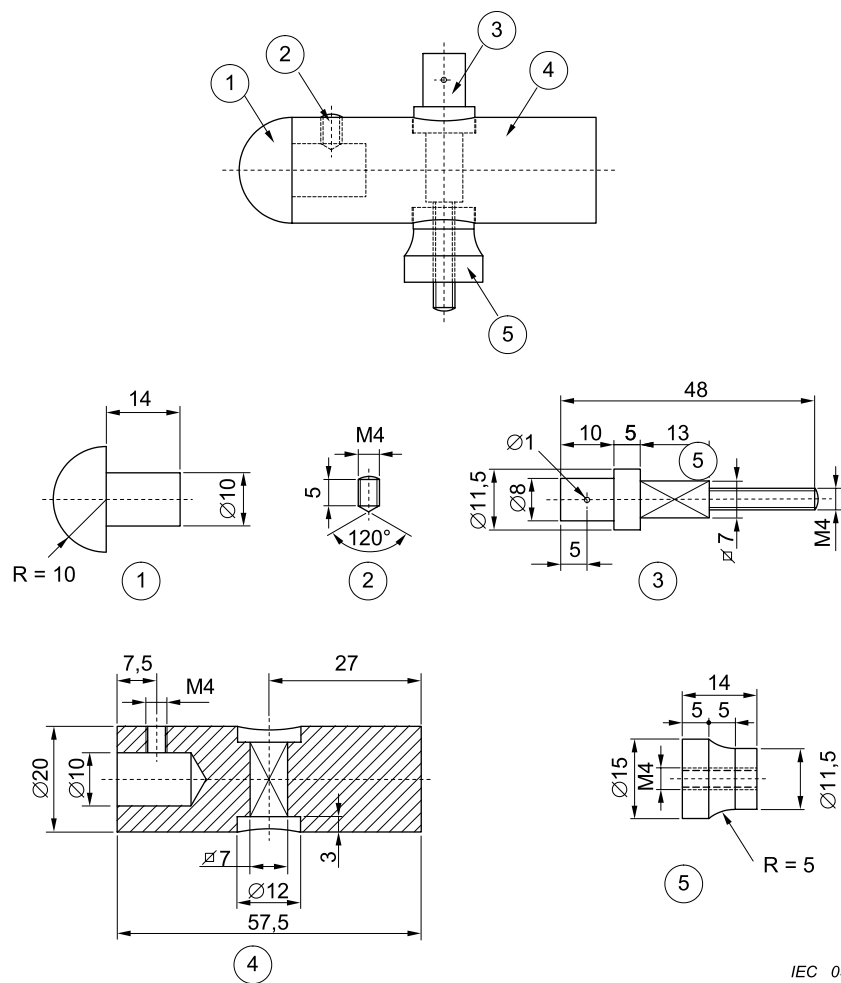


Dimensions in millimetres

Key

- 1 Frame
- 2 Sample
- 3 Mounting support

Figure 24 – Mechanical impact test apparatus (9.12.2.2)



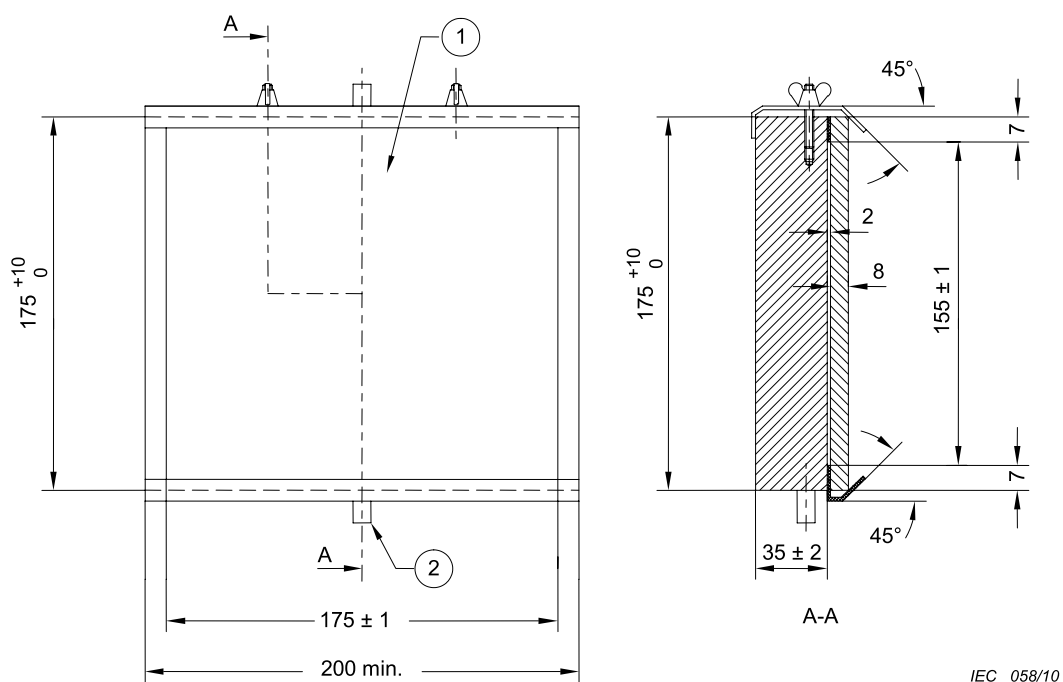
IEC 057/10

Dimensions in millimetres

Key

1	Polyamide
2, 3, 4, 5	Steel Fe 360

Figure 25 – Striking element for pendulum impact test apparatus (9.12.2.2)

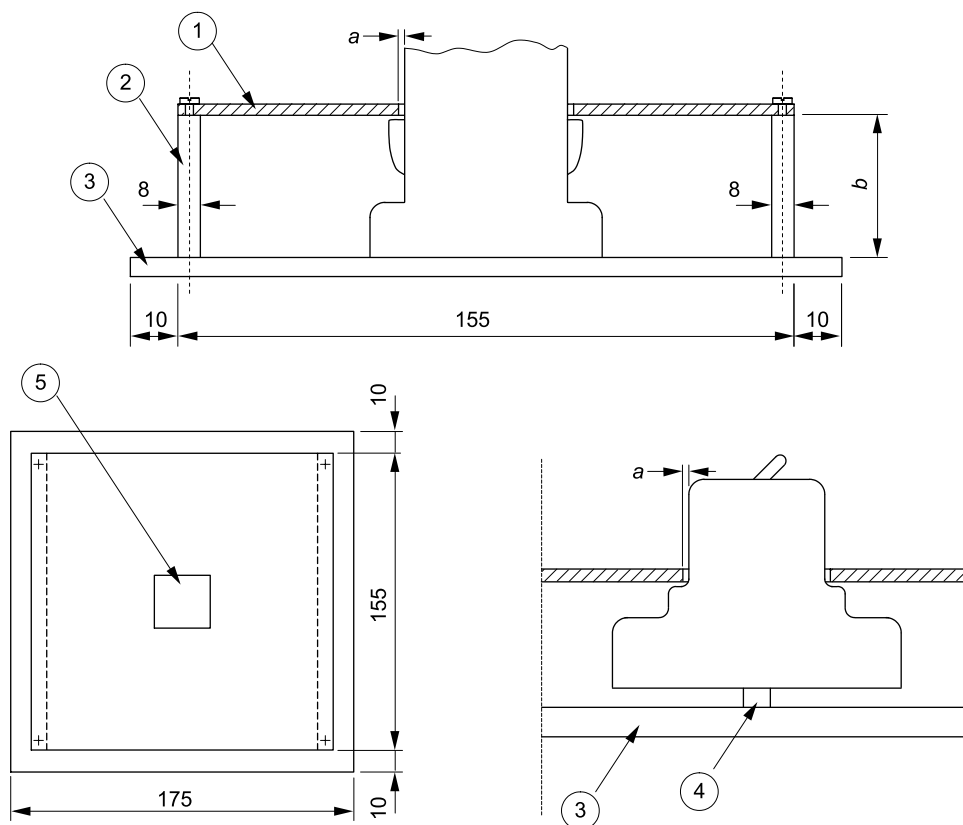


Dimensions in millimetres

Key

- 1 Sheet of plywood
- 2 Pivot

**Figure 26 – Mounting support for sample for mechanical impact test
(9.12.2.2)**



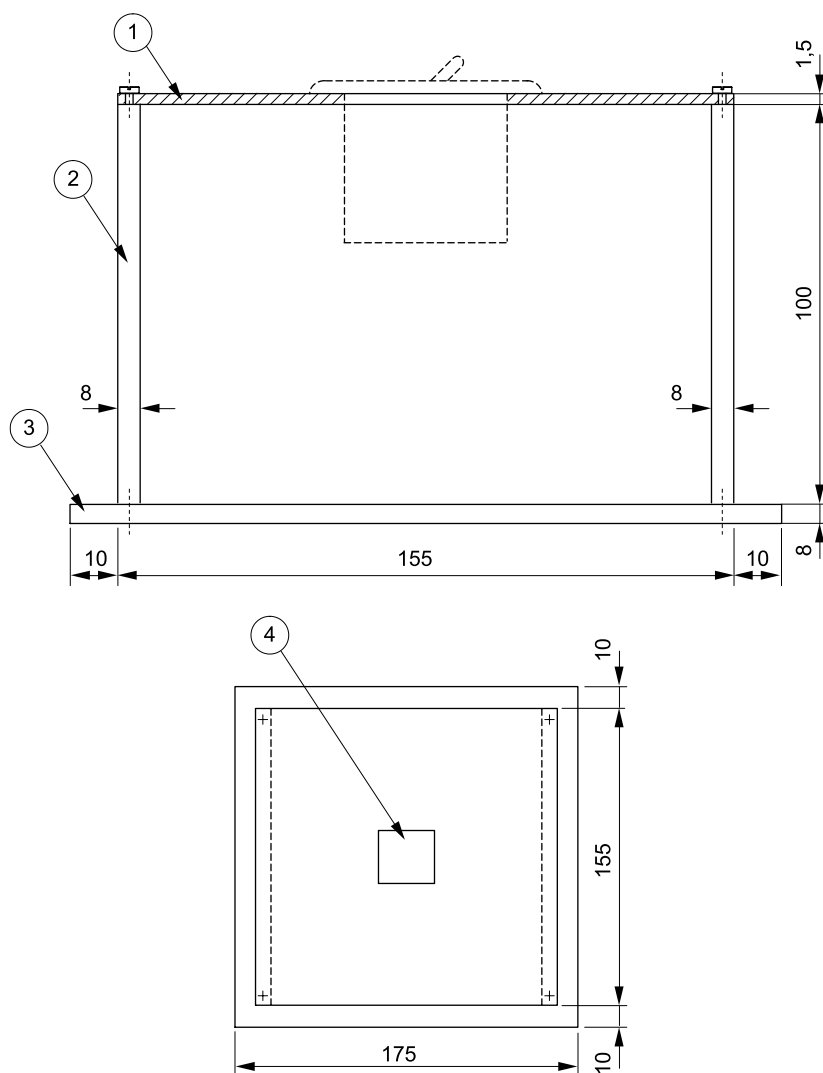
IEC 059/10

Dimensions in millimetres

Key

- 1 Interchangeable steel plate with a thickness of 1 mm
- 2 Aluminium plates with a thickness of 8 mm
- 3 Mounting plate
- 4 Rail for the AFDD designed to be mounted on a rail
- 5 Cut-out for the AFDD in the steel plate
- a* the distance between the edges of the cut-out and the faces of the AFDD shall be between 1 mm and 2 mm
- b* the height of the aluminium plates shall be such that the steel plate rests on the supports of the AFDD if the AFDD has no such supports, the distance from live parts, which are to be protected by an additional cover plate, to the underside of the steel, is 8 mm.

**Figure 27 – Example of mounting of unenclosed AFDD
for mechanical impact test (9.12.2.2)**



IEC 060/10

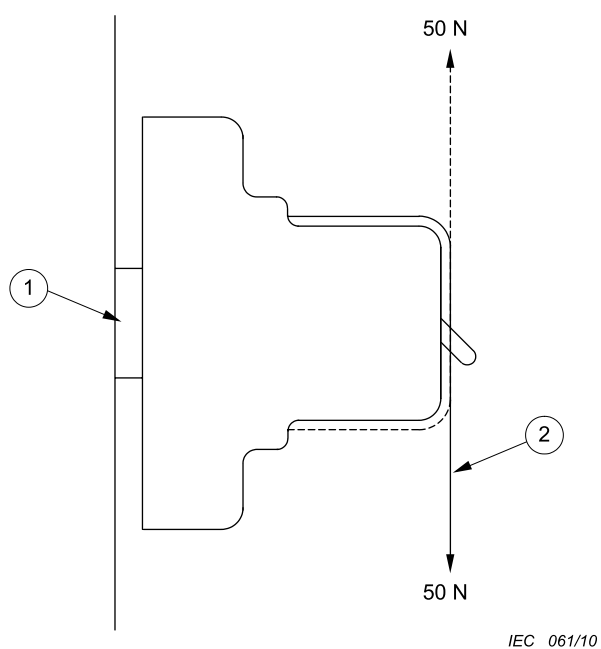
Dimensions in millimetres

Key

- 1 Interchangeable steel plate with a thickness of 1,5 mm
- 2 Aluminium plates with a thickness of 8 mm
- 3 Mounting plate
- 4 Cut-out for the AFDD in the steel plate

In particular cases the dimensions may be increased.

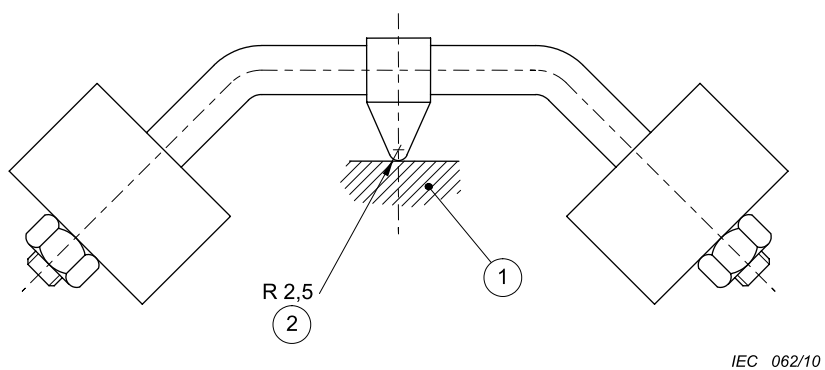
**Figure 28 – Example of mounting of panel mounting type AFDD
for the mechanical impact test (9.12.2.2)**



Key

- 1 Rail
- 2 Cord

Figure 29 – Application of force for mechanical test of rail mounted AFDD (9.12.2.3)



Key

- 1 Sample
- 2 Spherical

Figure 30 – Ball-pressure test apparatus (9.13.2)

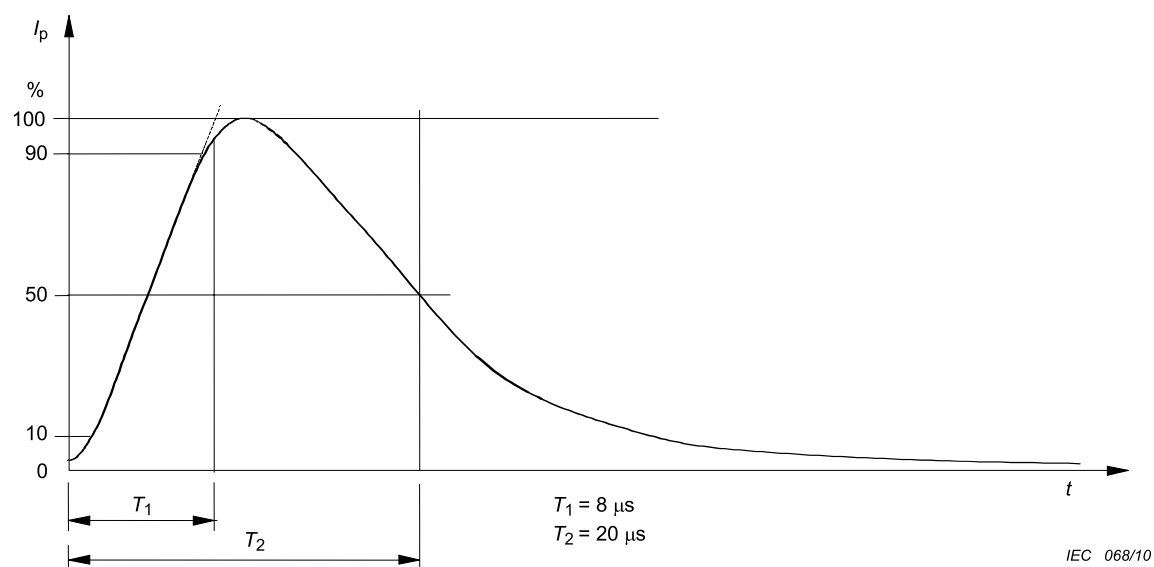
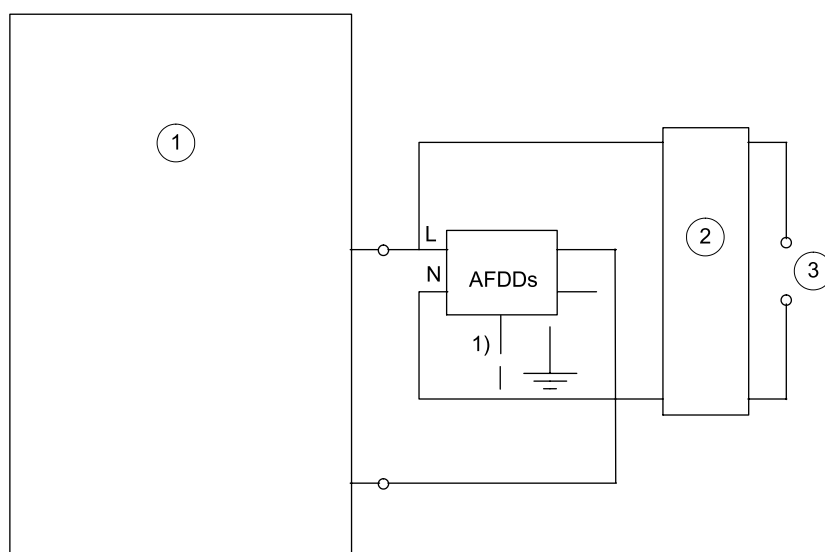


Figure 31 – Surge current impulse 8/20 μs



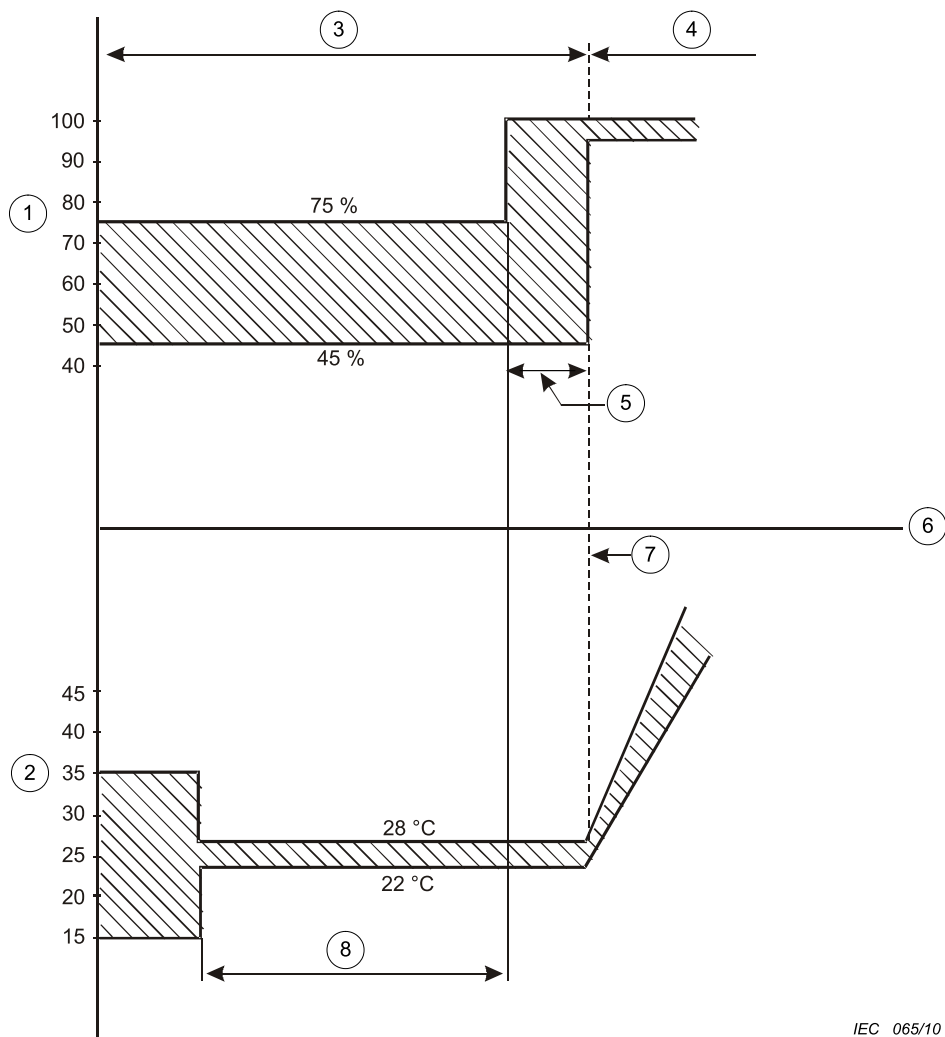
IEC 1563/13

Key

- 1 Surge current generator 8/20 μs
- 2 Filter
- 3 Supply

1) If the AFDD has an earthing terminal, it should be connected to the neutral terminal, if any, and if so marked on the AFDD or, failing that, to any phase terminal.

Figure 32 – Test circuit for the surge current test at AFDDs

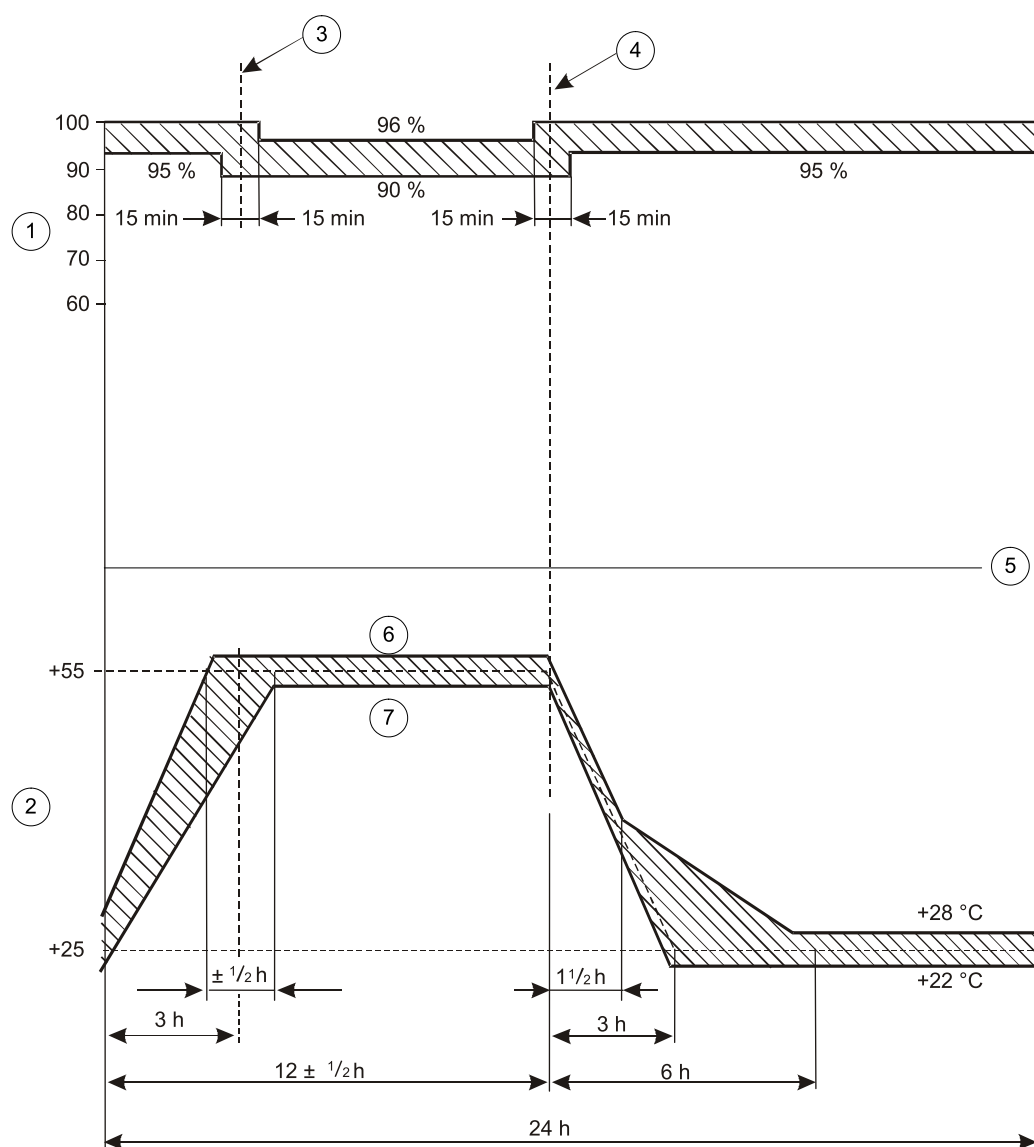


IEC 065/10

Key

- 1 Relative humidity (%)
- 2 Ambient temperature (°C)
- 3 Stabilizing period
- 4 First cycle
- 5 Time required to reach 95 %-100 % relative humidity (not exceeding 1 h)
- 6 Time
- 7 Start of the first cycle
- 8 Time required for test specimen to reach temperature stability

Figure 33 – Stabilizing period for reliability test (9.19.2.3)

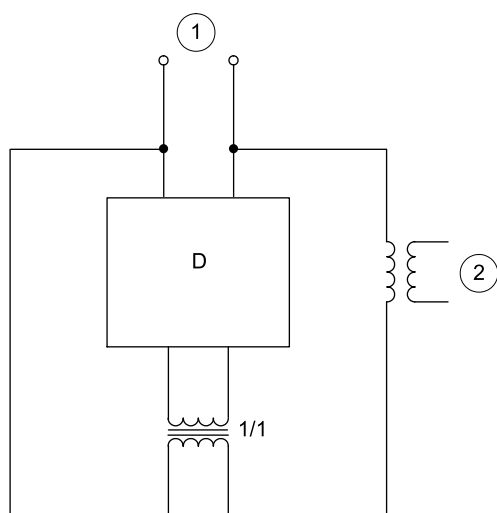


IEC 066/10

Key

- 1 Relative humidity (%)
- 2 Ambient temperature (°C)
- 3 End of the temperature rise
- 4 Start of the temperature fall
- 5 Time
- 6 Upper temperature +57 °C
- 7 Lower temperature +53 °C

Figure 34 – Reliability test cycle (9.19.2.3)



IEC 067/10

Key

- 1 Supply at 1,1 U_n
- 2 Current supply

Figure 35 – Example for test circuit for verification of ageing of electronic components (9.20)

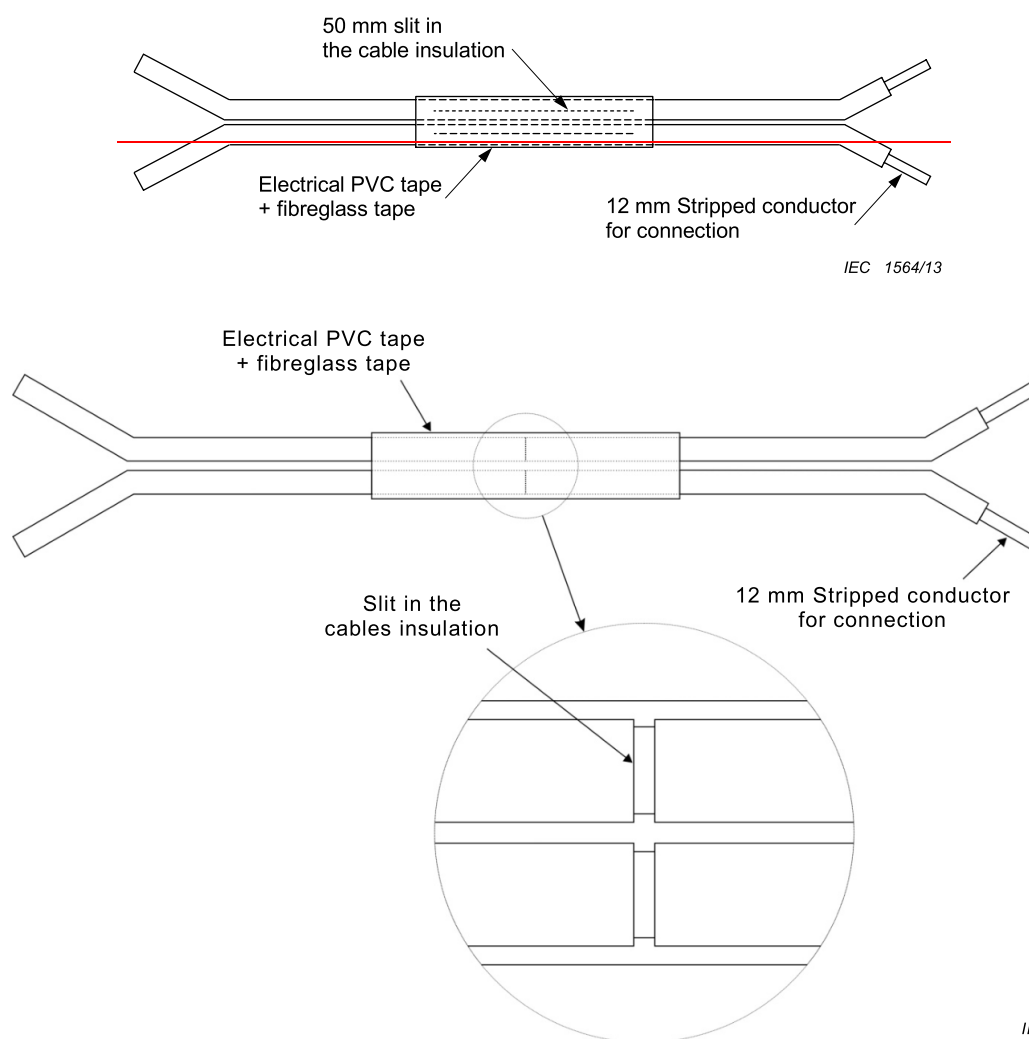


Figure 36 – Preparation of the cable specimens (9.9.2.6)

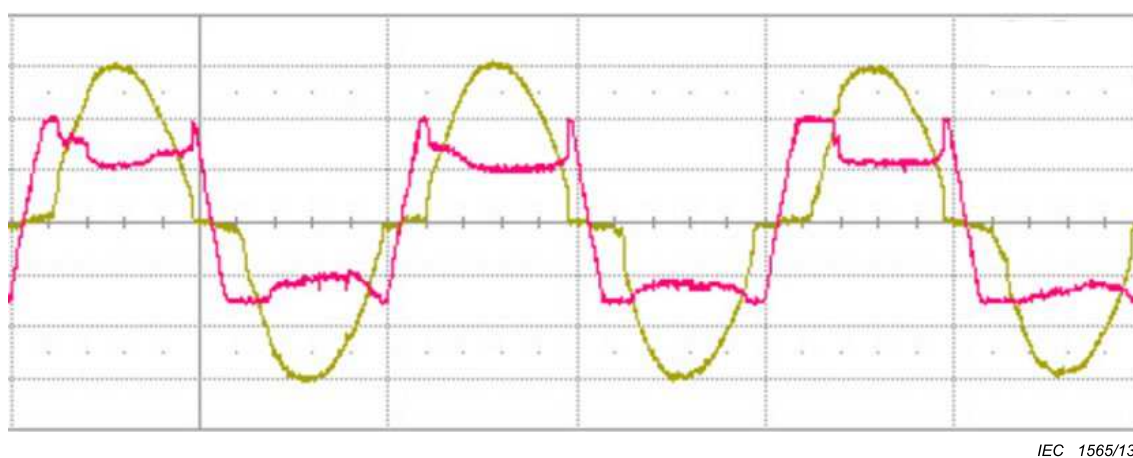
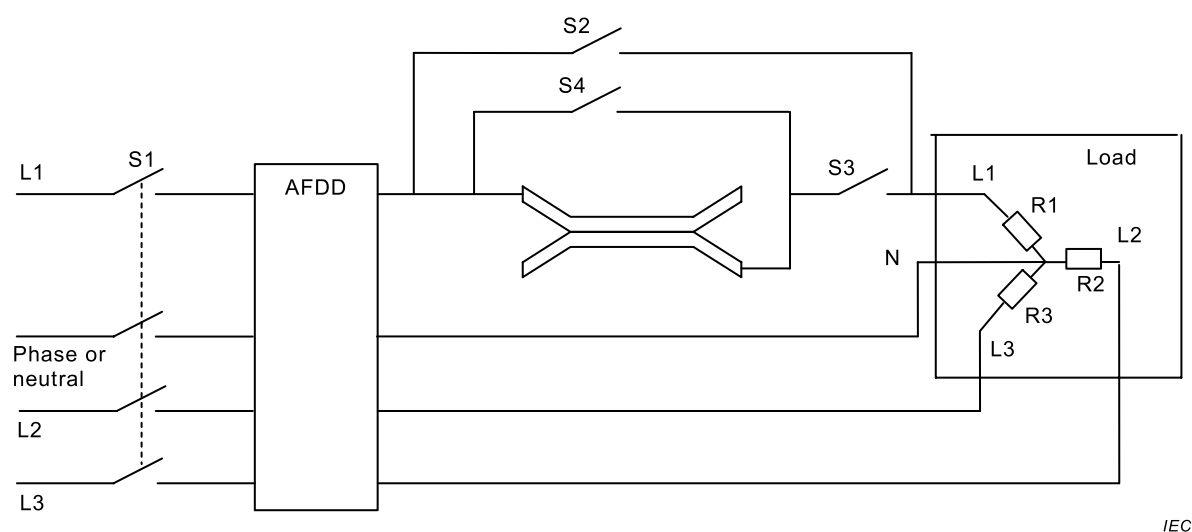
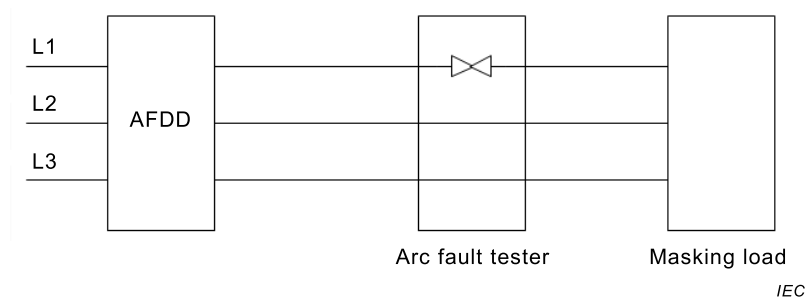


Figure 37 – Example of arc voltage and current waveform obtained with cable specimen



IEC

Figure 38 – Test circuit for series arc in a three-phase system with balanced and unbalanced load



IEC

Figure 39 – Test configuration for masking tests for three-pole and four-pole AFDDs

Annex A (normative)

Test sequence and number of samples to be submitted for certification¹ purposes

A.1 Test sequences

The tests are made according to Table A.1 of this annex where the tests in each sequence are carried out in the order indicated.

For devices classified according to 4.1.1, tests sequences are given in Table A.1.

For devices classified according to 4.1.2, AFDDs shall first be tested according to IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1, IEC 62423 or IEC 60269, as applicable. The additional tests sequences are given in Table A.2.

In case tests sequences included in this standard were also included in IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1, or IEC 62423, the most stringent tests among all applicable standards shall be applied only once but the acceptance criteria combines the acceptance criteria of all applicable standard.

For devices classified according to 4.1.3, AFDDs shall first be assembled as declared by the manufacturer with the declared protective device(s).

Afterward, the testing procedure given in this standard together with the additional requirements and test given in Annex D shall be applied. The additional tests sequences are given in Table A.3.

In case the AFDDs are intended to be assembled with several protective devices, the testing procedure has to be either repeated with each protective device declared by the manufacturer or the most stringent tests among all applicable standards shall be applied only once but the acceptance criteria combines any acceptance criteria of any applicable standard

¹ The term “certification” denotes either a Declaration of Conformity by the manufacturer, or a Third Party Certification, e.g. by an independent testing station.

Table A.1 – Test sequences for AFDDs classified according to 4.1.1

Test sequence		Clause or subclause	Test (or Inspection)
A	6		Marking
	8.2.1		General
	8.2.2		Mechanism
	9.3		Indelibility of marking
	8.2.3		Clearance and creepage distances (external parts only)
	9.15		Trip-free mechanism
	9.4		Reliability of screws, current-carrying parts and connections
	9.5		Reliability of terminals for external conductors
	9.6		Protection against electric shock
	9.13		Resistance to heat
	8.2.3		Clearances and creepage distances (internal parts)
	9.16		Resistance to rusting
A ₂	9.14		Resistance to abnormal heat and to fire
B	~~9.7~~		~~Test of dielectric properties~~
	9.7.7.4		Resistance of the insulation of open contacts and basic insulation against an impulse voltage in normal conditions
	9.7.7.5		Verification of the behaviour of components bridging the basic insulation
	9.7.2		Resistance to humidity
	9.7.3		Insulation resistance of the main circuit
	9.7.4		Dielectric strength of the main circuit
	9.7.5		Insulation resistance and dielectric strength of auxiliary circuits
	9.7.6		Capability of control circuits connected to the main circuits withstanding high d.c. voltages due to insulation measurements
	9.7.7.2		Verification of clearances with the impulse withstand voltage
	9.8		Temperature rise
	9.19.3		Reliability at 40 °C
	9.20		Ageing of electronic components
C		9.10	Mechanical and electrical endurance
D	D ₀	9.9.2	Operating characteristics (series arc fault)
		9.9.3	Operating characteristics (parallel arc fault)
		9.23	Verification of behaviour in case of partial loss of supply connections
	D ₁	9.9.4	Masking test
		9.9.5	Unwanted tripping
		9.18	Behaviour in the case of surge currents
		9.11.2.4 a) b)	Performance at I_{m1}
		9.12	Resistance to mechanical shock and impact
		9.17	Non-operating current under overcurrent conditions
	D ₂	9.11.2.4 c)	Verification of the suitability in IT-systems
	9.11.2.5 a)		Coordination at I_{nc}
	9.11.2.3		Performance at I_m
	9.11.2.5 b)		Coordination at I_m
	9.11.2.5 c)		Coordination at I_{nc1}
G		9.19.2	Reliability (climatic tests)

Test sequence	Clause or subclause	Test (or Inspection)
H- ^a	IEC 61543:1995, AMD1:2005 2004, Table-6 4 – T1.1	Harmonics, interharmonics
	IEC 61543:1995, AMD1:2005 2004, Table-6 4 – T1.2	Signalling voltage
	9.21, Table 21 – T2.3	Surges
I	9.21 Table 21 – T2.1	Conducted sine-wave form voltages or currents
	9.21 Table 21 – T2.5	Radiated electromagnetic field
	9.21 Table 21 – T2.2	Fast transients (burst)
J	9.21 Table 21 – T2.6	Conducted common mode disturbances in the frequency range lower than 150 kHz
	9.21 Table 21 – T3.1	Electrostatic discharges
^a ~~For devices containing a continuously operating oscillator, the test of CISPR 14-1 shall be carried out on the samples prior to the tests of this sequence.~~		
NOTE Test of sequence B, in 9.7, can be done on separate samples.		

Table A.2 – Test sequences for AFDDs classified according to 4.1.2

Test sequence		Clause or subclause	Test (or Inspection)
A		6	Marking
		8.2.1	General
		8.2.2	Mechanism
		9.3	Indelibility of marking
		8.2.3	Clearance and creepage distances (external parts only)
		9.15	Trip-free mechanism
		9.4	Reliability of screws, current-carrying parts and connections
		9.5	Reliability of terminals for external conductors
		9.6	Protection against electric shock
		9.13	Resistance to heat
		8.2.3	Clearances and creepage distances (internal parts)
		9.16	Resistance to rusting
A ₂		9.14	Resistance to abnormal heat and to fire
B		~~9.7~~	~~Test of dielectric properties~~
		9.7.7.4	Resistance of the insulation of open contacts and basic insulation against an impulse voltage in normal conditions
		9.7.7.5	Verification of the behaviour of components bridging the basic insulation
		9.7.2	Resistance to humidity
		9.7.3	Insulation resistance of the main circuit
		9.7.4	Dielectric strength of the main circuit
		9.7.5	Insulation resistance and dielectric strength of auxiliary circuits
		9.7.6	Capability of control circuits connected to the main circuits withstanding high d.c. voltages due to insulation measurements
		9.7.7.2	Verification of clearances with the impulse withstand voltage
		9.8	Temperature rise
		9.19.3	Reliability at 40 °C
		9.20	Ageing of electronic components
C		9.10	Mechanical and electrical endurance
D	D ₀	9.9.2	Operating characteristics (series arc fault)
		9.9.3	Operating characteristics (parallel arc fault)
		9.23	Verification of behaviour in case of partial loss of supply connections
	D ₁	9.9.4	Masking test
		9.9.5	Unwanted tripping
		9.18	Behaviour in the case of surge currents
		9.12	Resistance to mechanical shock and impact
		9.17	Non-operating current under overcurrent conditions
	D ₂	9.11.1	Verification of AFDDs after sequence C ₂ of IEC 60898-1, or sequence D ₂ of IEC 61008-1 or sequence C ₂ of IEC 61009-1
	E		9.11.1
F		9.11.1	Verification of AFDDs after sequence E ₂ of IEC 60898-1, or sequence E of IEC 61008-1 or sequence F ₁ of IEC 61009-1
G		9.19.2	Reliability (climatic tests)

Test sequence	Clause or subclause	Test (or Inspection)
H ^a	IEC 61543:1995, AMD1:2005 2004, Table 6 4 – T1.1	Harmonics, interharmonics
	IEC 61543:1995, AMD1:2005 2004, Table 6 4 – T1.2	Signalling voltage
	9.21, Table 21 – T2.3	Surges
I	9.21 Table 21 – T2.1	Conducted sine-wave form voltages or currents
	9.21 Table 21 – T2.5	Radiated electromagnetic field
	9.21 Table 21 – T2.2	Fast transients (burst)
J	9.21 Table 21 – T2.6	Conducted common mode disturbances in the frequency range lower than 150 kHz
	9.21 Table 21 – T3.1	Electrostatic discharges
^a ~~For devices containing a continuously operating oscillator, the test of CISPR 14-1 shall be carried out on the samples prior to the tests of this sequence.~~		

Table A.3 – Test sequences for AFDDs classified according to 4.1.3

Test sequence		Clause or subclause	Test (or Inspection)
A ^b		6, D.4	Marking
		8.2.1, D.5.1	General
		8.2.2	Mechanism
		9.3	Indelibility of marking
		8.2.3	Clearance and creepage distances (external parts only)
		9.15	Trip-free mechanism
		9.4	Reliability of screws, current-carrying parts and connections
		9.5	Reliability of terminals for external conductors
		9.6	Protection against electric shock
		9.13	Resistance to heat
		8.2.3	Clearances and creepage distances (internal parts)
		9.16	Resistance to rusting
		~~D.6.4~~	~~Verification for devices declared to be disassembled~~
A ₂		9.14	Resistance to abnormal heat and to fire
B		~~9.7~~	~~Test of dielectric properties~~
		9.7.7.4	Resistance of the insulation of open contacts and basic insulation against an impulse voltage in normal conditions
		9.7.7.5	Verification of the behaviour of components bridging the basic insulation
		9.7.2	Resistance to humidity
		9.7.3	Insulation resistance of the main circuit
		9.7.4	Dielectric strength of the main circuit
		9.7.5	Insulation resistance and dielectric strength of auxiliary circuits
		9.7.6	Capability of control circuits connected to the main circuits withstanding high d.c. voltages due to insulation measurements
		9.7.7.2	Verification of clearances with the impulse withstand voltage
		9.8	Temperature rise
		9.19.3	Reliability at 40 °C
		9.20	Ageing of electronic components
C		9.10	Mechanical and electrical endurance
D	D ₀	~~D.6.4~~	~~Verification for devices declared to be disassembled~~
		9.9.2	Operating characteristics (series arc fault)
		9.9.3	Operating characteristics (parallel arc fault)
		9.23	Verification of behaviour in case of partial loss of supply connections
	D ₁	9.9.4	Masking test
		9.9.5	Unwanted tripping
		9.18	Behaviour in the case of surge currents
		9.12	Resistance to mechanical shock and impact
		9.17	Non-operating current under overcurrent conditions
	D ₂	9.11.1	Verification of AFDDs after sequence C ₂ of IEC 60898-1, or sequence D ₂ of IEC 61008-1 or sequence C ₂ of IEC 61009-1
E		9.11.1	Verification of AFDDs after sequence E ₁ of IEC 60898-1, or sequence F of IEC 61008-1 or sequence F ₀ of IEC 61009-1
F		9.11.1	Verification of AFDDs after sequence E ₂ of IEC 60898-1, or sequence E of IEC 61008-1 or sequence F ₁ of IEC 61009-1

Test sequence	Clause or subclause	Test (or Inspection)
G	9.19.2	Reliability (climatic tests)
H ^a	IEC 61543:1995, AMD1:2005 2004, Table-6 4 – T1.1	Harmonics, interharmonics
	IEC 61543:1995, AMD1:2005 2004, Table-6 4 – T1.2	Signalling voltage
	9.21, Table 21 – T2.3	Surges
I	9.21 Table 21 – T2.1	Conducted sine-wave form voltages or currents
	9.21 Table 21 – T2.5	Radiated electromagnetic field
	9.21 Table 21 – T2.2	Fast transients (burst)
J	9.21 Table 21 – T2.6	Conducted common mode disturbances in the frequency range lower than 150 kHz
	9.21 Table 21 – T3.1	Electrostatic discharges
^a ~~For devices containing a continuously operating oscillator, the test of CISPR 14-1 shall be carried out on the samples prior to the tests of this sequence.~~		
^b Tests 9.3, 9.4, 9.5, 9.13, 9.14 and 9.15 are performed additionally on AFD unit according to D.6.2.		

A.2 Number of samples to be submitted for full test procedure

If only one type of AFDDs of one current rating is submitted for test, the number of samples to be submitted to the different test series are those indicated in Table A.4 where the minimum performance criteria are also indicated.

If all samples submitted according to the second column of Table A.4 pass the tests, compliance with the standard is met. If the minimum numbers given in the third column only pass the tests, additional samples as shown in the fourth column shall be tested and all shall then satisfactorily complete the test sequence.

Table A.4 – Number of samples for full test procedure

Test sequence ^a	Number of samples	Minimum number of accepted samples ^b	Number of samples for repeated tests ^c
A	1	1	–
A ₂	3	2	3
B	3	2	3
C	3	2	3
D ₀	3	2 ^d	3
D ₁	3	2 ^d	3
D ₂	3	3	3
E	3	2 ^d	3
F	3	2 ^d	3
G	3	2	3
H ^e	3	2	3
I ^e	3	2	3
J ^e	3	2	3

^a In total, a maximum of three test sequences may be repeated.

^b It is assumed that a sample which has not passed a test has not met the requirements due to workmanship or assembly defects which are not representative of the design.

^c In the case of repeated tests, all test results must be acceptable.

^d All samples shall meet the requirements in 9.9.2, 9.9.3, and 9.11.2.4, as appropriate. In addition, permanent arcing or flashover between poles or between poles and frame shall not occur in any sample during tests of 9.11.2.3, 9.11.2.5 a), 9.11.2.5 b) or 9.11.2.5 c).

^e On request of the manufacturer, the same set of samples may be subjected to more than one of these test sequences.

A.3 Number of samples to be submitted for simplified test procedures in case of submitting simultaneously a range of AFDDs of the same fundamental design

A.3.1 If a range of AFDDs of the same fundamental design, or additions to such a range of AFDDs are submitted for certification, the number of samples to be tested may be reduced according to Table A.5.

NOTE For the purposes of this annex, the same fundamental design comprises a series of rated current (I_n) and/or different number of poles.

AFDDs can be considered to be of the same fundamental design if all of the following conditions are met:

- 1) they have the same basic design;
- 2) the operating means have identical tripping mechanism;
- 3) the materials, finish and dimensions of the internal current carrying parts are identical other than the variations detailed in a) below;
- 4) the terminals are of similar design (see b) below);
- 5) the contact size, material, configuration and method of attachment are identical;
- 6) the manual operating mechanism, materials and physical characteristics are identical;
- 7) the moulding and insulating materials are identical;
- 8) the method, materials and construction of the extinction device are identical;
- 9) the basic design of the current sensing device is identical, for a given type of characteristic other than the variations permitted in c) below;
- 10) the basic design of the test device, if any, is identical.

The following variations are permitted provided that AFDDs comply in all other respects to the requirements detailed above:

- a) cross sectional area of the internal current carrying connections, and lengths of the toroid connections;
- b) size of terminals;
- c) number of turns and cross sectional area of the windings and the size and material of the core of the current sensor as far as applicable.

A.3.2 For AFDDs having the same classification according to the method of construction (4.1), having different current rating, the number of samples to be tested may be reduced, according to Table A.5.

Table A.5 – Number of samples for simplified test procedure

Test sequence	Number of samples ^{a b}
A	1 max. rating I_n
A_2	3 max. rating I_n
B	3 max. rating I_n
C	3 max. rating I_n
D_0	3 max. rating I_n
D_1	3 max. rating I_n
D_2	3 max. rating I_n
E	3 max. rating I_n
F	3 max. rating I_n 3 min. rating I_n
G	3 max. rating I_n 3 min. rating I_n
H	3 samples of the same rating I_n chosen at random ^c
I	3 samples of the same rating I_n chosen at random ^c
J	3 samples of the same rating I_n chosen at random ^c
^a If a test is to be repeated according to the minimum performance criteria of Clause A.2, a new set of samples is used for the relevant test. In the repeated test, all test results shall be acceptable. ^b Also applicable to 1-pole AFDDs with uninterrupted neutral and to 2-pole AFDDs with 1 protected pole. ^c Only the highest number of current paths.	

Annex B

(normative)

Determination of clearances and creepage distances

In determining clearances and creepage distances, it is recommended that the following points should be considered.

B.1 Orientation and location of a creepage distance

If necessary, the manufacturer shall indicate the intended orientation of the equipment or component in order for creepage distances to not be adversely affected by the accumulation of pollution for which they were not designed.

B.2 Creepage distances where more than one material is used

A creepage distance may be split in several portions of different materials and/or have different pollution degrees if one of the creepage distances is dimensioned to withstand the total voltage or if the total distance is dimensioned according to the material having the lowest CTI.

B.3 Creepage distances split by floating conductive part

A creepage distance may be split into several parts, made with insulation material having the same CTI, including or separated by floating conductors as long as the sum of the distances across each individual part is equal or greater than the creepage distance required if the floating part did not exist.

The minimum distance X for each individual part of the creepage distance is given in 6.2 (see also Example 11) of IEC 60664-1:2007.

B.4 Measurement of creepage distances and clearances

In determining creepage distances according to IEC 60664-1:2007, the dimension X , specified in the following examples, has a minimum value of 1,0 mm for pollution degree 2.

If the associated clearance is less than 3 mm, the minimum dimension X may be reduced to one third of this clearance.

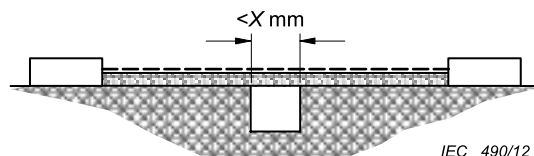
The methods of measuring creepage distances and clearances are indicated in the following Examples 1 to 11. These cases do not differentiate between gaps and grooves or between types of insulation.

The following assumptions are made:

- any recess is assumed to be bridged with an insulating link having a length equal to the specified width X and being placed in the most unfavourable position (see Example 3);
- where the distance across a groove is equal to or larger than the specified width X , the creepage distance is measured along the contours of the groove (see Example 2);
- creepage distances and clearances measured between parts which can assume different positions in relation to each other, are measured when these parts are in their most unfavourable position.

----- Clearance  Creepage distance

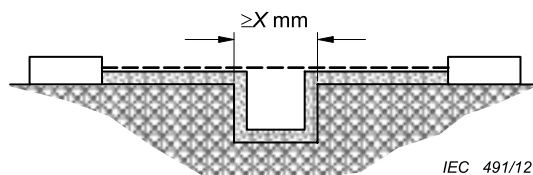
Example 1



Condition: Path under consideration includes a parallel- or converging-sided groove of any depth with a width less than X mm.

Rule: Creepage distance and clearance are measured directly across the groove as shown.

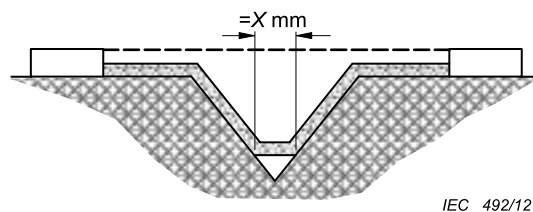
Example 2



Condition: Path under consideration includes a parallel-sided groove of any depth and with width equal to or more than X mm.

Rule: Clearance is the "line of sight" distance. Creepage path follows the contour of the groove.

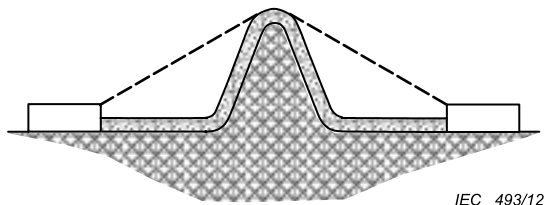
Example 3



Condition: Path under consideration includes a V-shaped groove with a width greater than X mm.

Rule: Clearance is the "line of sight" distance. Creepage path follows the contour of the groove but "short-circuits" the bottom of the groove by X mm link.

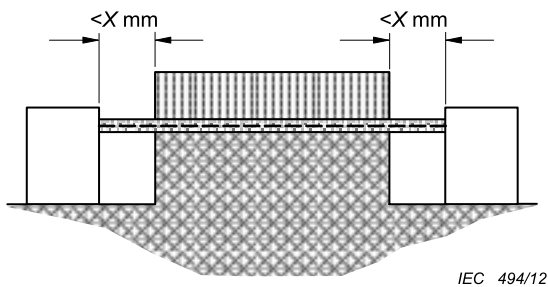
Example 4



Condition: Path under consideration includes a rib.

Rule: Clearance is the shortest direct air path over the top of the rib. Creepage path follows the contour of the rib.

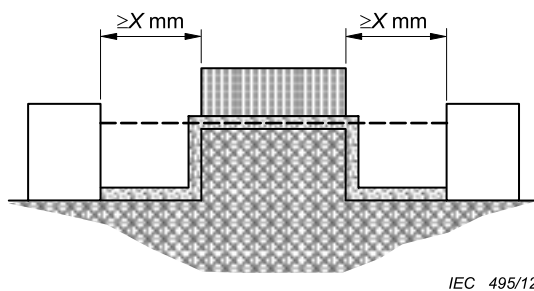
Example 5



Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with grooves less than X mm wide on each side.

Rule: Creepage and clearance path is the "line of sight" distance shown.

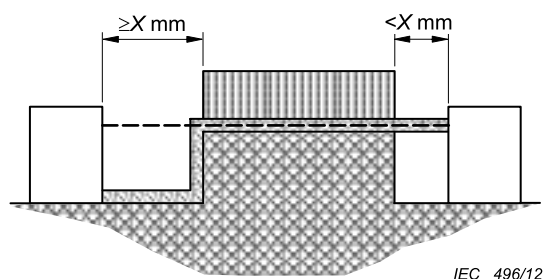
Example 6



Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with grooves equal to or more than X mm wide on each side.

Rule: Clearance is the "line of sight" distance. Creepage path follows the contour of the grooves.

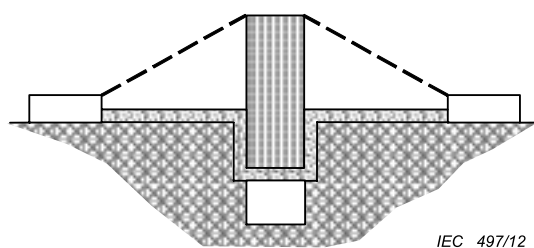
Example 7



Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with a groove on one side less than X mm wide and the groove on the other side equal to or more than X mm wide.

Rule: Clearance and creepage paths area as shown.

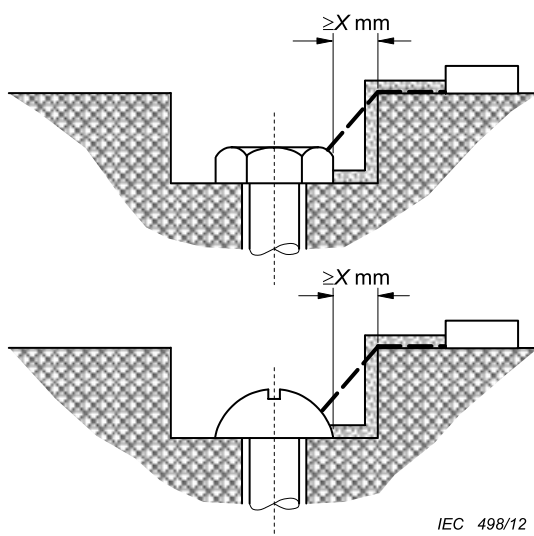
Example 8



Condition: Creepage distance through uncemented joint is less than creepage distance over barrier.

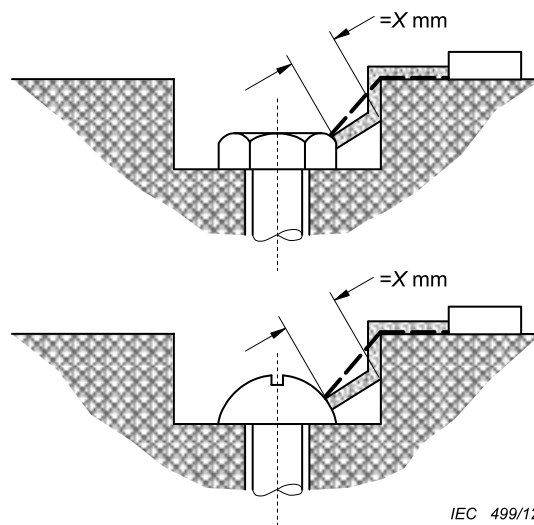
Rule: Clearance is the shortest direct air path over the top of the barrier.

Example 9



Gap between head of screw and wall of recess wide enough to be taken into account.

Example 10

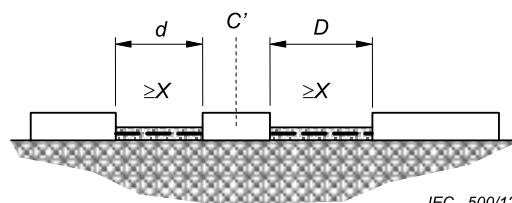


IEC 499/12

Gap between head of screw and wall of recess too narrow to be taken into account.

Measurement of creepage distance is from screw to wall when the distance is equal to X mm.

Example 11



IEC 500/12

C' floating part

Clearance is the distance = $d + D$

Creepage distance is also = $d + D$



Clearance



Creepage distance

Annex C (normative)

Arrangement for the detection of the emission of ionized gases during short-circuit tests

The device under test is mounted as shown in Figure C.1 which may require adapting to the specific design of the device, and in accordance with the manufacturer's instructions.

When required (i.e. during "O" operations), a clear polyethylene sheet ($0,05 \pm 0,01$) mm, of a size at least 50 mm larger, in each direction, than the overall dimensions of the front face of the device, but not less than 200 mm $\times$ 200 mm, is fixed and reasonably stretched in a frame, placed at a distance of 10 mm from

- either the maximum projection of the operating means of a device without recess for the operating means;
- or the rim of a recess for the operating means of a device with recess for the operating means.

The sheet should have the following physical properties:

Density at 23 °C: $0,92 \text{ g/cm}^3 \pm 0,05 \text{ g/cm}^3$;

Melting point: 110 °C to 120 °C.

When required, a barrier of insulating material, at least 2 mm thick, is placed, as shown in figure C.1, between the arc vent and the polyethylene foil to prevent damage of the foil due to hot particles emitted from the arc vent.

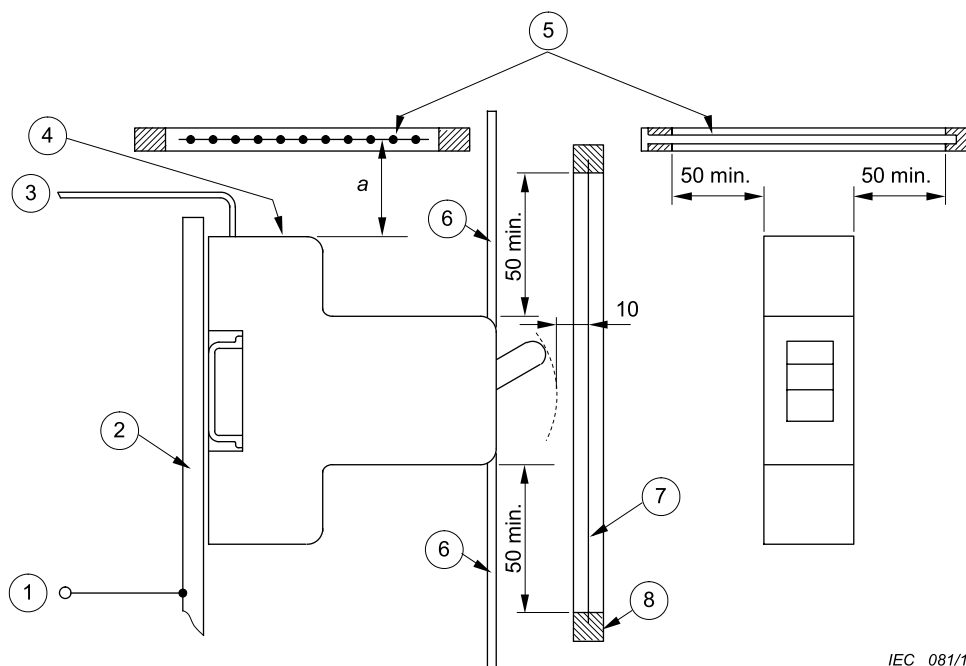
When required, a grid (or grids) according to Figure C.2, is (are) placed at a distance of "a" mm from each arc vent side of the device.

The grid circuit (see Figure C.3) shall be connected to the points B and C.

The parameters for the grid circuit(s) are as follows:

Resistor R': $1,5 \Omega$

Copper wire F': length 50 mm and diameter in accordance with 9.11.2.2 f)1).



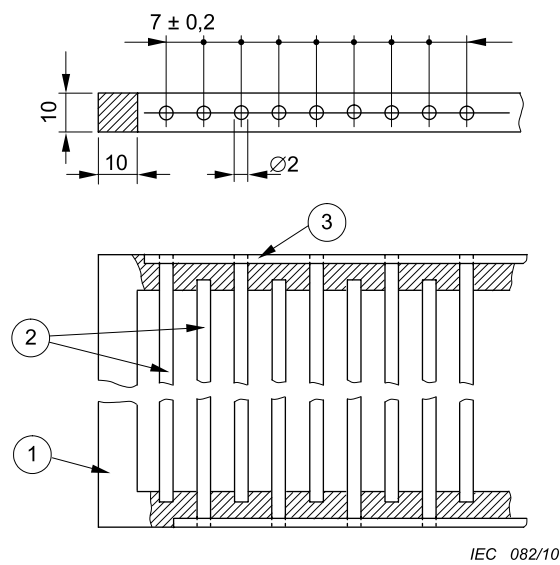
IEC 081/10

Dimensions in millimetres

Key

- 1 To the fuse F
- 2 Metal plate
- 3 Cable
- 4 Arc vent
- 5 Grid
- 6 Barrier
- 7 Polyethylene sheet
- 8 Frame

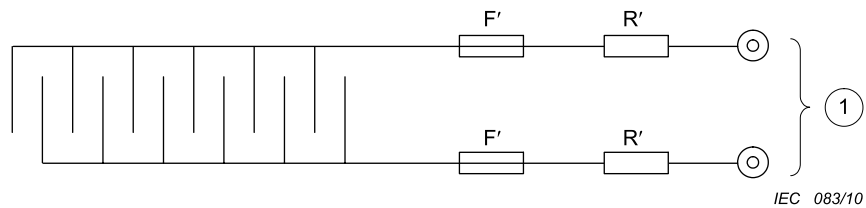
Figure C.1 – Test arrangement



Key

- 1 Frame of insulating material
- 2 Copper wires
- 3 Metal interconnection of copper wires

Figure C.2 – Grid



Key

- 1 Connected to points B and C

Figure C.3 – Grid circuit

Annex D

(normative)

Additional requirements and tests for AFDDs according to the classification 4.1.3 designed to be assembled on site together with a main protective device (circuit-breaker or RCCB or RCBO)

D.1 General

The main body of this standard applies in all respects to devices covered by this annex, unless otherwise specified.

D.2 Scope

This annex applies to AFDDs consisting of an arc fault detection unit (AFD unit), which may also include residual current protection, designed for being mechanically assembled on site in accordance with the manufacturer's instructions to one or more declared protective device(s) which can be either a circuit breaker in compliance with IEC 60898-1, or a RCD in compliance with IEC 61008-1, IEC 61009-1 or IEC 62423.

The manufacturer shall declare which types of AFD units and protective device(s) are suitable to be assembled all together.

D.3 Terms and definitions

Void

D.4 Marking and other product information

D.4.1 Manufacturer's name or trade mark

With reference to Clause 6 item a) of this standard, the circuit-breaker and / or the RCD and the AFD unit with which it is to be assembled shall bear the same manufacturer's name or trade mark.

D.4.2 Marking

D.4.2.1 Marking of the circuit-breaker or RCD

Marking of the circuit-breaker shall be in accordance with IEC 60898-1.

Marking of the RCD shall be in accordance with IEC 61008-1, IEC61009-1 or IEC 62423, as applicable.

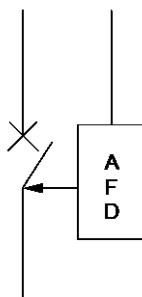
D.4.2.2 Marking of the AFD unit

The AFD unit shall be marked with the following items, with reference to Clause 6, Table 5 of this standard:

a), b), c), d) and g)

In addition, the AFD unit shall be marked with

- the maximum rated current of the circuit-breaker or RCD with which it may be assembled (e.g. 16 A max.)
- the symbol (AFD may also be shown on the left side of the breaker)



For AFD units also including residual current protection, the following items shall be marked with the following:

- rated residual operating current (visible when the device is installed);
- the symbol (S in a square) for type S devices (visible when the device is installed);
- indication that the RCCB is functionally dependent on line voltage, if applicable (under consideration);
- operating means of the test device, by the letter T (visible when the device is installed);
- wiring diagram;
- operating characteristics in presence of residual currents with d.c. components (visible when the device is installed);
- RCCBs of type AC with the symbol  IEC 60417-6148 (2012-01);
- RCCBs of type A with the symbol  IEC 60417-6149 (2012-01);
- RCCBs of type B with the symbol  IEC 60417-6149 (2012-01) and IEC 60417-5031 (2002-10).

It is recommended that the references of the circuit-breakers and/or RCD with which the AFD unit can be assembled be marked.

D.4.2.3 Marking of the assembled circuit-breaker or RCD and AFD unit (AFDD)

The following marking on the AFD unit specified in D.4.2.2 shall not be visible after assembly:

- c);
- maximum rated current of the circuit-breaker with which the AFD unit may be assembled.

Marking h) of the AFD unit, if applicable, shall remain visible after assembly.

D.4.3 Instructions for assembly and operation

The manufacturer shall provide adequate instructions with the AFD unit. These instructions shall cover at least the following:

- reference to the type(s) and catalogue number(s), covering current and voltage ratings, number of poles, etc. of the circuit-breakers or RCDs with which the AFD unit is designed to be assembled;

NOTE The number of paths of the circuit breaker or RCD corresponds to the number of paths of the AFD unit. A neutral terminal or link may take the place of the neutral pole of a circuit-breaker or RCD.

- derating factor if any;

- method of assembly;
- need for checking operation after assembly to verify the mechanical operation.

D.5 Constructional requirements

D.5.1 General

The design shall be such that it shall be possible to assemble the AFDD on site.

Design may be such that the device may be disassembled on site in accordance with the manufacturer's instructions.

For devices declared not suitable for disassembling, the disassembly shall leave permanent visible damage.

Compliance is checked according to D.6.4.

D.5.2 Degree of protection

D.5.2.1 General

The degree of protection of the AFD unit shall be no less than that of the circuit-breaker or RCD with which it is to be assembled.

D.5.2.2 Mechanical requirements

The circuit-breaker or RCD and the AFD unit shall fit together readily in the correct manner, and the design shall be such as to prevent an incorrect assembly.

There shall be no loose parts for coupling the tripping mechanisms.

Fixing means for assembly shall be captive.

Terminal covers, if any, are not covered by this requirement.

D.5.3 Electrical compatibility

It shall not be possible to use a circuit-breaker or RCD of a given rated voltage with an AFD unit of a lower rated voltage.

NOTE An incorrect combination can be excluded by mechanical or electrical design.

It shall not be possible to assemble a circuit-breaker or RCD of a given rated current with a AFD unit of a lower maximum current marking (see D.4.2.2).

The terminals of the AFD unit shall be able to clamp the range of nominal cross-sections of conductors specified in Table 7 of IEC 60898-1:2002 for the rated currents of the circuit-breakers or in Table 8 of IEC 61008-1:2008 with which it is designed to be assembled.

The electrical interconnections between the AFD unit and the circuit-breaker or RCD with which it is to be assembled shall form part of the AFD unit.

It shall not be possible to assemble a circuit-breaker or RCD of a given rated short-circuit capacity with an AFD unit so as to result in a lower short-circuit performance.

Compliance is checked by inspection and manual test.

D.6 Type tests and verifications

D.6.1 Tests on circuit-breakers and RCDs

The circuit-breakers intended to be assembled with the AFD unit shall comply with the type tests of IEC 60898-1.

The RCDs intended to be assembled with the AFD unit shall comply with the type tests of IEC 61008-1, IEC 61009-1 or IEC 62423, as applicable.

D.6.2 Tests on AFD units

The AFD units shall comply with the following type tests specified in Table 10 of 9.1.2 of this standard: tests of 9.3, 9.4, 9.5, 9.13, 9.14 and 9.15.

D.6.3 Tests on assembled AFDDs

For AFD units with an integrated residual current protection shall first be tested according to IEC 61008-1, IEC 61009-1 or IEC 62423, as applicable. After completion of these tests, the additional tests specified in Table 10 of 9.1.2 given in this standard shall be applied in order to show conformity to this standard.

In case of AFD units intended to be assembled with several protective devices or AFD units with integrated residual current protection, the testing procedure has to be either repeated with each protective device declared by the manufacturer or the most stringent tests among all applicable standards shall be applied only once but the acceptance criteria combines any acceptance criteria of any applicable standard.

The type tests specified in Table 10 of 9.1.2 of this standard apply to AFDDs covered by this annex except as follows:

- 9.3, 9.5, 9.13 and 9.14 do not apply;
- 9.4: tests shall be made on the interconnections between the circuit-breaker or RCD and the AFD unit.

D.6.4 Verification of marking and constructional requirements of AFDDs

Compliance with the requirements of D.4.1, D.4.2, D.4.3, D.5.1, D.5.2 and D.5.3 ~~and D.5.4~~ shall be checked by inspection and manual test, as applicable.

For devices declared suitable to be disassembled, compliance with the requirements of D.5.1 is checked by the following test to be performed at the beginning of test sequence D₀ in Table ~~A.1~~ A.3.

The number of samples shall be in accordance with test sequence D₀ + D₁ in Table A.4.

The AFD unit and compatible circuit-breakers or RCDs, as declared by the manufacturer, have to be assembled and disassembled 5 times. The AFD unit and the compatible circuit breaker or RCDs are then reassembled and used for the test of test sequence D₀. After each assembly the correct operation of the combination shall be verified for RCDs by using the test button and for circuit breakers with the upper limit of the instantaneous tripping current. The AFDD shall trip each time.

D.7 Routine tests on the AFD unit

Annex E applies, but the tests shall be made on the AFD units in association with a test circuit breaker or RCD adjusted to the most onerous conditions.

Annex E (normative)

Routine tests

E.1 General

The tests specified in this standard are intended to reveal, as far as safety is concerned, unacceptable variations in material or manufacture.

In general, more tests have to be made to ensure that every AFDD conforms with the samples that withstood the tests of this standard, according to the experience gained by the manufacturer.

E.2 Tripping test

The AFDD is connected to a shaker arc test and an adjustable load, as shown in Annex F on Figure F.3.

The value of the resistance having been adjusted to the lowest test current mentioned in Tables 1 and 2 (2,5 A for a 230 V rated voltage AFDD and 5 A for a 120 V rated voltage AFDD) the AFDD shall trip in less than 1s.

Alternatively any convenient method of verification of the correct tripping is allowed.

E.3 Electric strength test

A voltage of substantially sine-wave form of 1 500 V having a frequency of 50 Hz/60 Hz is applied for 1 s as follows:

- a) with the AFDD in the open position, between the terminals which are electrically connected together, when the AFDD is in the closed position;
- b) with the AFDD in the open position, either between all incoming terminals of poles in turn or between all outgoing terminals of poles in turn, depending on the position of the electronic components.

No flashover or breakdown shall occur.

Annex F (informative)

Description of the shaker arc test in 9.10.2

Install two copper studs on two conductive surfaces fixed on a non-conductive vibrating table.

Prepare a copper wire jumper using 300 mm (12 in) lengths and 10 mm² (AWG 8) flexible wire terminated on both ends with copper lugs to achieve a gap measurement around 0,3 mm to 0,6 mm as shown in Figure F.1 and F.2.

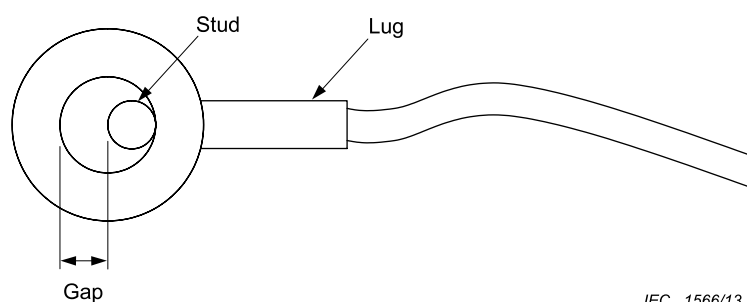


Figure F.1 – Gap Measurement

Loop the wire jumper from stud to terminal in the manner shown in Figure F.2 producing a series connection from one end of the fixture to the other. Tighten a self-locking nut on the studs only until the locking mechanism on the nut fully engages (this nut is only used to ensure that the wire terminal does not vibrate off the stud).

The height between the nut and the base of the stud is around 3 mm. Do not tighten any further.

The wire terminal must remain free to vibrate while making intermittent contact with the stud and self-locking nut.

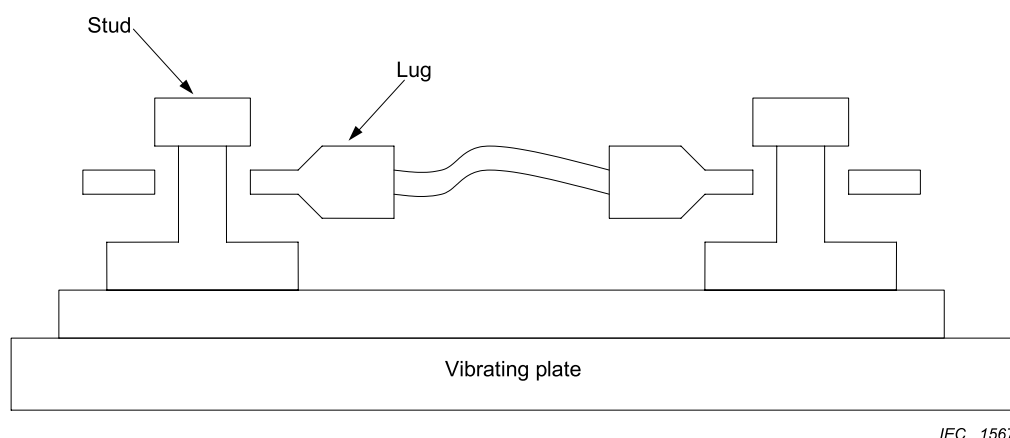


Figure F.2 – Shaker arc test table with Loose Terminals

The frequency of the vibrating plate is in between 30 Hz to 60 Hz.

The AFDD phase terminal is connected to the wire with studs and lugs to the shaker arc test table as shown in Figure F.3.

Before testing, the current is adjusted to half value of the rated current with S1. Then S1 is left open. The arcing will trip the AFDD during the test.

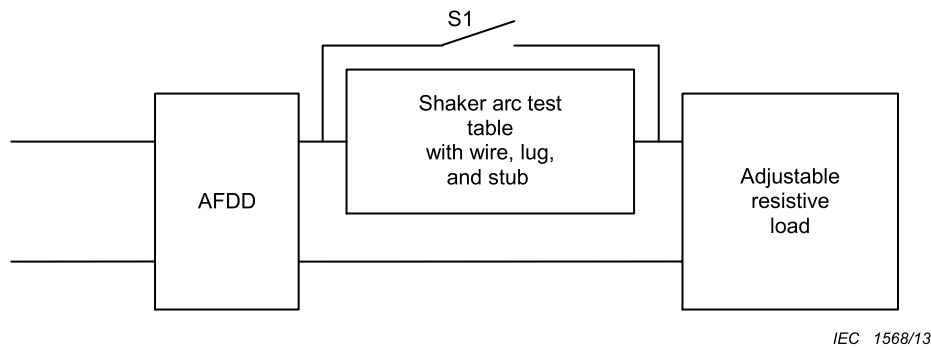


Figure F.3 – AFDD connected to the shaker arc table during test

Annex IA (informative)

Methods of determination of short-circuit power-factor

IA.1 General

There is no uniform method by which the short-circuit power-factor can be determined with precision. Two examples of acceptable methods are given in this annex.

Method I – Determination from d.c. components

The angle ϕ may be determined from the curve of the d.c. component of the asymmetrical current wave between the instant of the short-circuit and the instant of contact separation as follows:

IA.1 Formula for the d.c. component

The formula for the d.c. component is:

$$i_d = i_{do} \cdot e^{-Rt/L}$$

where

i_d is the value of d.c. components at the instant t ;

i_{do} is the value of the d.c. component at the instant taken as time origin;

L/R is the time-constant of the circuit, in seconds;

t is the time, in seconds, taken from the initial instant;

e is the base of the Neperian logarithms.

The time-constant L/R can be ascertained from the above formula as follows:

- measure the value of i_{do} at the instant of short-circuit and the value of i_d at another instant t before the contact separation;
- determine the value of $e^{-Rt/L}$ by dividing i_d by i_{do} ;
- from a table of values of e^{-x} determine the value of $-x$ corresponding to the ratio of i_d/i_{do} ;
- the value x represents Rt/L from which L/R is obtained.

IA.2 Determining the angle

Determine the angle from:

$$\phi = \arctan \omega L/R$$

where ω is 2π times the actual frequency.

This method should not be used when the currents are measured by current transformers.

Methods II – Determination with pilot generator

When a pilot generator is used on the same shaft as the test generator, the voltage of the pilot generator on the oscillogram may be compared in phase first with the voltage of the test generator and then with the current of the test generator.

The difference between the phase angles between pilot generator voltage and main generator voltage on the one hand and pilot generator voltage and test generator current on the other hand gives the phase-angle between the voltage and current of the test generator, from which the power-factor can be determined.

Annex IB (informative)

Examples of terminal designs

In this annex, some examples of designs of terminals are given (see Figures IB.1 to IB.4).

The conductor location shall have a diameter suitable for accepting solid rigid conductors and a cross-sectional area suitable for accepting rigid stranded conductors (see Table 11 of 9.2).

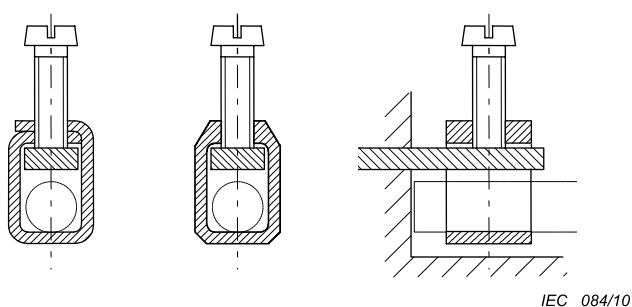


Figure IB.1a – Terminals with stirrup

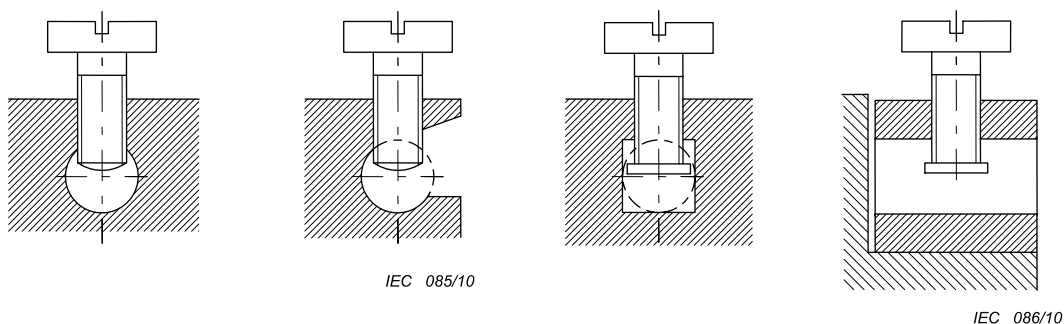


Figure IB.1b – Terminals without pressure plate

Figure IB.1c – Terminals with pressure plate

The part of the terminal containing the threaded hole and the part of the terminal against which the conductor is clamped by the screw may be two separate parts, as in the case of a terminal provided with a stirrup.

Figure IB.1 – Examples of pillar terminals

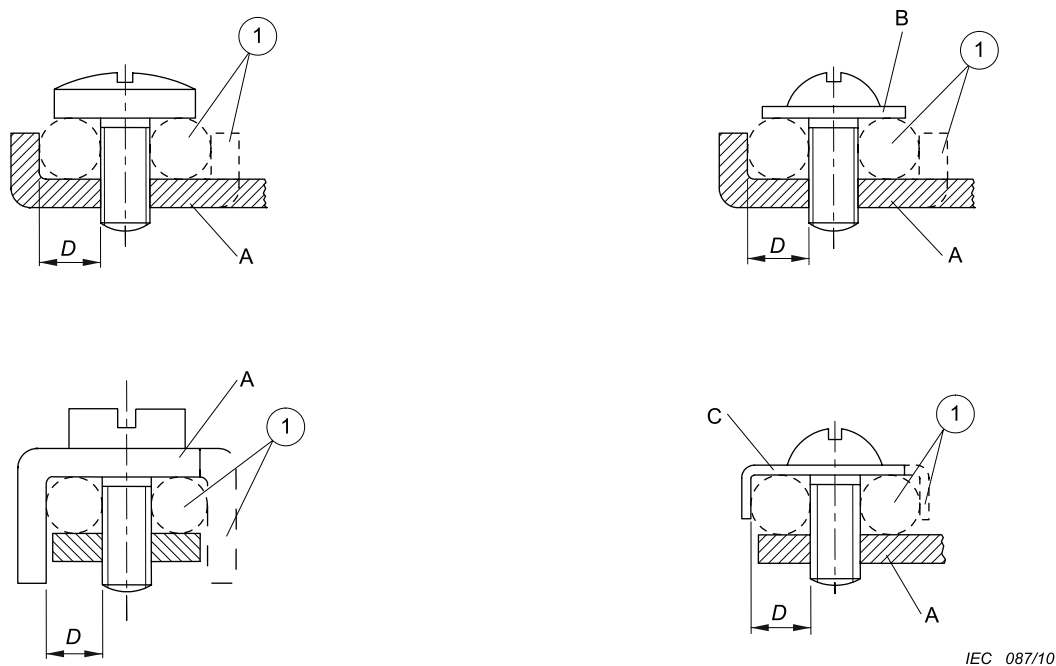


Figure IB.2a – Screw terminals

Screw not requiring washer
or clamping plate

Screw requiring washer, clamping plate
or anti-spread device



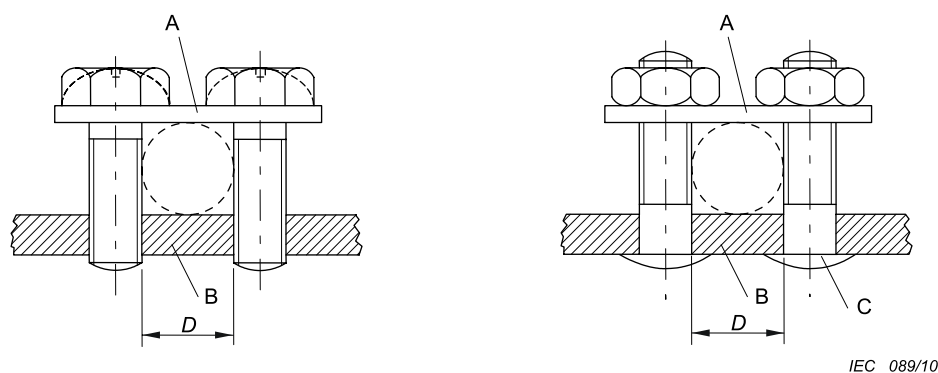
Figure IB.2b – Stud terminals

Key

- 1 Optional
- A Fixed part
- B Washer or clamping plate
- C Anti-spread device
- D Conductor space
- E Stud

The part which retains the conductor in position may be of insulating material, provided the pressure necessary to clamp the conductor is not transmitted through the insulating material.

Figure IB.2 – Examples of screw terminals and stud terminals



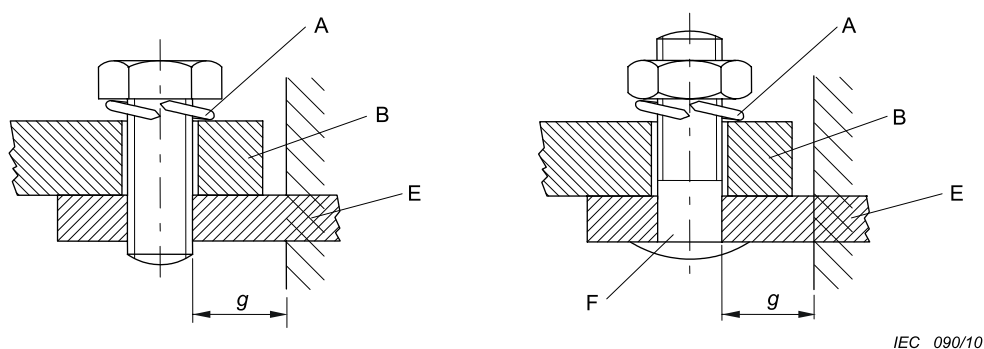
Key

- A Saddle
- B Fixed part
- C Stud
- D Conductor space

The two faces of the saddle may be of different shapes to accommodate conductors of either small or large cross-sectional area, by inverting the saddle.

The terminals may have more than two clamping screws or studs.

Figure IB.3 – Examples of saddle terminals



Key

- A Locking means
- B Cable lug or bar
- E Fixed part
- F Stud

For this type of terminal, a spring washer or equally effective locking means shall be provided and the surface within the clamping area shall be smooth.

For certain types of equipment, the use of lug terminals of sizes smaller than that required is allowed.

Figure IB.4 – Examples of lug terminals

Annex IC
(informative)**Correspondence between ISO and AWG copper conductors**

ISO size mm ²	AWG	
	Size	Cross-sectional area mm ²
1,0	18	0,82
1,5	16	1,3
2,5	14	2,1
4,0	12	3,3
6,0	10	5,3
10,0	8	8,4
16,0	6	13,3
25,0	3	26,7
35,0	2	33,6
50,0	0	53,5

In general, ISO sizes apply.

Upon request of the manufacturer, AWG sizes may be used.

Annex ID (informative)

Follow-up testing program for AFDDs

ID.1 General

In order to guarantee the keeping of the quality level of products, follow-up inspection procedures on the manufacturing process have to be set up by the manufacturers.

This annex gives an example of follow-up procedure to be applied when manufacturing AFDDs.

It may be used as a guide by manufacturers for adapting their specific procedures and organization aiming at keeping the required quality level of the product output.

In particular, any provision of the supplying follow-up as well as the manufacturing follow-up may be taken to guarantee the quality of the manufactured products on which the safe operation of the residual current device depends.

ID.2 Follow-up testing program

The follow-up testing program includes two series of tests.

ID.2.1 Quarterly follow-up testing program

See Table ID.1, test sequence Q.

ID.2.2 Annual follow-up testing program

See Table ID.1, test sequences Y1 to Y3.

The annual follow-up testing may be combined with the quarterly follow-up testing.

Table ID.1 – Test sequences during follow-up inspections

Test sequence	Clause or subclause	Test	Comments
Q	9.9.2.2 9.9.2.4 9.7.6	Arc detection operating characteristics Arc detection operating characteristics Resistance of insulation against impulse voltages Verification of the correct operation of the test button if any	Also carried out between each pole in turn – The AFDD is powered as for normal use, – Then the AFDD is manually closed. Afterward the equipment shall trip when the button is pressed.
Y1	9.9.2.5 9.7 9.10	Test at the temperature limits Test of dielectric properties Mechanical and electrical endurance	
Y2	9.19.1	Reliability (climatic test)	

Test sequence	Clause or subclause	Test	Comments
Y3	9.20	Verification of ageing of electronic components	

ID.2.3 Sampling procedure

ID.2.3.1 Quarterly testing program

For the purpose of the quarterly testing program the following inspection levels are applied:

- normal inspection;
- tightened inspection.

Normal inspection will be used for the first follow-up inspection.

For successive inspections, normal or tightened inspection, or stopping of the production is applied, depending on the results of the on-going tests.

The following criteria for switching over from one level of inspection to another shall be applied:

- Stay at normal level

When normal inspection is applied, normal level is maintained if all six samples pass the test sequence (see Table ID.2, sequence Q). If five samples pass the test sequence, the subsequent inspection is made one month only after the preceding one with the same number of samples and the same test sequence.

- Normal to tightened

When normal inspection is applied, tightened inspection shall be applied when only four samples pass the test sequence.

- Normal to production stop

When normal inspection is applied and less than four samples pass the test sequence, the production shall be discontinued pending action to improve the quality.

- Tightened to normal

When tightened inspection is applied, normal inspection shall be applied when at least 12 samples pass the test sequence (see Table ID.2).

- Stay at tightened level

When, being at tightened level, 10 or 11 samples only pass the test sequence, the tightened level is maintained and the subsequent inspection is made one month after the preceding one with the same number of samples and the same test sequence.

- Tightened to production stop

In the event that four consecutive inspections remain on the tightened level or when less than 10 samples pass the test sequence, the production shall be discontinued pending action to improve the quality.

- Restart production

The production can restart after appropriate and confirmed corrective action. The restart shall be made under tightened inspection conditions.

ID.2.3.2 Annual testing program

For the purpose of the annual testing program the following inspection levels are applied:

- normal inspection;
- tightened inspection.

Normal inspection will be used for the first follow-up inspection.

For successive inspections, normal or tightened inspections are applied, depending on the results of the on-going tests.

The following criteria for switching over from one level of inspection to another shall be applied.

– Stay at the normal level

When normal inspection is applied, normal level is maintained if all samples pass the test sequence. If two samples pass the test sequence Y1 and no failure occurs during test sequences Y2 and Y3, the subsequent inspection is made three months after the preceding one with the same number of samples and the same test sequences.

– Normal to tightened

When normal inspection is applied, tightened inspection shall be applied when either:

- only one sample passes the sequence Y1;
- or one failure occurs during any one of test sequences Y2 or Y3.

The subsequent inspection shall be effected within three months of the preceding one, at tightened level for any sequence in which the failure occurred and at normal level for the other test sequences.

– Normal to production stop

When normal inspection is applied and no sample passes the test sequence Y1, or more than one failure occurs during test sequences Y2 or Y3, the production shall be discontinued pending action to improve the quality.

– Tightened to normal

When tightened inspection is applied, normal inspection shall be applied when:

- at least five samples pass the test sequence Y1; and
- no failure occurs during the test sequence Y2 or Y3.

– Stay at tightened level

When, being at tightened level, four samples only pass the test sequence Y1 and no failure occurs during test sequences Y2 or Y3, the tightened level is maintained and the following inspection is made three months after the preceding one with the same number of samples and the same test sequences.

– Tightened to production stop

In the event that four consecutive inspections remain on the tightened level or when during one annual inspection one of the following failures occurs:

- less than four samples pass test sequence Y1;
 - more than one failure occurs during test sequences Y2 or Y3;
- the production shall be discontinued pending action to improve the quality.

– Restart production

The production can restart after appropriate and confirmed corrective action. The restart shall be made under tightened inspection conditions.

ID.2.4 Number of samples to be tested

The number of samples for the various inspection levels is given in Table ID.2.

Table ID.2 – Number of samples to be tested

Inspection sequence	Number of samples for normal inspection	Number of samples for tightened inspection
Q	6	13
Y1, Y2, Y3	3 each	6 each

Out of each series of AFDDs of the same fundamental design only one set of samples need be tested, irrespective of the ratings.

For the purpose of this follow-up testing program, AFDDs are considered to be of the same fundamental design if they belong to the same classification according to 4.1, and:

- the arc current operating means have identical tripping mechanism and identical relay or solenoid, except for:
 - the number of turns and cross-sectional area of the windings;
 - the sizes and material of the core of the differential transformer;
 - the rated residual current; and
- the electronic part, if any, is of the same design and uses the same components, except for variations so as to achieve different arc current operating value.

Annex IE (informative)

SCPDs for short-circuit tests

IE.1 Introduction

For the verification of the minimum I^2t and I_p values to be withstood by the AFDD as given in Table 18 of 9.11.2.1, short-circuit tests have to be performed. The short-circuit tests shall be made by the use of the declared protective device or a silver wire using the test apparatus shown in Figure IE.1 or by the use of any other means producing the required I^2t and I_p values.

IE.2 Silver wires

For the purpose of verifying the minimum I^2t and I_p values to be withstood by the AFDD, in order to obtain reproducible test results, the SCPD, if any, may be a silver wire using the test apparatus shown in Figure IE.1.

For silver wires with at least 99,9 % purity, Table IE.1 gives an indication of the diameters according to the rated current I_n and the conditional short-circuit currents I_{nc} .

Table IE.1 – Indication of silver wire diameters as a function of rated currents and short-circuit currents

I_{nc}	I_n A					
	≤ 16	≤ 20	≤ 25	≤ 32	≤ 40	≤ 63
	Silver wire diameter ^a mm					
500	0,30	0,35	0,35	0,35		
1 000	0,30	0,35	0,40	0,50		
1 500	0,35	0,40	0,45	0,50	0,65	0,85
3 000	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,80
4 500	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,80
6 000	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,75
10 000	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,70

^a The silver wire diameter values are essentially based on peak current (I_p) considerations (see Table 18).

The silver wire shall be inserted in the appropriate position of the test apparatus shown in Figure IE.1, horizontally and stretched. The silver wire shall be replaced after each test.

IE.3 Declared protective devices

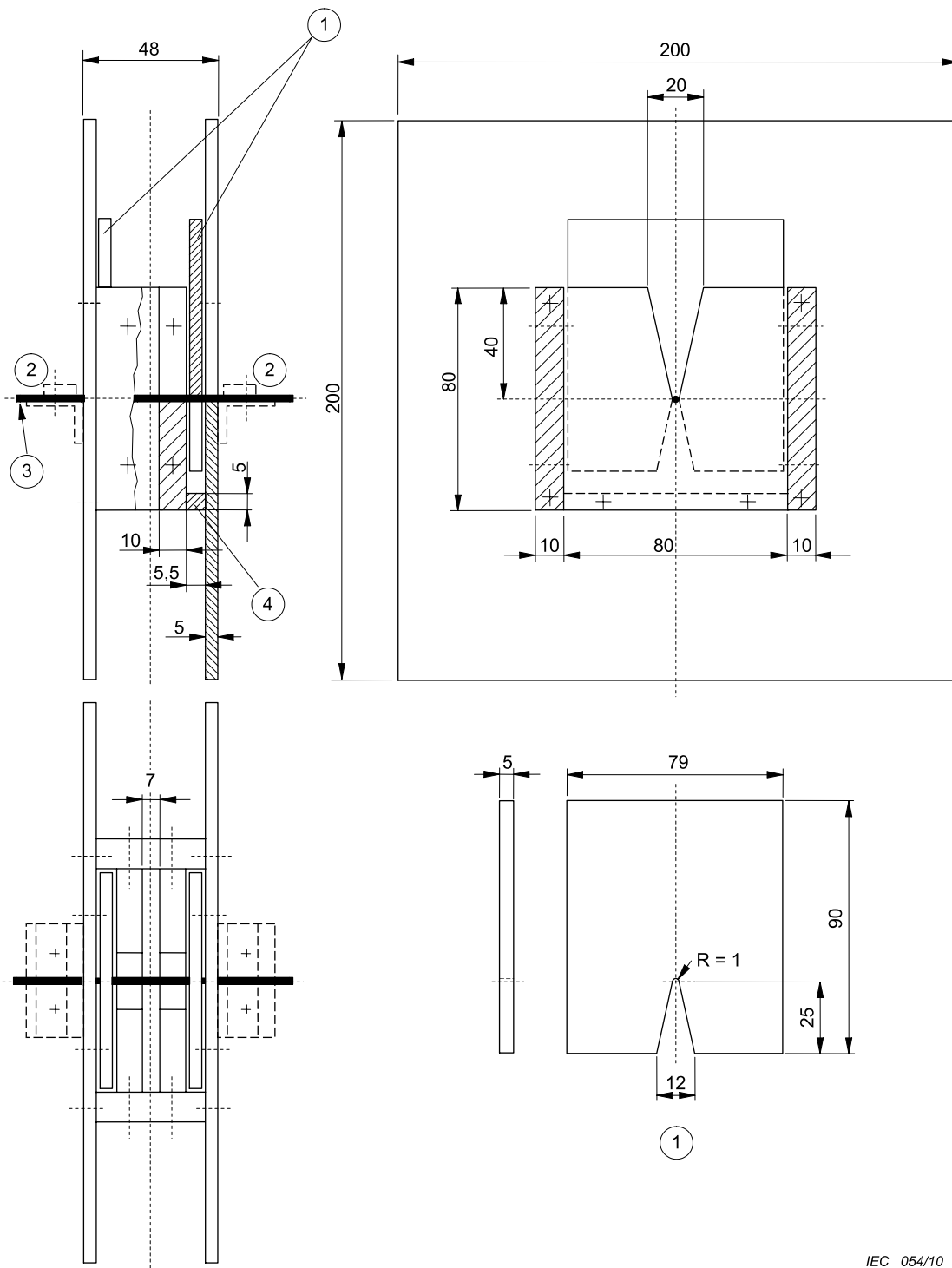
For the purpose of verifying the minimum I^2t and I_p values to be withstood by the AFDD, in order to obtain reproducible test results, the SCPD, if any, may be the declared protective device.

The rating of the declared protective device must not be smaller than the rating of the AFDD. Higher ratings of declared protective devices may be used to obtain the I^2t and I_p values of Table 18.

NOTE In case of fuse intermediate values can be achieved by adding fuses in parallel.

IE.4 Other means

Other means may be used provided that the values of Table 18 are fulfilled.



IEC 054/10

Key

- 1 Gliding plate
- 2 Terminal
- 3 Silver wire
- 4 Stop for gliding plate

Figure IE-1 – Test apparatus for the verification of the minimum I^2t and I_p values to be withstood by the AFDD

Annex J (normative)

Particular requirements for AFDDs with screwless type terminals for external copper conductors

J.1 Scope

This annex applies to AFDDs within the scope of Clause 1, equipped with screwless terminals, for current not exceeding 20 A primarily suitable for connecting unprepared (see J.3.6) copper conductors of cross-section up to 4 mm².

NOTE In AT, CZ, DE, DK, NL, NO and CH the upper limit of current for use of screwless terminals is 16 A.

In this annex, screwless terminals are referred to as terminals and copper conductors are referred to as conductors.

J.2 Normative references

Clause 2 of this standard applies.

J.3 Terms and definitions

As a complement to Clause 3 of this standard, the following definitions apply for the purpose of this annex.

J.3.1 **clamping units**

parts of the terminal necessary for mechanical clamping and the electrical connection of the conductors including the parts which are necessary to ensure correct contact pressure

J.3.2 **screwless-type terminal**

terminal for the connection and subsequent disconnection obtained directly or indirectly by means of springs, wedges or the like

Note 1 to entry: Examples are given in Figure J.2.

J.3.3 **universal terminal**

terminal for the connection and disconnection of all types of conductors (rigid and flexible)

Note 1 to entry: In the following countries only universal screwless type terminals are accepted: AT, BE, CN, DK, DE, ES, FR, IT, PT, SE and CH.

J.3.4 **non-universal terminal**

terminal for the connection and disconnection of a certain kind of conductor only

EXAMPLE Rigid-solid conductors only or rigid-(solid or stranded) conductors only.

J.3.5 **push-wire terminal**

non-universal terminal in which the connection is made by pushing-in rigid (solid or stranded) conductors

J.3.6**unprepared conductor**

conductor which has been cut and the insulation of which has been removed over a certain length for insertion into a terminal

Note 1 to entry: A conductor the shape of which is arranged for introduction into a terminal or of which the strands are twisted to consolidate the end, is considered to be an unprepared conductor.

Note 2 to entry: The term "unprepared conductor" means conductor not prepared by soldering of the wire, use of cable lugs, formation of eyelets, etc., but includes its reshaping before introduction into the terminal or, in the case of flexible conductor, by twisting it to consolidate the end.

J.4 Classification

Clause 4 of this standard applies.

J.5 Characteristics of AFDDs

Clause 5 of this standard applies.

J.6 Marking

In addition to Clause 6 of this standard, the following requirements apply:

Universal terminals:

- no marking.

Non-universal terminals:

- terminals declared for rigid-solid conductors shall be marked by the letters "sol";
- terminals declared for rigid (solid and stranded) conductors shall be marked by the letter "r";
- terminals declared for flexible conductors shall be marked by the letter "f".

The markings should appear on the AFDD or, if the space available is not sufficient, on the smallest package unit or in technical information.

An appropriate marking indicating the length of insulation to be removed before insertion of the conductor into the terminal shall be shown on the AFDD.

The manufacturer shall also provide information, in his literature, on the maximum number of conductors which may be clamped.

J.7 Standard conditions for operation in service

Clause 7 of this standard applies.

J.8 Constructional requirements**J.8.1 General**

Clause 8 of this standard applies, with the following modifications.

In 8.2.5 only 8.2.5.1, 8.2.5.2, 8.2.5.3, 8.2.5.6 and 8.2.5.7 apply.

Compliance is checked by inspection and by the tests of J.9.1 and J.9.2 of this annex, instead of 9.4 and 9.5.

In addition the following requirements apply.

J.8.2 Connection or disconnection of conductors

The connection or disconnection of conductors shall be made

- by the use of a general purpose tool or by a convenient device integral with the terminal to open it and to assist the insertion or the withdrawal of the conductors (e.g. for universal terminals);

or, for rigid conductors

- by simple insertion. For the disconnection of the conductors an operation other than a pull on the conductor shall be necessary (e.g. for push-wire terminals).

Universal terminals shall accept rigid (solid or stranded) and flexible unprepared conductors.

Non-universal terminals shall accept the types of conductors declared by the manufacturer.

Compliance is checked by inspection and by the tests of J.9.1 and J.9.2.

J.8.3 Dimensions of connectable conductors

The dimensions of connectable conductors are given in Table J.1.

The ability to connect these conductors shall be checked by inspection and by the tests of J.9.1 and J.9.2.

Table J.1 – Connectable conductors

Connectable conductors and their theoretical diameter									
Metric					AWG				
Rigid			Flexible		Rigid			Flexible	
	Solid	Stranded				Solid ^a	Class B stranded ^a		Classes I, K, M, stranded ^b
mm ²	Ø mm	Ø mm	mm ²	Ø mm	gauge	Ø mm	Ø mm	gauge	Ø mm
1,0	1,2	1,4	1,0	1,5	18	1,02	1,16	18	1,28
1,5	1,5	1,7	1,5	1,8	16	1,29	1,46	16	1,60
2,5	1,9	2,2	2,5	2,3	14	1,63	1,84	14	2,08
4,0	2,4	2,7	4,0	2,9	12	2,05	2,32	12	2,70
NOTE Diameters of the largest rigid and flexible conductors are based on Table 1 of IEC 60228:2004, and, for AWG conductors, on ASTM B 172-71, and ICEA publications S-19-81, S-66-524 and S-68-516.									
^a Nominal diameter + 5 %.									
^b Largest diameter + 5 % for any of the three classes I, K and M.									

J.8.4 Connectable cross-sectional areas

The nominal cross-sections to be clamped are defined in Table J.2.

Table J.2 – Cross-sections of copper conductors connectable to screwless-type terminals

Rated current A	Nominal cross-sections to be clamped mm ²
Up to and including 13	1 up to and including 2,5
Above 13 up to and including 20	1,5 up to and including 4

Compliance is checked by inspection and by the tests in J.9.2 and J.9.3.

J.8.5 Insertion and disconnection of conductors

The insertion and disconnection of the conductors shall be made in accordance with the manufacturer's instructions.

Compliance is checked by inspection.

J.8.6 Design and construction of terminals

Terminals shall be so designed and constructed that:

- each conductor is clamped individually;
- during the operation of connection or disconnection the conductors can be connected or disconnected either at the same time or separately;
- inadequate insertion of the conductor is avoided.

It shall be possible to clamp securely any number of conductors up to the maximum provided for.

Compliance is checked by inspection and by the tests of J.9.2 and J.9.3.

J.8.7 Resistance to ageing

The terminals shall be resistant to ageing.

Compliance is checked by the test of J.9.4.

J.9 Tests**J.9.1 General**

Clause 9 of this standard applies, by replacing 9.4 and 9.5 by the following tests:

J.9.2 Test of reliability of screwless terminals**J.9.2.1 Reliability of screwless system**

The test is carried out on three terminals of poles of new samples, with copper conductors of the rated cross sectional area in accordance with Table J.2. The types of conductors shall be in accordance with J.8.2.

The connection and subsequent disconnection shall be made five times with the smallest diameter conductor and successively five times with the largest diameter conductor.

New conductors shall be used each time, except for the fifth time, when the conductor used for the fourth insertion is clamped at the same place. Before insertion into the terminal, wires of stranded rigid conductors shall be re-shaped and wires of flexible conductors shall be twisted to consolidate the ends.

For each insertion, the conductors are either pushed as far as possible into the terminal or shall be inserted so that adequate connection is obvious.

After each insertion, the conductor being inserted is rotated 90° along its axis at the level of the clamped section and subsequently disconnected.

After these tests, the terminal shall not be damaged in such a way as to impair its further use.

J.9.2.2 Test of reliability of connection

Three terminals of poles of new samples are fitted with new copper conductors of the type and of the rated cross sectional area according to Table J.2.

The types of conductors shall be in accordance with J.8.2.

Before insertion into the terminal, wires of stranded rigid conductors and flexible conductors shall be reshaped and wires of flexible conductors shall be twisted to consolidate the ends.

It shall be possible to fit the conductor into the terminal without undue force in the case of universal terminals and with the force necessary by hand in the case of push-wire terminals.

The conductor is either pushed as far as possible into the terminal or shall be inserted so that adequate connection is obvious.

After the test, no wire of the conductor shall have escaped outside the terminal.

J.9.3 Tests of reliability of terminals for external conductors: mechanical strength

For the pull-out test three terminals of poles of new samples are fitted with new conductors of the type and of the minimum and maximum cross-sectional areas according to Table J.2.

Before insertion into the terminal, wires of stranded rigid conductors and flexible conductors shall be reshaped and wires of flexible conductors shall be twisted to consolidate the ends.

Each conductor is then subjected to a pull force of the value shown in Table J.3. The pull is applied without jerks for 1 min in the direction of the axis of the conductor.

Table J.3 – Pull forces

Cross-sectional area mm ²	Pull force N
1,0	35
1,5	40
2,5	50
4,0	60

During the test the conductor shall not slip out of the terminal.

J.9.4 Cycling test

The test is made with new copper conductors having cross section according to Table 12.

The test is carried out on new samples (a sample is one pole), the number of which is defined below, according to the type of terminals:

- universal terminals for rigid (solid and stranded) and flexible conductors: 3 samples each (6 samples in total);
- non-universal terminals for solid conductors only: 3 samples;
- non-universal for rigid (solid and stranded) conductors: 3 samples each (6 samples);

NOTE In case of rigid conductors, solid conductors can be used (if solid conductors are not available in a given country, stranded conductors can be used).

- non-universal for flexible conductors only: 3 samples.

A conductor having the cross section defined in Table 12 is connected in series as in normal use to each of the three samples as defined on Figure J.1.

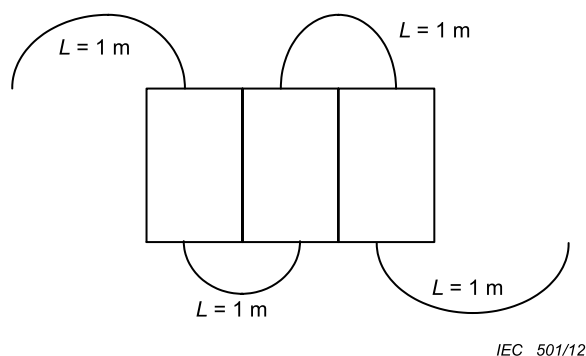


Figure J.1 – Connecting samples

The sample is provided with a hole (or equivalent) in order to measure the voltage drop on the terminal.

The whole test arrangement, including the conductors, is placed in a heating cabinet which is initially kept at a temperature of $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

To avoid any movement of the test arrangement until all the following voltage drop tests have been completed it is recommended that the poles are fixed on a common support.

Except during the cooling period, a test current corresponding to the rated current of the circuit breaker is applied to the circuit.

The samples shall be then subjected to 192 temperature cycles, each cycle having a duration of approximately 1 h, as follows:

The air temperature in the cabinet is raised to $40 ^\circ\text{C}$ in approximately 20 min. It is maintained within $\pm 5 ^\circ\text{C}$ of this value for approximately 10 min.

The samples are then allowed to cool down in approximately 20 min to a temperature of approximately $30 ^\circ\text{C}$, forced cooling being allowed. They are kept at this temperature for

approximately 10 min and, if necessary for measuring the voltage drop, allowed to cool down further, to a temperature of $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

The maximum voltage drop, measured at each terminal, at the end of the 192nd cycle, with the nominal current shall not exceed the smaller of the two following values:

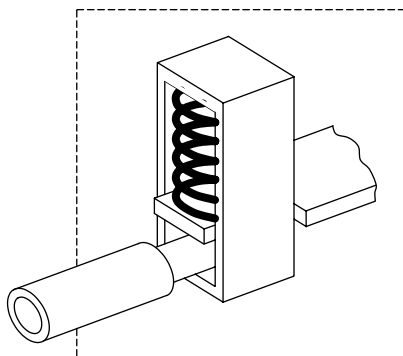
- either 22,5 mV,
- or 1,5 times the value measured after the 24th cycle.

The measurement shall be made as near as possible to the area of contact on the terminal.

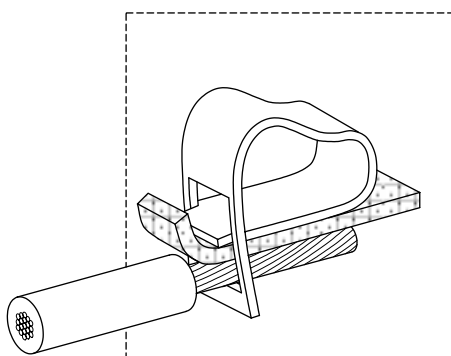
If the measuring points cannot be positioned closely to the point of contact, the voltage drop within the part of the conductor between the ideal and the actual measuring points shall be deducted from the voltage drop measured.

The temperature in the heating cabinet must be measured at a distance of at least 50 mm from the samples.

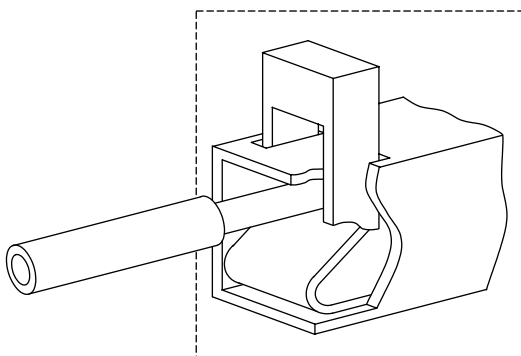
After this test an inspection with the naked eye, by normal or corrected vision, without additional magnification, shall show no changes evidently impairing further use, such as cracks, deformations or the like.



Screwless-type terminal with indirect pressure



Screwless-type terminal with direct pressure



Screwless-type terminal with actuating element

IEC 502/12

Figure J.2 – Examples of screwless-type terminals

J.10 Reference documents

IEC 60228:2004, *Conductors of insulated cables*

IEC 60998-1:2002, *Connecting devices for low voltage circuits for household and similar purposes – Part 1: General requirements*

IEC 60998-2-2:2002, *Connecting devices for low-voltage circuits for household and similar purposes – Part 2-2: Particular requirements for connecting devices as separate entities with screwless-type clamping units*

IEC 60999 (all parts), *Connecting devices – Electrical copper conductors – Safety requirements for screw-type and screwless-type clamping units*

Annex K (normative)

Particular requirements for AFDDs with flat quick-connect terminations

K.1 Scope

This annex applies to AFDDs within the scope of Clause 1 of this standard, equipped with flat quick-connect terminations consisting of a male tab (see K.3.2) with nominal width 6,3 mm and thickness 0,8 mm, to be used with a mating female connector for connecting electrical copper conductors according to the manufacturer's instructions, for rated currents up to and including 16 A.

NOTE The use of AFDDs with flat quick-connect terminations for rated currents up to and including 20 A is accepted in BE, FR, IT, ES, PT and US.

The connectable electrical copper conductors are flexible, having a cross-sectional area up to and including 4 mm², or rigid stranded, having a cross-sectional area up to and including 2,5 mm² (AWG equal to or greater than 12).

This annex applies exclusively to AFDDs having male tabs as an integral part of the device.

K.2 Normative references

As a complement to Clause 2 of this standard, the following normative reference applies:

IEC 61210, *Connecting devices – Flat quick-connect terminations for electrical copper conductors – Safety requirements*

K.3 Terms and definitions

As a complement to Clause 3 of this standard, the following definitions apply for the purpose of this annex.

K.3.1

flat quick-connect termination

electrical connection consisting of a male tab and a female connector which can be pushed into and withdrawn with or without the use of a tool

K.3.2

male tab

portion of a quick-connect termination which receives the female connector

K.3.3

female connector

portion of a quick-connect termination which is pushed onto the male tab

K.3.4

detent

dimple (depression) or hole in the male tab which engages a raised portion on the female connector to provide a latch for the mating parts.

K.4 Classification

Clause 4 of this standard applies.

K.5 Characteristics of AFDDs

Clause 5 of this standard applies.

K.6 Marking

The whole of Clause 6 of this standard applies, with the following addition after the lettered item k).

The following information regarding the female connector according to IEC 61210 and the type of conductor to be used shall be given in the manufacturers' instructions:

- k) manufacturer's name or trade mark;
- l) type reference;
- m) information on cross-sections of conductors and colour code of insulated female connectors (see Table K.1 below);
- n) the use of only silver or tin-plated copper alloys.

**Table K.1 – Informative table on colour code of female connectors
in relationship with the cross section of the conductor**

Cross-section of the conductor mm ²	Colour code of the female connector
1	Red
1,5	Red or blue
2,5	Blue or yellow
4	Yellow

K.7 Standard conditions for operation in service

Clause 7 of this standard applies.

K.8 Constructional requirements

K.8.1 General

Clause 8 of this standard applies, with the following exceptions:

Replace 8.2.3 by:

K.8.2 Clearances and creepage distances (see Annex B)

8.2.3 applies, the female connectors being fitted to the male tabs of the AFDD.

Replace 8.2.5 by:

K.8.3 Terminals for external conductors

K.8.3.1 Male tabs and female connectors shall be of a metal having mechanical strength, electrical conductivity and resistance to corrosion adequate for their intended use.

NOTE Silver or tin plated copper alloys are examples of suitable solutions.

K.8.3.2 The nominal width of the male tab is 6,3 mm and the thickness 0,8 mm, applicable to rated currents up to and including 16 A.

NOTE The use for rated currents up to and including 20 A is accepted in BE, FR, IT, PT, ES and US.

The dimensions of the male tab shall comply with those specified in Table K.3 and in Figures K.2, K.3, K.4 and K.5, where the dimensions A, B, C, D, E, F, J, M, N and Q are mandatory.

The dimensions of the female connector which may be fitted-on are given in Figure K.6 and in Table K.4.

NOTE 2 The shapes of the various parts can deviate from those given in the Figures, provided that the specified dimensions are not influenced and the test requirements are complied with, for example: corrugated tabs, folded tabs, etc.

Compliance is checked by inspection and by measurement.

K.8.3.3 Male tabs shall be securely retained.

Compliance is checked by the mechanical overload test in K.9.2.

K.9 Tests

K.9.1 General

Clause 9 of this standard applies, with the following modifications:

Replace 9.5 by:

K.9.2 Mechanical overload-force

This test is carried out on 10 terminals of AFDDS, mounted as in normal use when wiring takes place.

The axial push force, and successively the axial pull force specified in the following Table K.2, are gradually applied to the male tab integrated in the AFDD, once only with a suitable test apparatus.

Table K.2 – Overload test forces

Push N	Pull N
96	88

No damage which could impair further use shall occur to the tab or to the AFDD in which the tab is integrated.

Addition to 9.8.3:

Fine-wire thermocouples shall be placed in such a way as not to influence the contact or the connection area. An example of placement is shown in Figure K.1.

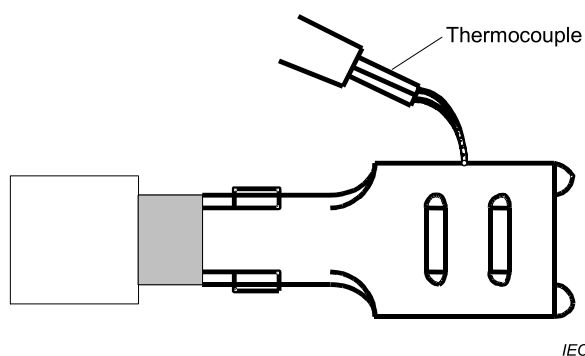
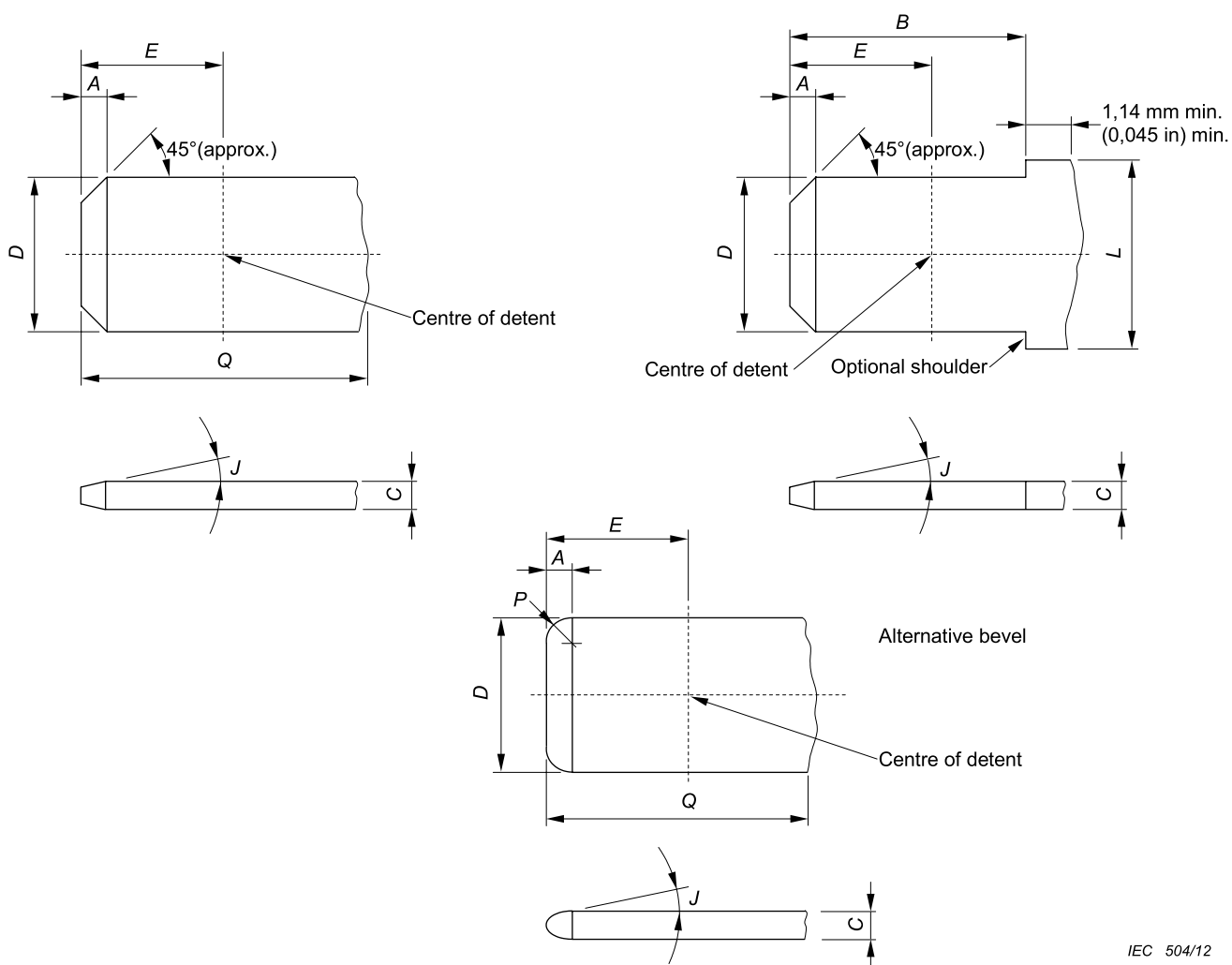


Figure K.1 – Example of position of the thermocouple for measurement of the temperature-rise

Table K.3 – Dimensions of tabs

Dimensions in millimetres

Nominal size		A	B min	C	D	E	F	J	M	N	P	Q min
6,3 × 0,8	Dimple	1,0		0,84	6,40	4,1	2,0	12°	2,5	2,0	1,8	
		0,7	7,8	0,77	6,20	3,6	1,6	8°	2,2	1,8	0,7	8,9
	Hole	1,0		0,84	6,40	4,7	2,0	12			1,8	
		0,5	7,8	0,77	6,20	4,3	1,6	8°			0,7	8,9
NOTE 1 For the dimensions A to Q refer to Figures K.2 to K.5.												
NOTE 2 Where two values are shown in one column, they give the maximum and the minimum dimension.												



NOTE 1 Bevel A of 45° need not be a straight line if it is within the confines shown.

NOTE 2 Dimension L is not specified and can vary by the application (for example fixing).

NOTE 3 Dimension C of tabs may be produced from more than one layer of material provided that the resulting tab complies in all respects with the requirements of this standard.

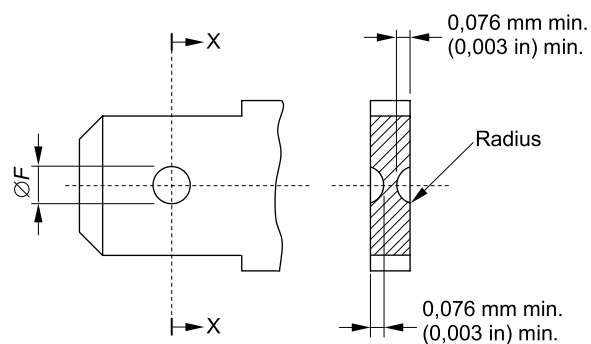
A radius on the longitudinal edge of the tab is permissible.

NOTE 4 The sketches are not intended to govern the design except with regard to the dimensions shown.

NOTE 5 The thickness C of the male tab can vary beyond Q or beyond $B + 1,14 \text{ mm}$ (0,045 in).

NOTE 6 All portions of the tabs are flat and free of burrs or raised plateaus, except that there may be a raised plateau over the stock thickness of 0,025 mm (0,001 in) per side, in an area defined by a line surrounding the detent and distant from it by 1,3 mm (0,051 in).

Figure K.2 – Dimensions of male tabs

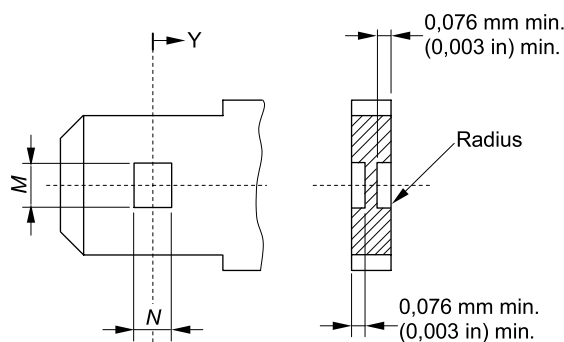


Section X-X

IEC 505/12

Detent shall be located within 0,076 mm (0,003 in) of the centre-line of the tab.

Figure K.3 – Dimensions of round dimple detents (see Figure K.2)

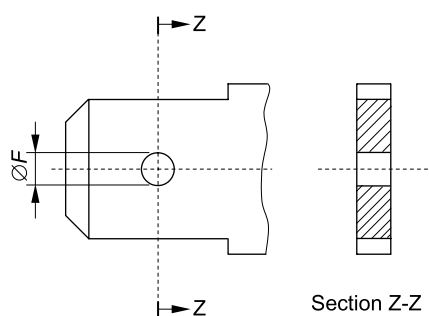


Section Y-Y

IEC 506/12

Detent shall be located within 0,13 mm (0,005 in) of the centre-line of the tab.

Figure K.4 – Dimensions of rectangular dimple detents (see Figure K.2)

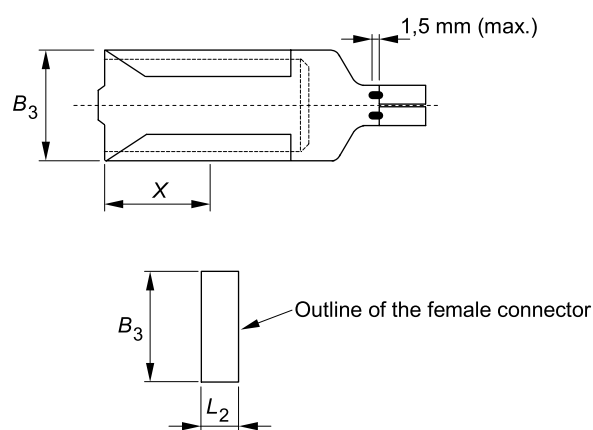


Section Z-Z

IEC 507/12

Detent shall be located within 0,076 mm (0,003 in) of the centre-line of the tab.

Figure K.5 – Dimensions of hole detents



IEC 508/12

Dimensions B_3 and L_2 are mandatory.

NOTE 1 For determining female connector dimensions varying from B_3 and L_2 it is necessary to refer to the tab dimensions in order to ensure that in the most onerous conditions the engagement (and detent, if fitted) between tab and female connector is correct.

NOTE 2 If a detent is provided, the dimension X is at manufacturer's discretion in order to meet the requirements of the performance clauses.

NOTE 3 Female connectors should be so designed that undue insertion of the conductor into the crimping area is visible or prevented by a stop in order to avoid any interference between the conductor and a fully inserted tab.

NOTE 4 The sketches are not intended to govern the design except as regards the dimensions shown.

Figure K.6 – Dimensions of female connectors

Table K.4 – Dimensions of female connectors

Tab size mm	Dimensions of female connector mm	
	B_3 max	L_2 max
6,3 × 0,8	7,80	3,50

Annex L

(normative)

Specific requirements for AFDDs with screw-type terminals for external untreated aluminium conductors and with aluminium screw-type terminals for use with copper or with aluminium conductors

L.1 Scope

This annex applies to AFDDs within the scope of this standard, equipped with screw-type terminals of copper – or of alloys containing at least 58 % of copper (if worked cold) or at least 50 % of copper (if worked otherwise), or of other metal or suitably coated metal, no less resistant to corrosion than copper and having mechanical properties no less suitable – for use with untreated aluminium conductors, or with screw-type terminals of aluminium material for use with copper or aluminium conductors.

In this annex copper-clad and nickel-clad aluminium conductors are considered as aluminium conductors.

NOTE In AT, AU and DE, the use of aluminium screw-type terminals for use with copper conductors is not allowed.

- In AT, CH and DE, terminals for aluminium conductors only are not allowed.
- In SP, the use of aluminium conductors is not allowed for final circuits in household and similar installations e.g. offices, shops.
- In DK, the minimum cross-sectional area for aluminium conductors is 16 mm².

L.2 Normative references

Clause 2 of this standard applies.

L.3 Terms and definitions

As a complement to Clause 3 of this standard, the following definitions apply for the purpose of this annex.

L.3.1

treated conductor

contact area of a conductor that has had its oxide layer on the outside strands scraped away and/or has had a compound added to improve connectability and/or prevent corrosion

L.3.2

untreated/unprepared conductor

conductor which has been cut and the insulation of which has been removed for insertion into a terminal

Note 1 to entry: A conductor, the shape of which is arranged for introduction into a terminal or the strands of which are twisted to consolidate the end, is considered to be an unprepared conductor.

L.3.3

equalizer

arrangement used in the test loop to ensure an equipotentiality point and uniform current density in a stranded conductor, without adversely affecting the temperature of the conductor(s)

L.3.4

reference conductor

continuous length of the same type and size conductor as that used in the terminal unit under test and connected in the same series circuit

Note 1 to entry: It enables the reference temperature and, if required, reference resistance to be determined

L.3.5

stability factor

S_f

measure of temperature stability of a terminal unit during the current cycling test

L.4 Classification

Clause 4 of this standard applies.

L.5 Characteristics of AFDDs

Clause 5 of this standard applies.

L.6 Marking

In addition to Clause 6 of this standard, the following requirements apply:

The terminal marking defined in Table L.1 shall be marked on the AFDD, near the terminals.

The other information concerning the number of conductors, the screw torque values (if different from Table 12) and the cross-sections shall be indicated on the AFDD.

Table L.1 – Marking for terminals

Conductor types accepted	Marking
Copper only	None
Aluminium only	Al
Aluminium and copper	Al/Cu

The manufacturer shall state in his catalogue that, for the clamping of an aluminium conductor the tightening torque shall be applied with appropriate means.

L.7 Standard conditions for operation in service

Clause 7 of this standard applies.

L.8 Constructional requirements

Clause 8 of this standard applies, with the following exceptions:

8.2.5.2 is completed by:

For the connection of aluminium conductors, AFDDs shall be provided with screw-type terminals allowing the connection of conductors having nominal cross-sections as shown in Table L.2.

Terminals for the connection of aluminium conductors and terminals of aluminium for the connection of copper or aluminium conductors shall have mechanical strength adequate to withstand the tests in 9.4, with the test conductors tightened with the torque indicated in Table 13, or with the torque specified by the manufacturer, which shall never be lower than that specified in Table 13.

**Table L.2 – Connectable cross-sections of aluminium conductors
for screw-type terminals**

Rated Current ^a A	Range of nominal cross-sections ^b to be clamped mm ²
Up to and including 13	1 to 4
Above 13 up to and including 16	1 to 6
Above 16 up to and including 25	1,5 to 10
Above 25 up to and including 32	2,5 to 16
Above 32 up to and including 50	4 to 25
Above 50 up to and including 80	10 to 35
Above 80 up to and including 100	16 to 50
Above 100 up to and including 125	25 to 70
^a It is required that, for current ratings up to and including 50 A, terminals be designed to clamp solid conductors as well as rigid stranded conductors; the use of flexible conductors is permitted. Nevertheless, it is permitted that terminals for conductors having cross-sections from 1 mm ² up to 10 mm ² be designed to clamp solid conductors only.	
^b Maximum wire sizes of Table 7, increased according to Table D.2 of IEC 61545:1996.	

Compliance is checked by inspection, by measurement and by fitting in turn one conductor of the smallest and one of the largest cross-section areas as specified.

8.1.5.4 *The text of 8.2.5.4 is replaced by:*

Terminals shall allow the conductors to be connected without special preparation.

Compliance is checked by inspection and the tests of L.9.

L.9 Tests

L.9.1 General

Clause 9 of this standard applies, with the following modifications/additions:

For the tests which are influenced by the material of the terminal and the type of conductor that can be connected, the test conditions of Table L.3 are applied.

Additionally, the test of L.9.3 is carried out on terminals separated from the AFDD.

Table L.3 – List of tests according to the material of conductors and terminals

Material of terminals		Material according to 8.1.4.4 ^a	Al ^a	
Material of conductor (Table L.1)		Al Use Tables L.2 and L.5	Cu Use Tables 6 and 10	Al Use Tables L.2 and L.5
9.4	Reliability of screws	Use Tables L.2, L.5 and 13	Use Tables 6, 10 and 13	Use Tables L.2, L.5 and 13
9.5.1	Pull-out test ^b	Use Tables L.2, L.5 and 13	Use Tables 8, 12 and 13	Use Tables L.2, L.5 and 13
9.5.2	Damage of the conductor	Use Tables L.2, L.5 and 13	Use Tables 8, 12 and 13	Use Tables L.2, L.5 and 13
9.5.3	Insertion of the conductor	Use Table L.4	Use Table 15	Use Table L.4
9.8	Temperature rise	Use Table L.5	Use Table 12	Use Table L.5
9.19	Verification of reliability	Use Table L.5	Use Table 12	Use Table L.5
L.9.3	Cycling test	Use Table 13	Use Table 13	Use Table 13
^a Use test sequences A and B and number of samples defined in Annex C. For AFDDs which are able to be connected to Al or Cu conductors, the test sequences and number of samples have to be doubled (one for the Cu conductor and one for the Al conductor)				
^b For the pull-out test 9.5.1, the value for 70 mm ² wire is under consideration.				

Table L.4 – Connectable conductors and their theoretical diameters

Metric					AWG				
Rigid			Flexible (copper only)		Rigid			Flexible (copper only)	
S	Solid	Stranded	S			Solid ^a	Class B stranded ^a		Classes ^b I, K, M stranded
mm ²	Ø mm	Ø mm	mm ²	Ø mm	Gauge	Ø mm	Ø mm	Gauge	mm
1,0	1,2	1,4	1,0	1,5	18	1,07	1,23	18	1,28
1,5	1,5	1,7	1,5	1,8	16	1,35	1,55	16	1,50
2,5	1,9	2,2	2,5	2,3 ^c	14	1,71	1,95	14	2,08
4,0	2,4	2,7	4,0	2,9 ^c	12	2,15	2,45	12	2,70
6,0	2,9	3,3	4,0	2,9 ^c	10	2,72	3,09		
10,0	3,7	4,2	6,0	3,9	8	3,43	3,89	10	3,36
16,0	4,6	5,3	10,0	5,1	6	4,32	4,91	8	4,32
25,0		6,6	16,0	6,3	4	5,45	6,18	6	5,73
35,0		7,9	25,0	7,8	2	6,87	7,78	4	7,25
					1	7,72	8,85		
50,0		9,1	35	9,2	0	8,51	9,64		12,08
70,0		12,0	50	12	0	9,266	10,64		
NOTE Diameters of the largest rigid and flexible conductors are based on IEC 60228:2004, Table 1 and, for AWG conductors, on ASTM B 172-71, ICEA S-19-81, ICEA S-66-524, ICEA S-68-516.									
^a Nominal diameter + 5 %.									
^b Largest diameter + 5 % for any of the three classes I, K, M.									
^c Dimensions for class 5 flexible conductors only, according to IEC 60228.									

L.9.2 Test conditions

Subclause 9.1 of this standard applies, except that the Al conductors to be connected are taken from Table L.5.

Table L.5 – Cross sections (S) of aluminium test conductors corresponding to the rated currents

S mm ²	I _n A
1,5	$I_n \leq 6$
2,5	$6 < I_n \leq 13$
4	$13 < I_n \leq 20$
6	$20 < I_n \leq 25$
10	$25 < I_n \leq 32$
16	$32 < I_n \leq 50$
25	$50 < I_n \leq 63$
35	$63 < I_n \leq 80$
50	$80 < I_n \leq 100$
70	$100 < I_n \leq 125$

L.9.3 Current cycling test**L.9.3.1 General**

This test verifies the stability of the screw-type terminal by comparing the temperature performance with that of the reference conductor under accelerated cycling conditions.

This test is carried out on separate terminals.

L.9.3.2 Preparation

The test is performed on four specimens, each one made by a couple of terminals, assembled in a manner which represents the use of the terminals in the AFDD (see examples shown in Figures L.2 to L.6). The screw-type terminals which have been removed from the product shall be attached to the conducting parts of the same cross-section, shape, metal and finish as that on which they are mounted on the product. The screw-type terminals shall be fixed to the conducting parts in the same manner (position, torque, etc.) as on the product. If one specimen fails during the test, four other specimens shall be tested and no other failures are admitted.

L.9.3.3 Test arrangement

The general arrangement of the samples shall be as shown in Figure L.1.

Ninety per cent of the value of torque stated by the manufacturer or, if not stated, selected in Table 13 shall be used for the test specimens.

The test is carried out with conductors according to Table L.5. The length of the test conductor from the point of entry to the screw-type terminal specimens to the equalizer (see L.3.3) shall be as in Table L.6.

Table L.6 – Test conductor length

Conductor cross section mm ²	Conductor wire size AWG	Minimum conductor length mm
$S \leq 10,0$	≤ 8	200
$16,0 \leq S \leq 25,0$	6 to 3	300
$35,0 \leq S \leq 70,0$	2 to 00	460

Test conductors are connected in series with a reference conductor of the same cross-section.

The length of the reference conductor shall be approximately at least twice the length of the test conductor.

Each free end of the test and reference conductor(s) not connected to a screw-type terminal specimen shall be welded or brazed to a short length of an equalizer of the same material as the conductor and of cross section not greater than that given in Table L.7. All strands of the conductor shall be welded or brazed to make an electrical connection with the equalizer.

Tool-applied compression type terminations without welding may be used for the equalizer if acceptable to the manufacturer and if the same performance is provided.

Table L.7 – Equalizer and busbar dimensions

Range of test current A	Maximum cross section mm ²	
	Al	Cu
0 – 50	45	45
51 – 125	105	85
126 – 225	185	155

The separation between the test and reference conductors shall be at least 150 mm.

The test specimen shall be suspended either horizontally or vertically in free air by supporting the equalizer or busbar by non-conductive supports so as not to subject the screw-type terminal to a tensile load. Thermal barriers shall be installed midway between the conductors which shall extend $25 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ widthways and $150 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ lengthways beyond the screw-type terminals (see Figure L.1). Thermal barriers are not required provided the specimens are separated by at least 450 mm. The specimens shall be located at least 600 mm from the floor, wall or ceiling.

The test specimens shall be located in a substantially vibration-free and draught-free environment and at an ambient temperature between 20 °C and 25 °C. Once the test is started, the maximum permissible variation is $\pm 1 \text{ K}$ provided the range limitation is not exceeded.

L.9.3.4 Temperature measurement

Temperature measurements are made by means of thermocouples, using a wire having a cross-section of not more than $0,07 \text{ mm}^2$ (approximately 30 AWG).

For screw-type terminals, the thermocouple shall be located on the conductor entry side of the screw-type terminal, close to the contact interface.

For the reference conductor, the thermocouples shall be located midway between the ends of the conductor, and under its insulation.

Positioning of the thermocouples shall not damage the screw-type terminal or the reference conductor.

NOTE 1 Drilling of a small hole and subsequent fastening of the thermocouple is an acceptable method, provided that the performance is not affected and that it is agreed by the manufacturer.

The ambient temperature shall be measured with two thermocouples in such a manner as to achieve an average and stable reading in the vicinity of the test loop without undue external influence. The thermocouples shall be located in a horizontal plane intersecting the specimens, at a minimum distance of 600 mm from them.

NOTE 2 A satisfactory method for achieving a stable measurement is, for example, to attach the thermocouple to unplated copper plates approximately 50 mm × 50 mm, having a thickness between 6 mm and 10 mm.

L.9.3.5 Test method and acceptance criteria

NOTE 1 Evaluation of performance is based on both the limit of screw-type terminal temperature rise and the temperature variation during the test.

The test loop shall be subjected to 500 cycles of 1 h current-on and 1 h current-off, starting at an a.c. current equal to 1,12 times the test current value determined in Table L.8. Near the end of each current-on period of the first 24 cycles, the current shall subsequently be adjusted to raise the temperature of the reference conductor to 75 °C.

At the 25th cycle the test current shall be adjusted for the last time and the stable temperature shall be recorded as the first measurement. There shall be no further adjustment of the test current for the remainder of the test.

Temperatures shall be recorded for at least one cycle of each working day, and after approximately 25, 50, 75, 100, 125, 175, 225, 275, 350, 425, and 500 cycles.

The temperature shall be measured during the last 5 min of the current-on time. If the size of the set of test specimens or the speed of the data acquisition system is such that not all measurements can be completed within 5 min, the current-on time shall be extended as necessary to complete such measurements.

After the first 25 cycles the current-off time may be reduced to a time 5 min longer than the time necessary to all terminal assemblies for cooling down to a temperature between ambient temperature T_a and $T_a + 5$ K during the current-off period. Forced-air cooling may be employed to reduce the off time, if acceptable to the manufacturer. In that case it shall be applied to the entire test loop and the resulting temperature of the forced air shall not be lower than the ambient air temperature.

The stability factor S_f for each of the 11 temperature measurements is to be determined by subtracting the average temperature deviation D from the 11 values of the temperature deviation d .

The temperature deviation d for the 11 individual temperature measurements is obtained by subtracting the associated reference conductor temperature from the screw-type terminal temperature.

NOTE 2 The value of d is positive if the screw-type temperature is higher than that of the reference conductor and negative if it is lower.

For each screw-type terminal

- the temperature rise shall not exceed 110 K;

– the stability factor S_f shall not exceed $\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

An example of calculation for one screw-type terminal is given in Table L.9.

Table L.8 – Test current as a function of rated current

Metric sizes			AWG		
Rated current	Al conductor size	Test current	Rated current	Al conductor size	Test Current
A	mm ²	A	A	N°	A
$0 \leq I_n \leq 15$	2,5	26	$0 < I_n \leq 15$	12	30
$15 < I_n \leq 20$	4	35	$15 < I_n \leq 25$	10	40
$20 < I_n \leq 25$	6	46	$25 < I_n \leq 40$	8	53
$25 < I_n \leq 32$	10	60	$40 < I_n \leq 50$	6	69
$32 < I_n \leq 50$	16	79	$50 < I_n \leq 65$	4	99
$50 < I_n \leq 65$	25	99	$65 < I_n \leq 75$	3	110
$65 < I_n \leq 80$	35	137	$75 < I_n \leq 90$	2	123
$80 < I_n \leq 100$	50	171	$90 < I_n \leq 100$	1	152
$100 < I_n \leq 125$	70	190	$100 < I_n \leq 120$	0	190

Table L.9 – Example of calculation for determining the average temperature deviation D

Temperature measurement	Cycle Number	Temperatures		Temperature deviation $d = a - b$ K	Stability factor $S_f = d - D$ K
		Screw-type terminal a $^{\circ}\text{C}$	Reference conductor b $^{\circ}\text{C}$		
1	25	79	78	1	0,18
2	50	80	77	3	2,18
3	75	78	78	0	-0,82
4	100	76	77	-1	-1,82
5	125	77	77	0	-0,82
6	175	78	77	1	0,18
7	225	79	76	3	2,18
8	275	78	76	2	1,18
9	350	77	78	-1	-1,82
10	425	77	79	-2	-2,82
11	500	81	78	3	2,18

$$\text{Average temperature deviation } D = \frac{\sum d}{\text{number of measurements}} = \frac{9}{11} = 0,82$$

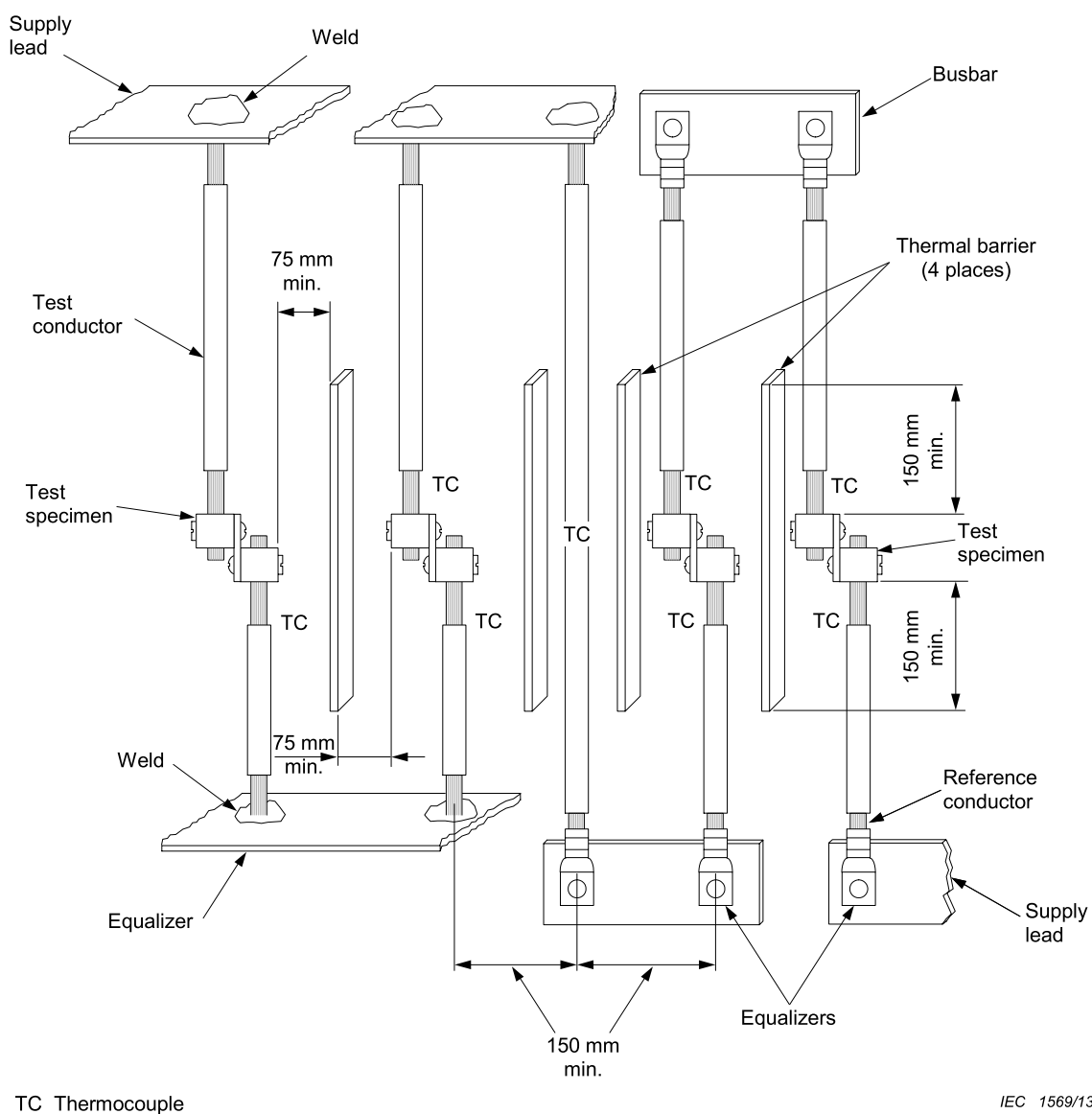
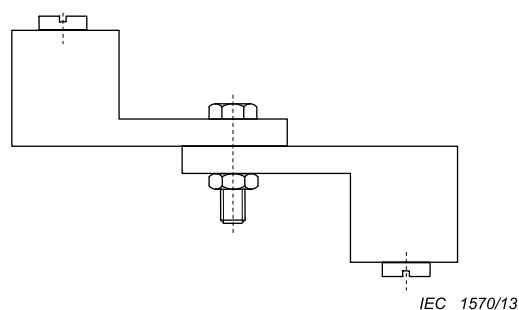


Figure L.1 – General arrangement for the test



The conducting part may be bolted, soldered or welded.

Figure L.2 – Example for the use of the terminals in the AFDD

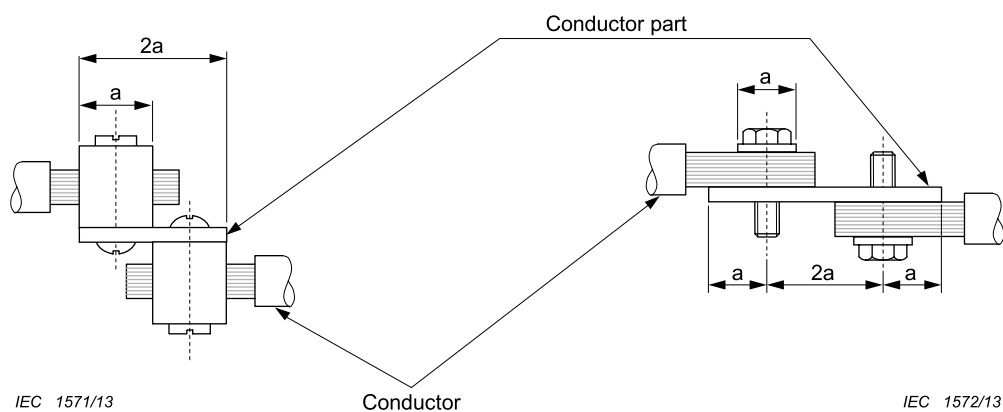


Figure L.3 – Example for the use of the terminals in the AFDD

Figure L.4 – Example for the use of the terminals in the AFDD

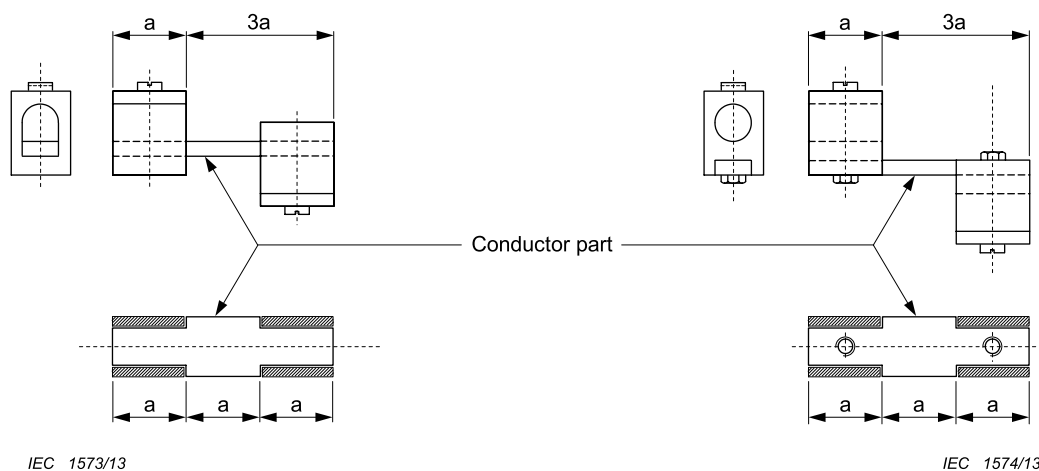


Figure L.5 – Example for the use of the terminals in the AFDD

Figure L.6 – Example for the use of the terminals in the AFDD

Bibliography

IEC 60038, *IEC Standard voltages*

IEC 60060-2, *High-voltage test techniques – Part 2: Measuring systems*

IEC 60112:2003, *Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials*

IEC 60227-1, *Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V – Part 1: General requirements*

IEC 60269-1:2006, *Low-voltage fuses – Part 1: General requirements*

IEC 60364-5-53:2001, *Electrical installations of buildings – Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment – Isolation, switching and control*

IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams*

IEC/TR 60664-2-1, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 2-1: Application guide – Explanation of the application of the IEC 60664 series, dimensioning examples and dielectric testing*

IEC 60664-3, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 3: Use of coating, potting or moulding for protection against pollution*

IEC 60664-5, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 5: Comprehensive method for determining clearances and creepage distances equal to or less than 2 mm*

IEC 60695-2-11:2000, *Fire hazard testing – Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire flammability test method for end-products*

IEC 60884-1, *Plugs and socket-outlets for household and similar purposes – Part 1: General requirements*

IEC 61000-3-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-2: Limits – Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)*

IEC 61000-4-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test*

IEC 61000-4-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

IEC 61000-4-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test*

IEC 61000-4-5:2005, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test*

IEC 61000-4-6, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*

IEC 61000-4-16:1998, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-16: Testing and measurement techniques – Test for immunity to conducted, common mode disturbances in*

the frequency range 0 Hz to 150 kHz

Amendment 1:2001

Amendment 2:2009

IEC 61210, *Connecting devices – Flat quick-connect terminations for electrical copper conductors – Safety requirements*

IEC 61545:1996, *Connecting devices – Devices for the connection of aluminium conductors in clamping units of any material and copper conductors in aluminium bodied clamping units*

ASTM D785-08, *Standard Test Method for Rockwell Hardness of Plastics and Electrical Insulating Materials*

BS 1363-1:1995, *13 A plugs, socket-outlets, adaptors and connection units. Specification for rewirable and non-rewirable 13 A fused plugs*

BS 1363-2:1995, *13 A plugs, socket-outlets, adaptors and connection units. Specification for 13 A switched and unswitched socket-outlets*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	181
INTRODUCTION	183
1 Domaine d'application	184
2 Références normatives	185
3 Termes et définitions	186
4 Classification	189
4.1 Selon la méthode de construction	189
4.2 Selon la méthode de montage et de connexion	189
4.3 Selon le nombre de pôles et de voies de courant	189
4.4 DPDA fournissant des informations de surveillance	190
5 Caractéristiques des DPDA	190
5.1 Récapitulatif des caractéristiques et des conditions pour l'atténuation des risques d'incendie	190
5.2 Valeurs assignées et autres caractéristiques	190
5.2.1 Tension assignée	190
5.2.2 Courant assigné (I_n)	191
5.2.3 Fréquence assignée	191
5.2.4 Pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m)	191
5.2.5 Pouvoir de fermeture et de coupure assigné sur un pôle (I_{m1})	191
5.3 Valeurs normalisées et préférentielles	191
5.3.1 Valeurs préférentielles de la tension assignée (U_n)	191
5.3.2 Valeurs préférentielles du courant assigné (I_n)	192
5.3.3 Valeurs ~~préférentielles~~ normalisées de la fréquence assignée	192
5.3.4 Valeur minimale du pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m)	192
5.3.5 Valeur minimale du pouvoir de fermeture et de coupure assigné sur un pôle (I_{m1})	193
5.3.6 Valeurs normalisées et préférentielles du courant conditionnel de court-circuit assigné (I_{nc}) et valeurs normalisées et préférentielles du courant conditionnel de court-circuit assigné pour un pôle (I_{nc1})	193
5.3.7 Valeurs limites des critères de fonctionnement pour les DPDA destinés aux courants d'arcs élevés et faibles	194
5.4 Valeur normalisée de la tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp})	194
5.5 Coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC)	195
5.5.1 Généralités	195
5.5.2 Courant conditionnel de court-circuit assigné (I_{nc}) et courant conditionnel de court-circuit assigné pour un pôle (I_{nc1})	195
5.5.3 Caractéristiques de fonctionnement du système d'ouverture des DPDA selon 4.1.1	195
6 Marquage et autres informations sur le produit	196
6.1 Marquage	196
6.2 Marquage supplémentaire pour les DPDA, selon 4.1.1	198
6.2.1 Marquage des DPDA	198
6.2.2 Instructions pour le câblage et le fonctionnement	198
7 Conditions normales de fonctionnement en service et d'installation	198
7.1 Conditions normales	198
7.2 Conditions d'installation	199

7.3	Degré de pollution	199
8	Exigences de construction et de fonctionnement	199
8.1	Généralités.....	199
8.2	Réalisation mécanique	200
8.2.1	Généralités.....	200
8.2.2	Mécanisme	201
8.2.3	Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite (voir l'Annexe B)	202
8.2.4	Vis, parties transportant le courant et connexions.....	205
8.2.5	Bornes pour conducteurs externes	206
8.3	Protection contre les chocs électriques	208
8.4	Propriétés diélectriques et aptitude au sectionnement	209
8.5	Echauffement	209
8.5.1	Limites d'échauffement.....	209
8.5.2	Température de l'air ambiant	210
8.6	Caractéristiques de fonctionnement.....	210
8.6.1	Caractéristiques de fonctionnement du dispositif de protection	210
8.6.2	Caractéristiques de fonctionnement.....	210
8.7	Endurance mécanique et électrique.....	210
8.8	Tenue aux courants de courts-circuits	210
8.9	Tenue aux contraintes mécaniques	211
8.10	Résistance à la chaleur	211
8.11	Résistance à la chaleur anormale et au feu	211
8.12	Comportement des DPDA en cas de surintensité dans le circuit principal	211
8.13	Comportement des DPDA en cas d'ondes de courant produites par des ondes de tension	211
8.14	Fiabilité	211
8.15	Compatibilité électromagnétique (CEM).....	211
8.16	Essai d'aveuglement pour un fonctionnement correct en présence de divers appareils connectés au côté aval.....	212
8.17	Performances du module PDA.....	212
8.18	Performances en cas de perte partielle des raccordements à l'alimentation.....	212
9	Procédure d'essai.....	213
9.1	Généralités.....	213
9.1.1	Procédure d'essai générale pour les différents types de DPDA.....	213
9.1.2	Les caractéristiques des DPDA se vérifient par les essais de type.....	213
9.1.3	Exécution des essais de type selon une séquence d'essais, en vue d'une certification	214
9.1.4	Exécution des essais individuels de série par le constructeur sur chaque dispositif.....	214
9.2	Conditions d'essai	215
9.3	Essai de l'indélébilité du marquage	216
9.4	Essai de la sûreté des vis, des parties transportant le courant et des connexions	216
9.5	Essai de la sûreté des bornes pour conducteurs externes	217
9.6	Vérification de la protection contre les chocs électriques.....	218
9.7	Essai des propriétés diélectriques	219
9.7.1	Généralités.....	219
9.7.2	Résistance à l'humidité.....	219
9.7.3	Résistance d'isolement du circuit principal.....	220

9.7.4	Rigidité diélectrique du circuit principal.....	221
9.7.5	Résistance d'isolement et rigidité diélectrique des circuits auxiliaires	221
9.7.6	Tenue des circuits de commande connectés au circuit principal vis-à-vis des tensions continues élevées pendant les mesures d'isolement	222
9.7.7	Vérification de la tenue aux tensions de choc (à travers les distances d'isolement et l'isolation solide) et des courants de fuite entre les contacts ouverts	223
9.8	Essai d'échauffement	226
9.8.1	Température de l'air ambiant	226
9.8.2	Procédure d'essai	226
9.8.3	Mesure de la température des parties.....	227
9.8.4	Echauffement d'un organe	227
9.9	Vérification de la caractéristique de fonctionnement	227
9.9.1	Généralités.....	227
9.9.2	Essais de défaut d'arc en série	227
9.9.3	Essais de défaut d'arc en parallèle	231
9.9.4	Vérification du fonctionnement correct en cas d'essai de aveuglement.....	233
9.9.5	Essai de déclenchement indésirable	236
9.10	Vérification de l'endurance mécanique et électrique	238
9.10.1	Conditions générales d'essai	238
9.10.2	Procédure d'essai	238
9.10.3	Etat du DPDA après essai	238
9.11	Vérification du comportement du DPDA dans les conditions de court-circuit	239
9.11.1	Généralités.....	239
9.11.2	Essais de courts-circuits pour les DPDA, selon l'Article 4.1.1	239
9.12	Vérification de la résistance aux secousses mécaniques et aux chocs	247
9.12.1	Secousses mécaniques	247
9.12.2	Chocs mécaniques	248
9.13	Essai de résistance à la chaleur	250
9.14	Essai de résistance à la chaleur anormale et au feu	251
9.15	Vérification des mécanismes à déclenchement libre	252
9.15.1	Conditions générales d'essai	252
9.15.2	Procédure d'essai	252
9.16	Essai de résistance à la rouille	253
9.17	Vérification de la valeur limite du courant de non-fonctionnement en cas de surintensité	253
9.18	Vérification du comportement des DPDA en cas d'ondes de courant produites par des ondes de tension	253
9.18.1	Généralités.....	253
9.18.2	Vérification du comportement aux ondes de courant jusqu'à 3 000 A (essai à l'onde de courant 8/20 µs).....	254
9.19	Vérification de la fiabilité	254
9.19.1	Généralités.....	254
9.19.2	Essais climatiques	254
9.19.3	Essai à la température de 40 °C	256
9.20	Vérification du vieillissement des composants électroniques	257
9.21	Compatibilité électromagnétique (CEM).....	257
9.21.1	Généralités.....	257
9.21.2	Essais de CEM abordés par d'autres articles de la présente norme	257

9.21.3 Essais de CEM à effectuer	257
9.21.4 DPDA critère de prestations.	259
9.22 Vérification de la protection en raison d'une surtension due à une rupture de neutre dans un système triphasé	260
9.23 Vérification du comportement en cas de perte partielle des raccordements à l'alimentation	260
Annexe A (normative) Séquences d'essais et nombre d'échantillons à essayer en vue de la certification	287
Annexe B (normative) Détermination des distances d'isolement et des lignes de fuite	296
Annexe C (normative) Condition pour la détection de l'émission de gaz ionisés pendant les essais de court-circuit	301
Annexe D (normative) Exigences et essais supplémentaires pour les DPDA conçus pour être assemblés sur site avec un dispositif de protection principal (disjoncteur, ID ou DD) selon la classification mentionnée en 4.1.3	304
Annexe E (normative) Essais individuels de série	309
Annexe F (informative) Description de l'essai d'arc par vibrations de 9.10.2	310
Annexe IA (informative) Méthodes de détermination du facteur de puissance d'un court-circuit.....	312
Annexe IB (informative) Exemples de conceptions de bornes	314
Annexe IC (informative) Correspondance entre les conducteurs de cuivre ISO et AWG	317
Annexe ID (informative) Programme d'essais de suivi pour les DPDA	318
Annexe IE (informative) DPCC pour les essais de court-circuit	322
Annexe J (normative) Prescriptions particulières pour les DPDA avec bornes sans vis pour conducteurs externes en cuivre.....	324
Annexe K (normative) Prescriptions particulières pour les DPDA avec bornes plates à connexion rapide	333
Annexe L (normative) Prescriptions particulières pour DPDA avec bornes à vis pour connexion de conducteurs externes en aluminium non traités et avec des bornes à vis en aluminium pour connexion de conducteurs externes en cuivre ou en aluminium.....	340
Bibliographie.....	350
Figure 1 – Vis autotaraudeuse par déformation de matière	260
Figure 2 – Vis autotaraudeuse par enlèvement de matière	260
Figure 3 – Doigt d'essai normalisé (9.6).....	261
Figure 4 – Circuit d'essai pour essais de défaut d'arc en série	262
Figure 5 – Générateur d'arc	262
Figure 6 – Circuit d'essai pour essais de défaut d'arc en parallèle	262
Figure 7 – Circuit d'essai en cas d'arc parallèle et d'essai de coupure de câble	263
Figure 8 – Appareil d'essai	263
Figure 9 – Essai pour vérification du fonctionnement correct en cas d'arc parallèle vers la terre	263
Figure 10 – Circuit d'essai pour essais d'aveuglement (charges inhibantes ou perturbatrices)	263
Figure 11 – Configuration d'essai pour essais d'aveuglement	264
Figure 12 – Filtre IEM 1 pour essais de masquage.....	264
Figure 13 – Filtre IEM 2 pour essais de masquage.....	265
Figure 14 – Description du filtre IEM décrit en Figure 13.....	265

Figure 15 – Circuit d'essai pour essais de masquage avec impédance de ligne.	265
Figure 16 – Essai diaphonique.....	266
Figure 17 – ~~Circuit d'essai avec courant contrôlé~~ Vide	267
Figure 18 – ~~Courant contrôlé avec angle de retard de 45°, 90° et 135°~~ Vide	267
Figure 19 – Schéma type pour tous les essais de court-circuit, excepté pour 9.11.2.4 c)	270
Figure 20 – Schéma type pour les essais de court-circuit (9.11.2.4 c).....	272
Figure 21 – Détail des impédances Z , Z_1 et Z_2	273
Figure 22 – Exemple d'enregistrement d'étalonnage pour essai de court-circuit (9.11.2.2j)	273
Figure 23 – Appareil pour l'essai aux secousses (9.12.1).....	274
Figure 24 – Appareil d'essai de choc mécanique (9.12.2.2)	275
Figure 25 – Pièce de frappe pour pendule d'essai de choc (9.12.2.2)	276
Figure 26 – Support de montage pour l'échantillon pour l'essai de choc mécanique (9.12.2.2)	277
Figure 27 – Exemple de fixation d'un DPDA ouvert pour l'essai de choc mécanique (9.12.2.2)	278
Figure 28 – Exemple de fixation du DPDA pour montage en tableau pour l'essai de choc mécanique (9.12.2.2).....	279
Figure 29 – Application de la force pour l'essai mécanique sur un DPDA pour montage sur rail (9.12.2.3)	280
Figure 30 – Appareil pour l'essai à la bille (9.13.2)	280
Figure 31 – Onde de courant 8/20 μ s	281
Figure 32 – Circuit pour l'essai des DPDA à l'onde de courant.....	281
Figure 33 – Période de stabilisation pour l'essai de fiabilité (9.19.2.3)	282
Figure 34 – Cycle d'essai de fiabilité (9.19.2.3).....	283
Figure 35 – Exemple de circuit d'essai pour la vérification du vieillissement des composants électroniques (9.20)	284
Figure 36 – Préparation des échantillons de câbles ~~pour l'essai~~ (9.9.2.6)	285
Figure 37 – Exemple de la tension d'arc et de la forme de la curen obtenu avec le cable pour l'essai.....	285
Figure 38 – Circuit d'essai pour arc en série dans un système triphasé avec une charge équilibrée et non équilibrée	286
Figure 39 – Configuration d'essai pour essais d'aveuglement pour DPDA tripolaires et quadripolaires	286
Figure C.1 – Condition d'essai	302
Figure C.2 – Grille	303
Figure C.3 – Circuit de grille	303
Figure F.1 – Mesure d'écart	310
Figure F.2 – Table d'essai d'arc par vibrations avec bornes desserrées	310
Figure F.3 – DPDA connecté à la table d'essai d'arc par vibrations pendant l'essai	311
Figure IB.1 – Exemples de bornes à trou	314
Figure IB.2 – Exemples de bornes à serrage sous tête de vis et bornes à goujon fileté.....	315
Figure IB.3 – Exemples de bornes à plaquette	316
Figure IB.4 – Exemples de bornes pour cosses.....	316
Figure IE-1 – Appareil d'essai pour la vérification des valeurs minimales I^2t et I_p que le DPDA doit supporter	323

Figure J.1 – Echantillons à raccorder	330
Figure J.2 – Exemples de bornes sans vis	331
Figure K.1 – Exemple de position du thermocouple pour la mesure de l'échauffement	336
Figure K.2 – Dimensions des languettes	337
Figure K.3 – Dimensions de l'empreinte sphérique du dispositif de verrouillage (voir Figure K.2).....	338
Figure K.4 – Dimensions de l'empreinte rectangulaire du dispositif de verrouillage (voir Figure K.2).....	338
Figure K.5 – Dimensions du trou du dispositif de verrouillage	338
Figure K.6 – Dimensions des clips	339
Figure L.1 – Disposition générale pour l'essai	348
Figure L.2 – Exemple de l'utilisation des bornes dans le DPDA.....	348
Figure L.3 – Exemple de l'utilisation des bornes dans le DPDA.....	349
Figure L.4 – Exemple de l'utilisation des bornes dans le DPDA.....	349
Figure L.5 – Exemple de l'utilisation des bornes dans le DPDA.....	349
Figure L.6 – Exemple de l'utilisation des bornes dans le DPDA.....	349
Tableau 1 – Valeurs limites du temps de fonctionnement pour les DPDA avec $U_n = 230\text{ V}$ et 400 V	193
Tableau 2 – Valeurs limites du temps de fonctionnement pour les DPDA avec $U_n = 120\text{ V}$	193
Tableau 3 – Nombre maximal de demi-cycles d'arc autorisés en 0,5 s ~~pour les DPDA avec $U_n = 230\text{ V}$ et 120 V~~	193
Tableau 4 – Tension assignée de tenue aux chocs en fonction de la tension nominale de l'installation.....	194
Tableau 5 – Marquage et position du marquage.....	195
Tableau 6 – Conditions normales de fonctionnement en service	198
Tableau 7 – Distances d'isolement et lignes de fuite minimales (1 de 2)	202
Tableau 8 – Sections des conducteurs de cuivre à connecter pour bornes à vis.....	205
Tableau 9 – Valeurs des échauffements	208
Tableau 10 – Liste des essais de type	213
Tableau 11 – Conducteurs d'essais en cuivre correspondant aux courants assignés	214
Tableau 12 – Diamètres des filetages et couples à appliquer	215
Tableau 13 – Forces de traction.....	217
Tableau 14 – Tensions d'essais pour circuits auxiliaires	221
Tableau 15 – Tension d'essai pour la vérification de la tenue aux tensions de choc.....	223
Tableau 16 – Tension d'essai en fonction de la tension de choc assignée du DPDA et de l'altitude où est effectué l'essai, pour la vérification de l'aptitude au sectionnement	224
Tableau 17 – Essais à effectuer pour vérifier le comportement des DPDA dans des conditions de court-circuit	238
Tableau 18 – Valeurs minimales de I^2t et I_p	239
Tableau 19 – Facteurs de puissance pour les essais de court-circuit	241
Tableau 20 – Essais déjà abordés par la présente norme	256
Tableau 21 – Essais à réaliser pour la CEM.....	256
Tableau 22 – Valeurs préférentielles de la tension assignée	191

Tableau A.1 – Séquences d'essais pour les DPDA classés selon 4.1.1.....	283
Tableau A.2 – Séquences d'essais pour les DPDA classés selon 4.1.2.....	285
Tableau A.3 – Séquences d'essais pour les DPDA classés selon 4.1.3.....	287
Tableau A.4 – Nombre d'échantillons à soumettre à la procédure d'essai complète	289
Tableau A.5 – Nombre d'échantillons pour la procédure d'essai simplifiée	290
Tableau ID.1 – Séquences d'essais pendant les inspections de suivi.....	314
Tableau ID.2 – Nombre d'échantillons à mettre à l'essai	316
Tableau IE.1 – Indication des diamètres du fil d'argent en fonction des courants assignés et des courants de court-circuit	317
Tableau J.1 – Conducteurs raccordables	322
Tableau J.2 – Sections des conducteurs en cuivre raccordables aux bornes sans vis	322
Tableau J.3 – Forces de traction.....	324
Tableau K.1 – Tableau informatif concernant le code de couleur du clip en relation avec la section du conducteur.....	329
Tableau K.2 – Forces d'essai de surcharge.....	330
Tableau K.3 – Dimensions des languettes.....	331
Tableau K.4 – Dimensions des clips.....	334
Tableau L.1 – Marquage des bornes	336
Tableau L.2 – Sections des conducteurs en aluminium pouvant être connectés aux bornes à vis	337
Tableau L.3 – Liste des essais selon la matière des conducteurs et des bornes	338
Tableau L.4 – Conducteurs raccordables et leur diamètre nominal.....	338
Tableau L.5 – Sections (S) des conducteurs d'essai en aluminium correspondant aux courants assignés.....	339
Tableau L.6 – Longueur du conducteur d'essai	340
Tableau L.7 – Dimension des égaliseurs et des barres de connexion.....	340
Tableau L.8 – Courant d'essai en fonction du courant assigné.....	342
Tableau L.9 – Exemple de calcul pour la détermination de l'écart moyen de température <i>D</i>	342

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

EXIGENCES GÉNÉRALES DES DISPOSITIFS POUR LA DÉTECTION DE DÉFAUT D'ARCS

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

DÉGAGEMENT DE RESPONSABILITÉ

Cette version consolidée n'est pas une Norme IEC officielle, elle a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Seules les versions courantes de cette norme et de son(s) amendement(s) doivent être considérées comme les documents officiels.

Cette version consolidée de l'IEC 62606 porte le numéro d'édition 1.1. Elle comprend la première édition (2013-07) [documents 23E/785/FDIS et 23E/797/RVD] et son corrigendum 1 (2013-11), et son amendement 1 (2017-02) [documents 23E/993/FDIS et 23E/1003/RVD]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à son amendement.

Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par l'amendement 1. Les ajouts sont en vert, les suppressions sont en rouge, barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.

La Norme internationale IEC 62606 a été établie par le sous-comité 23E: Disjoncteurs et appareillage similaire pour usage domestique, du comité d'études 23 de la IEC: Petit appareillage.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Dans cette norme, les caractères suivants sont utilisés:

– *les requêtes de conformité: en italique.*

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

La présente Norme internationale a pour objectif d'indiquer les exigences à respecter et les procédures d'essais à mettre en œuvre pour les dispositifs à installer par du personnel qualifié, destinés à un usage domestique et analogue, afin de limiter les risques d'incendie électrique en aval du dispositif.

L'efficacité des dispositifs à courant différentiel résiduel (DDR), qui détectent le courant de fuite et produisent un arc électrique vers la terre du fait de la présence de courants de cheminement dans une installation électrique, est avérée pour l'atténuation des risques d'incendie. Cependant, les DDR, en tant que fusibles ou disjoncteurs, ne peuvent pas réduire les risques d'incendie électrique en raison de la production d'arcs électriques en série ou en parallèle entre les conducteurs sous tension.

Un défaut d'arc en série n'implique aucune fuite vers la terre. Par conséquent, les DDR ne peuvent pas détecter ce type de défaut. Par ailleurs, l'impédance du défaut d'arc en série réduit le courant de charge, ce qui maintient le courant en dessous du seuil de déclenchement du disjoncteur et du fusible. En cas d'arc en parallèle entre la phase et le conducteur neutre, le courant est uniquement limité par l'impédance de l'installation. Au pire, pour des cas sporadiques d'arcs, les disjoncteurs conventionnels n'ont pas été conçus à cette fin.

L'expérience et les informations disponibles ont confirmé que la valeur efficace d'un courant de défaut à la terre causé par un défaut d'arc, qui est capable de déclencher un incendie, n'est pas limitée à la fréquence d'alimentation de puissance nominale de 50/60 Hz, mais peut contenir un spectre de fréquences beaucoup plus élevé qui n'est pas pris en compte pour l'essai des DDR.

Il a été reconnu qu'une surtension provoquée par une rupture de neutre dans une installation triphasée pouvait entraîner des risques d'incendie.

La présente norme concerne les dispositifs conçus pour être installés dans le tableau de distribution d'une installation fixe à l'origine d'un ou plusieurs circuits finaux.

EXIGENCES GÉNÉRALES DES DISPOSITIFS POUR LA DÉTECTION DE DÉFAUT D'ARCS

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale s'applique aux dispositifs pour la détection de défaut d'arc (DPDA) utilisés à des fins domestiques et analogues dans des circuits en courant alternatif (AC), pour des tensions assignées ne dépassant pas 440 V AC, avec des fréquences assignées de 50 Hz, 60 Hz ou 50/60 Hz et des courants assignés ne dépassant pas 63 A.

NOTE 1 Aux Etats-Unis, les interrupteurs de circuit sur défaut d'arc (AFCI)¹, sont jugés similaires aux DPDA.

Un DPDA est conçu par le constructeur:

- comme un dispositif unique doté d'un système d'ouverture pouvant ouvrir le circuit protégé dans les conditions spécifiées; ou
- comme un dispositif unique doté d'un dispositif de protection; ou
- comme une unité séparée, conformément à l'Annexe D, assemblée sur site avec un dispositif de protection déclaré.

Le dispositif de protection intégré est un disjoncteur, conformément à l'IEC 60898-1 ou un DDR, selon l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou l'IEC 62423.

Ces dispositifs sont destinés à atténuer les risques d'incendies dans ~~les un circuits finaux~~ final d'une installation fixe, provoqués par la présence de courants de défaut d'arc. En effet, ces derniers comportent un risque de déclenchement d'incendie, dans certaines conditions, si l'arc persiste.

La protection contre le déclenchement d'incendie, dû à une surtension, conséquence d'une rupture de neutre, dans une installation triphasée, à intégrer dans ce type d'équipement en tant qu'option supplémentaire, est à l'étude à 9.22.

NOTE 2 Le courant de cheminement engendre la production d'arcs électriques et, par conséquent, peut provoquer un incendie.

La présente Norme Internationale s'applique aux dispositifs effectuant simultanément la détection et la reconnaissance du courant d'arc en ce qui concerne les risques d'incendie et définit les critères de fonctionnement, dans les conditions spécifiées pour la capacité d'ouverture du circuit lorsque le courant d'arc dépasse les valeurs limites mentionnées dans la présente norme.

Les DPDA satisfaisant à la présente norme, sauf ceux munis d'un neutre non coupé, conviennent à une utilisation dans des systèmes IT.

~~La tension assignée maximale est de 240 V AC. Les DPDA conformes à la présente norme sont alimentés entre la phase et le neutre ou entre deux phases.~~

~~Le courant assigné maximal (I_n) est de 63 A AC.~~

Les DPDA alimentés par des batteries ou par un circuit autre que le circuit protégé ne sont pas couverts par la présente norme.

¹ AFCI = Arc Fault Circuit Interrupter, en anglais

Les DPDA assurent une isolation. Ils sont conçus pour être mis en œuvre par des personnes non averties et ne nécessitent aucun entretien.

Des exigences spécifiques peuvent être nécessaires pour:

- les DPDA incorporés dans ou destinés seulement à l'association avec des socles et fiches de prises de courant ou des connecteurs à usages domestiques et analogues;
- les DPDA destinés à être utilisés à des fréquences autres que 50 Hz ou 60 Hz.

NOTE 3 Pour les DPDA incorporés dans ou destinés seulement aux socles de prises de courant, les exigences de cette norme peuvent être appliquées autant que possible conjointement avec les exigences de la norme IEC 60884-1 ou avec les exigences nationales du pays où le produit est mis sur le marché.

NOTE 4 Au Royaume-Uni, la fiche et le socle de la prise de courant n'ont pas besoin de satisfaire aux exigences de la norme IEC 60884-1. Au Royaume-Uni, la fiche doit satisfaire à la norme BS 1363-1 et le socle de la prise de courant doit satisfaire à la norme BS 1363-2.

Des précautions spéciales (par exemple des limiteurs de surtension) peuvent être nécessaires lorsque des surtensions excessives sont susceptibles de se produire au niveau de l'alimentation.

Les exigences de la présente norme s'appliquent pour des conditions normales de température et d'environnement. Elles s'appliquent aux DPDA destinés à être utilisés dans un environnement avec degré de pollution 2. Des exigences complémentaires peuvent être nécessaires pour des dispositifs utilisés dans des locaux présentant des conditions d'environnement plus sévères.

NOTE 5 Des DPDA pour applications DC sont à l'étude.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60068-2-30:2005, *Essais d'environnement – Partie 2-30: Essais – Essai Db et guide: Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 h + 12 h)*

IEC 60068-3-4:2001, *Essais d'environnement – Partie 3-4: Documentation d'accompagnement et guide – Essais de chaleur humide*

IEC 60364 (toutes les parties), *Installations électriques à basse tension*

IEC 60228, *Ames des câbles isolés*

IEC 60364-4-44:2007, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-44: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les perturbations de tension et les perturbations électromagnétiques*

IEC 60417, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel*, disponible à l'adresse suivante: <http://www.graphical-symbols.info/equipment>

IEC 60479, *Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques*

IEC 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

IEC 60664-1:2007, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

IEC 60695-2-10:2000, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-10: Essais au fil incandescent/chauffant – Appareillage et méthode commune d'essai*

IEC/TR 60755, *Exigences générales pour les dispositifs de protection à courant différentiel résiduel*

IEC 60898-1:2002, *Petit appareillage électrique – Disjoncteurs pour la protection contre les surintensités pour installations domestiques et analogues – Partie 1: Disjoncteurs pour le fonctionnement en courant alternatif*

IEC 61000-3-2:2014, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3-2: Limites – Limites pour les émissions de courant harmonique (courant appelé par les appareils ≤ 16 A par phase)*

IEC 61008-1:2010, *Interrupteurs automatiques à courant différentiel résiduel sans dispositif de protection contre les surintensités incorporé pour usages domestiques et analogues (ID) – Partie 1: Règles générales*

IEC 61009-1:2010, *Interrupteurs automatiques à courant différentiel résiduel avec dispositif de protection contre les surintensités incorporé pour usages domestiques et analogues (DD) – Partie 1: Règles générales*

IEC 61543:1995, *Dispositifs différentiels résiduels (DDR) pour usages domestique et analogues – Compatibilité électromagnétique*

IEC 61543:1995/AMD1:2004

IEC 61543:1995/AMD2:2005

IEC 62423, *Interrupteurs automatiques à courant différentiel résiduel de type B et de type F avec et sans protection contre les surintensités incorporée pour usages domestiques et analogues*

CISPR 14-1:2009, *Compatibilité électromagnétique – Exigences pour les appareils électrodomestiques, outillages électriques et appareils analogues – Partie 1: Emission*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la IEC/TR 60755, l'IEC 60898-1, l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1, l'IEC 62423, ainsi que les suivants, s'appliquent.

NOTE Quand les termes "tension" ou "courant" sont utilisés, ils impliquent les valeurs efficaces, à moins qu'il n'en soit précisé autrement.

3.1

arc

production d'arc électrique

décharge lumineuse d'électricité à travers un milieu isolant, en général accompagnée d'une volatilité partielle des électrodes

Note 1 à l'article: Un demi-cycle de courant sinusoïdal complet n'est pas considéré comme un demi-cycle de production d'arc électrique.

3.2

défait d'arc

défait de production d'arc électrique

arc ~~en série ou en parallèle involontaire et~~ non intentionnel dangereux ~~entre des conducteurs~~

3.3

dispositif pour la détection d'arcs

DPDA

dispositif destiné à atténuer les effets des défauts d'arc en déconnectant le circuit lorsqu'un défaut d'arc est détecté

3.4

module pour la détection d'arcs

module PDA

partie du DPDA qui prend en charge la détection et la discrimination des défauts d'arc dangereux à la terre en série et en parallèle ainsi que le démarrage du dispositif qui coupe le courant

Note 1 à l'article: La coupure du courant peut être obtenue au moyen d'un système d'ouverture (voir 4.1.1), d'un dispositif de protection équipé d'un module PDA (voir 4.1.2) ou d'un dispositif de protection assemblé à un module PDA (voir 4.1.3).

3.5

détection

fonction qui consiste à détecter la présence d'un courant de défaut d'arc

3.6

interruption

fonction qui consiste à ramener automatiquement les contacts principaux du DPDA de la position de fermeture à la position d'ouverture, interrompant ainsi le(s) courant(s) de défaut d'arc qui circule(nt) entre eux

3.7

défait d'arc à la terre

défait d'arc où le courant circule du conducteur actif à la terre

Note 1 à l'article: Le courant d'arc à la terre peut présenter une valeur proche de celle du courant d'arc en parallèle dans certaines installations (par ex. installation TN).

3.8

défait d'arc en parallèle

défait d'arc où le courant d'arc circule entre les conducteurs actifs en parallèle avec la charge du circuit

3.9

défait d'arc en série

défait d'arc où le courant circule dans la/les charge(s) du circuit final protégé par un DPDA

3.10

position de fermeture

position dans laquelle la continuité prédéterminée du circuit principal du DPDA est assurée

3.11

position d'ouverture

position dans laquelle la distance d'isolement prédéterminée est assurée entre les contacts ouverts du circuit principal du DPDA

3.12**pôle**

partie d'un DPDA exclusivement associée à une voie de courant de son circuit principal, électriquement séparée, équipée de contacts destinés à connecter et déconnecter le circuit principal lui-même et excluant les parties par le moyen desquelles le montage et le fonctionnement simultané des pôles est assuré

3.13**pôle neutre de sectionnement**

pôle seulement destiné à couper le neutre et non prévu pour présenter un pouvoir de coupure

3.14**sectionnement****fonction de sectionnement**

fonction destinée à couper l'alimentation de toute l'installation ou d'une section discrète de cette dernière en la séparant de toute source d'énergie électrique pour des raisons de sécurité

[SOURCE: IEC 60947-1:2007, 2.1.19]

3.15**distance de sectionnement**

distance d'isolement entre contacts ouverts satisfaisant aux exigences de sécurité pour des besoins de sectionnement

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-35, modifiée – "sectionneurs" a été remplacé par "besoins de sectionnement".]

3.16**pouvoir de fermeture**

valeur de la composante alternative d'un courant présumé qu'un DPDA est capable d'établir sous une tension donnée et dans des conditions prescrites d'emploi et de comportement

3.17**pouvoir de coupure**

valeur de la composante alternative d'un courant présumé qu'un DPDA est capable d'interrompre sous une tension donnée et dans des conditions prescrites d'emploi et de comportement

3.18**courant conditionnel de court-circuit**

I_{nc}

valeur de la composante alternative du courant présumé qu'un DPDA, protégé par un dispositif de protection contre les courts-circuits (DPCC) approprié placé en série, peut supporter dans des conditions prescrites d'emploi et de comportement

3.19**courant présumé**

courant qui circulerait dans le circuit si chaque voie principale de courant du DPDA était remplacée par un conducteur d'impédance négligeable

Note 1 à l'article: Le courant présumé peut être qualifié de la même façon qu'un courant réel, par exemple: courant de coupure présumé, courant de crête présumé, etc.

3.20**courant de crête présumé maximal (d'un circuit en courant alternatif)**

courant de crête présumé, quand l'amorce du courant a lieu à l'instant qui conduit à la plus haute valeur possible

3.21

pouvoir de coupure (fermeture et de coupure) en court-circuit

composante alternative du courant présumé, exprimée en valeur efficace, que le DPDA, par conception, établit, transporte pendant le temps d'ouverture et interrompt dans des conditions spécifiées

3.22

vis autotaraudeuse par déformation

vis autotaraudeuse ayant un filet ininterrompu

Note 1 à l'article: La fonction de ce filetage n'est pas d'enlever du matériau de la cavité.

Note 2 à l'article: NOTE 2 Un exemple de vis autotaraudeuse par déformation de matière est donné à la Figure 1.

3.23

vis autotaraudeuse à découpe

vis autotaraudeuse ayant un filet non continu

Note 1 à l'article: Une des fonctions de ce filetage est d'enlever du matériau de la cavité.

Note 2 à l'article: Un exemple de vis autotaraudeuse par enlèvement de matière est donné à la Figure 2.

4 Classification

4.1 Selon la méthode de construction

4.1.1 DPDA comme dispositif unique, composé d'un module PDA et d'un système d'ouverture, ~~conçu pour être connecté en série à un dispositif de court-circuit de protection adapté, déclaré par le constructeur, satisfaisant à une ou plusieurs des normes suivantes: IEC 60898-1, IEC 61009-1 ou série IEC 60269~~ ne fournissant pas de protection contre les surintensités ou contre le courant différentiel.

4.1.2 DPDA comme dispositif unique, composé d'un module PDA intégré à un dispositif de protection satisfaisant à une ou plusieurs des normes suivantes: IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1 ou IEC 62423.

4.1.3 DPDA conforme à l'Annexe D, composé d'un module PDA et d'un dispositif de protection déclaré, conçu pour être assemblé sur site.

4.2 Selon la méthode de montage et de connexion

Le DPDA type pour montage en tableau, aussi appelé DPDA type pour tableau de distribution, peut être connecté comme suit:

- a) Les DPDA dont les connexions ne sont pas associées au dispositif de fixation mécanique;
- b) Les DPDA dont les connexions sont associées au dispositif de fixation mécanique, par exemple:
 - 1) type enfichable;
 - 2) type à fixation par boulons.

NOTE Certains DPDA sont de type enfichable ou à fixation par boulons du côté de l'alimentation uniquement, les bornes de sortie étant les bornes habituellement utilisées pour la connexion des circuits.

4.3 Selon le nombre de pôles et de voies de courant

- DPDA unipolaire avec deux voies de courant (un pôle plus un neutre non coupé);
- DPDA bipolaire;
- DPDA tripolaires;
- DPDA quadripolaires.

~~NOTE 1~~—L'extension au DPDA tripolaire ou quadripolaire est à l'étude.

NOTE 2 1 En Chine, le DPDA doté d'un neutre non coupé n'est pas autorisé.

4.4 DPDA fournissant des informations de surveillance

Des DPDA fournissant des informations de surveillance sont à l'étude.

A l'étude.

5 Caractéristiques des DPDA

5.1 Récapitulatif des caractéristiques et des conditions pour l'atténuation des risques d'incendie

Un DPDA doit assurer la détection de ce qui suit:

- défaut d'arc à la terre (voir 3.7); et
- défaut d'arc en parallèle (voir 3.8); et
- défaut d'arc en série (voir 3.9).

Les caractéristiques d'un DPDA doivent être indiquées de la façon suivante:

- courant assigné I_n (voir 5.2.2);
- tension assignée U_n (voir 5.2.1);
- fréquence assignée (voir 5.2.3);
- pouvoir de fermeture et de coupure assigné I_m (voir 5.2.4);
- pouvoir de fermeture et de coupure assigné sur un pôle I_{m1} (voir 5.2.5);
- degré de protection (voir l'IEC 60529);
- courant conditionnel de court-circuit assigné I_{nc} (voir 5.3.6 et 5.5.2);
- courant conditionnel de court-circuit assigné sur un pôle I_{nc1} (voir 5.3.6 et 5.5.2);
- méthode de connexion (voir 4.2).

5.2 Valeurs assignées et autres caractéristiques

5.2.1 Tension assignée

5.2.1.1 Tension assignée d'emploi (U_n)

La tension d'emploi assignée d'un DPDA (ci-après appelée "tension assignée") est la valeur de la tension attribuée par le constructeur, à laquelle se rapportent ses performances.

Plusieurs tensions assignées peuvent être attribuées à un même DPDA.

5.2.1.2 Tension assignée d'isolement (U_i)

La tension d'isolement assignée d'un DPDA est la valeur de la tension attribuée par le constructeur à laquelle se rapportent les tensions d'essai diélectrique et les lignes de fuite.

Sauf mention contraire, la tension d'isolement assignée est la valeur de la tension assignée maximale du DPDA. En aucun cas la tension d'emploi maximale assignée ne doit dépasser la tension d'isolement assignée.

5.2.1.3 Tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp})

La tension assignée de tenue aux chocs d'un DPDA doit être égale ou supérieure aux valeurs normalisées de la tension assignée de tenue aux chocs indiquées dans le Tableau F.1 de l'IEC 60664-1:2007, et le Tableau 4 de la présente norme.

5.2.2 Courant assigné (I_n)

Valeur du courant, attribuée au DPDA par le constructeur, que le dispositif peut supporter en service ininterrompu.

5.2.3 Fréquence assignée

La fréquence assignée d'un DPDA est la fréquence industrielle pour laquelle le DPDA est conçu et à laquelle correspondent les autres caractéristiques.

Plusieurs fréquences assignées peuvent être attribuées à un même DPDA.

5.2.4 Pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m)

Valeur efficace de la composante alternative du courant présumé, attribué par le constructeur qu'un DPDA peut établir, supporter et couper dans des conditions spécifiées.

Les conditions sont telles que spécifiées dans 9.11.2 pour les DPDA classés conformément à 4.1.1 et dans la norme du dispositif de protection déclaré (par exemple, IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1, IEC 62423) pour les DPDA classés conformément à 4.1.2 et 4.1.3.

5.2.5 Pouvoir de fermeture et de coupure assigné sur un pôle (I_{m1})

Valeur efficace de la composante alternative du courant présumé, attribué par le constructeur qu'un DPDA peut établir, supporter et couper avec un pôle dans des conditions spécifiées.

5.3 Valeurs normalisées et préférentielles

5.3.1 Valeurs préférentielles de la tension assignée (U_n)

Les valeurs préférentielles de la tension assignée sont les suivantes **telles qu'indiquées dans le Tableau 22:**

- ~~— 230 V: partout où il est fait référence à 230 V dans cette norme, on peut lire, respectivement, à 220 V ou 240 V;~~
- ~~— 120 V: partout où il est fait référence à 120 V dans cette norme, on peut lire, respectivement, à 100 V ou 110 V.~~

Tableau 22 – Valeurs préférentielles de la tension assignée

DPDA	Circuit alimentant le DPDA	Tension assignée des DPDA utilisés dans des systèmes 230 V, 230/400 V ou 400 V V	Tension assignée des DPDA utilisés dans des systèmes 120/240 V ou 240 V V
Unipolaire (à deux voies de courant)	Monophasé (phase à conducteur milieu à la terre ou phase à neutre)	230	120
Bipolaire	Monophasé (phase à neutre ou phase à phase ou phase à conducteur milieu à la terre)	230, 400	120, 240
Tripolaire	Triphasé (3 fils ou 4 fils) (système 400 V, 230/400 V ou 230 V)	230 400	
Quadripolaire	Triphasé (4 fils) (système 230/400 V)	400	
NOTE 1 Dans l'IEC 60038, la valeur de la tension de réseau de 230/400 V a été normalisée. Cette valeur va probablement remplacer progressivement les valeurs de 220/380 V et 240/415 V. NOTE 2 A chaque fois qu'il est fait référence à 230 V ou 400 V dans cette norme, les valeurs à prendre en compte peuvent être respectivement 220 V ou 240 V et 380 V ou 415 V. NOTE 3 A chaque fois qu'il est fait référence à 120 V, 120/240 V ou 240 V dans cette norme, les valeurs à prendre en compte peuvent être respectivement 100 V, 100/200 V ou 200 V. NOTE 4 A chaque fois qu'il est fait référence à 240 V en triphasé dans cette norme, les valeurs à prendre en compte peuvent être 100 V ou 120/208 V.			

NOTE Au Japon, le conducteur phase-neutre et le conducteur phase-terre (conducteur à la masse) sont pensés différemment, car les systèmes monophasés à 2 fils alimentés par une source de système à 2 fils ne possèdent pas de point neutre.

5.3.2 Valeurs préférentielles du courant assigné (I_n)

Les valeurs préférentielles du courant assigné sont:

6 – 8 – 10 – 13 – 16 – 20 – 25 – 32 – 40 – 50 – 63 A.

5.3.3 Valeurs ~~préférentielles~~ normalisées de la fréquence assignée

Les valeurs ~~préférentielles~~ normalisées de la fréquence assignée sont 50 Hz, 60 Hz et 50/60 Hz.

~~Si une autre valeur est utilisée, la valeur de la fréquence assignée doit être marquée sur l'appareil et les essais doivent être effectués à cette fréquence.~~

5.3.4 Valeur minimale du pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m)

La valeur minimale du pouvoir de coupure et de fermeture assigné I_m est la plus grande des deux valeurs 10 I_n ou 500 A.

Les facteurs de puissance associés sont spécifiés dans 9.11.2 pour les DPDA classés conformément à 4.1.1 et dans la norme du dispositif de protection déclaré pour les DPDA classés conformément à 4.1.2 et 4.1.3.

5.3.5 Valeur minimale du pouvoir de fermeture et de coupure assigné sur un pôle (I_{m1})

La valeur minimale du pouvoir de coupure et de fermeture assigné sur un pôle I_{m1} est la plus grande des deux valeurs $10 I_n$ ou 500 A.

Les facteurs de puissance associés sont spécifiés dans 9.11.2 pour les DPDA classés conformément à 4.1.1 et dans la norme du dispositif de protection déclaré pour les DPDA classés conformément à 4.1.2 et 4.1.3.

5.3.6 Valeurs normalisées et préférentielles du courant conditionnel de court-circuit assigné (I_{nc}) et valeurs normalisées et préférentielles du courant conditionnel de court-circuit assigné pour un pôle (I_{nc1})

5.3.6.1 Généralités

Les valeurs normalisées et préférentielles du courant conditionnel de court-circuit assigné I_{nc} et I_{nc1} sont spécifiées comme suit:

5.3.6.2 Valeurs jusqu'à 10 000 A inclus

Jusqu'à 10 000 A inclus, les valeurs normalisées du courant conditionnel de court-circuit assigné I_{nc} et I_{nc1} sont:

3 000 – 4 500 – 6 000 – 10 000 A.

Les facteurs de puissance associés sont spécifiés dans 9.11.2 pour les DPDA classés conformément à 4.1.1 et dans la norme du dispositif de protection déclaré pour les DPDA classés conformément à 4.1.2 et à 4.1.3.

NOTE En Corée, les valeurs de 1 000 A, 1 500 A, 2 000 A, 2 500 A, 7 500 A et 9 000 A sont également considérées comme valeurs normalisées.

5.3.6.3 Valeurs supérieures à 10 000 A

Pour les valeurs supérieures à 10 000 A, jusqu'à 25 000 A inclus, une valeur préférentielle est 20 000 A.

Les facteurs de puissance associés sont spécifiés dans 9.11.2 pour les DPDA classés conformément à 4.1.1 et dans la norme du dispositif de protection déclaré pour les DPDA classés conformément à 4.1.2 et 4.1.3.

Les valeurs supérieures à 25 000 A ne sont pas prises en considération dans cette norme.

5.3.7 Valeurs limites des critères de fonctionnement pour les DPDA destinés aux courants d'arcs élevés et faibles

5.3.7.1 Valeurs limites des critères de fonctionnement pour les DPDA destinés aux courants d'arcs faibles jusqu'à 63 A

Tableau 1 – Valeurs limites du temps de fonctionnement pour les DPDA avec $U_n = 230\text{ V}$ et 400 V

Courant d'arc d'essai (valeurs efficaces)	2,5 A	5 A	10 A	16 A	32 A	63 A
Temps de fonctionnement maximal	1 s	0,5 s	0,25 s	0,15 s	0,12 s	0,12 s

NOTE Des courants d'arc faibles peuvent être provoqués par des défauts d'isolement phase-terre ou une production d'arc électrique en série.

Tableau 2 – Valeurs limites du temps de fonctionnement pour les DPDA avec $U_n = 120\text{ V}$

Courant d'arc d'essai (valeurs efficaces)	5 A	10 A	16 A	32 A	63 A
Temps de fonctionnement maximal	1 s	0,4 s	0,28 s	0,14 s	0,14 s

Lorsque la valeur du courant d'essai auquel le dispositif d'essai de défaut d'arc est exposé ne figure pas dans les Tableaux 1 ou 2, le temps de fonctionnement admissible doit être déterminé par interpolation linéaire entre les valeurs de temps de fonctionnement au-dessus et en dessous de la valeur du courant d'essai réel.

5.3.7.2 Valeurs limites des critères de fonctionnement pour les DPDA avec des courants d'arcs élevés supérieurs à 63 A

Tableau 3 – Nombre maximal de demi-cycles d'arc autorisés en 0,5 s pour les DPDA avec $U_n = 230\text{ V}$ et 120 V

Courant d'arc d'essai ^a (valeurs efficaces)	75 A	100 A	150 A	200 A	300 A	500 A
N ^b	12	10	8	8	8	8
^a Ce courant d'essai est le courant présumé avant la production d'un arc électrique dans le circuit d'essai.						
^b N est le nombre de demi-cycles à la fréquence assignée.						

NOTE Des courants d'arc élevés peuvent être provoqués par des défauts d'isolement phase-terre ou une production d'arc électrique en parallèle.

5.4 Valeur normalisée de la tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp})

Le Tableau 4 donne les valeurs normalisées des tensions assignées de tenue aux chocs en fonction de la tension nominale de l'installation.

Tableau 4 – Tension assignée de tenue aux chocs en fonction de la tension nominale de l'installation

Tension assignée de tenue aux chocs U_{imp} kV	Tension nominale de l'installation	
	Systèmes triphasés V	Système monophasé avec point milieu à la terre V
2,5 ^a		120/240 ^b
4 ^a	230/400	120/240, 240 ^c
NOTE 1 Pour les tensions d'essai de vérification de l'isolation, voir le Tableau 15.		
NOTE 2 Pour les tensions d'essai de vérification de la distance de sectionnement à travers les contacts ouverts, voir le Tableau 16.		
^a Les valeurs 3 kV et 5 kV respectivement sont utilisées pour vérifier les distances de sectionnement à travers les contacts ouverts à l'altitude de 2 000 m (voir le Tableau 16).		
^b Pour les habitudes d'installation au Japon.		
^c Pour les habitudes d'installation dans les pays d'Amérique du Nord.		

Lorsqu'un DPDA est prévu pour être connecté (voir 4.1.1), intégré (voir 4.1.2) ou assemblé (voir 4.1.3) avec un ou plusieurs dispositif(s) de protection déclaré(s) dont les valeurs normalisées de tension assignée de tenue aux chocs sont plus strictes que celles mentionnées dans le Tableau 4, les conditions normales de fonctionnement en service et d'installation de la norme la plus stricte relative au dispositif de protection doivent s'appliquer.

5.5 Coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC)

5.5.1 Généralités

Les DPDA doivent être protégés contre les courts-circuits au moyen de disjoncteurs ou de fusibles satisfaisant à leurs propres normes et conformément aux règles d'installation de la série IEC 60364.

La coordination entre les DPDA et le DPCC doit être vérifiée dans les conditions générales mentionnées en 9.11 afin de vérifier que la protection des DPDA contre les courants de court-circuit est adéquate jusqu'au courant conditionnel de court-circuit I_{nc} .

5.5.2 Courant conditionnel de court-circuit assigné (I_{nc}) et courant conditionnel de court-circuit assigné pour un pôle (I_{nc1})

Valeur efficace du courant présumé, fixée par le constructeur, qu'un DPDA protégé par un DPCC peut supporter, dans des conditions spécifiées, sans altérations irréversibles pouvant compromettre son fonctionnement.

Les conditions sont celles spécifiées en 9.11.

5.5.3 Caractéristiques de fonctionnement du système d'ouverture des DPDA selon 4.1.1

5.5.3.1 Généralités

Le système d'ouverture doit satisfaire à toutes les exigences applicables de la présente norme.

Les acronymes suivants I_{m1} et I_{nc1} sont utilisés pour les essais sur un pôle uniquement.

5.5.3.2 Pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m et I_{m1})

Les conditions du pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m et I_{m1}) en 5.2.4 et 5.2.5 sont celles spécifiées en 9.11.2.2 et en 9.11.2.3.

Les facteurs de puissance associés pour la valeur minimale du pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m et I_{m1}), mentionnés en 5.3.4 et 5.3.5, sont spécifiés dans le Tableau 19 de 9.11.2.1.

5.5.3.3 Pouvoir conditionnel de court-circuit assigné (I_{nc} et I_{nc1})

Les conditions du pouvoir conditionnel de court-circuit assigné (I_{nc} et I_{nc1}) en 5.3.6 sont celles spécifiées en 9.11.2.4.

Les facteurs de puissance associés sont indiqués dans le Tableau 19 de 9.11.2.1.

6 Marquage et autres informations sur le produit

6.1 Marquage

Chaque DPDA doit comporter un marquage indélébile composé de toutes les indications énumérées ci-après ou, pour les petits appareils, de certaines d'entre elles:

Tableau 5 – Marquage et position du marquage

	Marquage ou élément d'information	Position du marquage ou de l'information		
		Visible sur le produit installé	Sur le produit	Dans une brochure
a	le nom du constructeur ou sa marque de fabrique;		X	X
b	la désignation du type, le numéro de catalogue ou le numéro de série;		X	X
c	la/les tension(s) assignée(s);	X		X
d	la fréquence assignée: les DPDA ayant plus d'une fréquence assignée (par exemple, 50/60 Hz) doivent être marqués en conséquence;		X	X
e	le courant assigné;	X		X
f	le pouvoir de coupure et de fermeture assigné;		X	X
g	la position d'emploi si nécessaire;			X
h	le degré de protection (uniquement si différent de IP20);			X
i	le schéma de raccordement;		X	X
j	les références normatives		X	X

Le marquage doit se trouver sur le DPDA lui-même ou sur une ou plusieurs plaque(s) signalétique(s) fixée(s) au DPDA. Ce marquage doit être apposé de façon à être visible et lisible lorsque le DPDA est installé.

L'aptitude au sectionnement, assurée par tous les DPDA de la présente norme, peut être indiquée par la présence du symbole  (IEC 60617-7:2001-07) sur l'appareil. S'il est présent sur l'appareil, ce marquage peut être inclus dans un schéma de câblage, où il peut être combiné aux symboles d'autres fonctions.

NOTE En Australie, ce marquage est obligatoire, mais pas nécessairement visible après installation.

Lorsque le symbole est utilisé seul (c'est-à-dire pas dans un schéma de câblage), la combinaison avec les symboles d'autres fonctions n'est pas permise.

Si un degré de protection supérieur à IP20, selon l'IEC 60529, est marqué sur l'appareil, ce dernier doit y satisfaire, quelle que soit la méthode d'installation. Si le degré de protection plus élevé est obtenu par une méthode spécifique d'installation et/ou l'utilisation d'accessoires particuliers (tels que des couvre-bornes, des enveloppes, etc.), cela doit être spécifié dans la documentation du constructeur.

Si, pour de petits appareils, la place disponible ne permet pas de marquer toutes les indications ci-avant, les indications spécifiées en c et e au moins doivent être marquées et visibles quand celui-ci est installé. Les indications spécifiées en a, b, d, f, i et j peuvent être marquées sur le côté ou au dos de l'appareil et être visibles seulement avant l'installation de l'appareil. Autrement, l'information spécifiée en h i peut être placée à l'intérieur de tout capot qui doit être démonté pour le raccordement à l'alimentation. Toute indication restante non marquée doit être mentionnée dans le catalogue du constructeur.

La position d'ouverture doit être indiquée par le symbole "O" (IEC 60417-5008:2002-10) et la position de fermeture par le symbole "I" (trait vertical court, IEC 60417-5007:2002-10). Des symboles nationaux supplémentaires sont admis pour cette indication. Provisoirement, l'utilisation exclusive de symboles nationaux est autorisée. Ces indications doivent être facilement lisibles quand le DPDA est installé.

Autrement, un bouton demeurant dans sa position enfoncée suffit à indiquer la position de fermeture. Cependant, si le bouton ne reste pas enfoncé, un dispositif additionnel indiquant la position des contacts doit être fourni.

Si une distinction doit être établie entre les bornes d'entrées et de sorties, celles-ci doivent être clairement marquées (par exemple avec les termes "alimentation" et "utilisation" près des bornes correspondantes ou par des flèches indiquant le sens des parcours de la puissance).

Les bornes destinées exclusivement au branchement du circuit neutre doivent être marquées avec la lettre N.

Les bornes destinées au conducteur de protection, le cas échéant, doivent être marquées du symbole  (IEC 60417-5019:2006-08).

Le marquage doit être indélébile, facilement lisible et ne doit pas être placé sur des vis, rondelles détachables ou autres parties amovibles.

Les bornes doivent être compatibles avec tous les types de conducteurs: rigides (massifs ou câblés) et souples, sauf spécification contraire du fabricant.

Pour les bornes universelles (pour les conducteurs rigides à âme massive, rigides à âme câblée et souples):

- pas de marquage.

Pour les bornes non universelles:

- les bornes déclarées pour les conducteurs rigides à âme massive uniquement doivent être marquées par la lettre "s" ou par "sol";
- les bornes prévues pour conducteurs rigides (massifs ou câblés) uniquement doivent être marquées par la lettre "r";

Il convient que le marquage apparaisse sur le DPDA ou, si la place disponible est insuffisante, sur le plus petit emballage ou dans les informations techniques.

Le marquage prévu à l'Article 6 de l'IEC 60898-1 ou IEC 61008-1 ou IEC 61009-1 doit être indiqué, le cas échéant, pour les dispositifs de 4.1.2

La conformité est vérifiée par inspection et selon l'essai mentionné en 9.3, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

6.2 Marquage supplémentaire pour les DPDA, selon 4.1.1

6.2.1 Marquage des DPDA

Les DPDA doivent comporter le marquage suivant:

- a) Courant assigné maximal du dispositif de protection principal avec lequel ils peuvent être connectés (par ex. 32 A max.) pour la protection contre les courts-circuits. Si cette valeur dépend des dispositifs de protection déclarés, la valeur la plus faible est marquée;
- b) Pouvoir de fermeture et de coupure assigné sur un pôle (I_{m1});
- c) Courant conditionnel de court-circuit assigné (I_{nc});
- d) Courant de court-circuit conditionnel assigné sur un pôle (I_{nc1}).

Il est recommandé que les références du dispositif de protection principal auquel le DPDA peut être connecté en série soient marquées.

Le constructeur doit déclarer l'intégrale de Joule I^2t et le courant crête I_p que le DPDA supporte. Lorsque ces valeurs ne sont pas déclarées, les valeurs minimales sont celles données dans le Tableau 18.

Pour les DPDA destinés à être raccordés à plusieurs dispositifs de protection, les valeurs de crête les plus élevées de I^2t et I des dispositifs de protection, déclarées par le constructeur, s'appliquent.

La conformité est vérifiée par inspection et par les essais mentionnés en 9.3 dans la présente norme.

6.2.2 Instructions pour le câblage et le fonctionnement

La feuille de caractéristiques et le catalogue du constructeur du DPDA doivent indiquer avec quel dispositif de protection déclaré et normalisé, conformément à l'IEC 60898-1, l'IEC 61009-1, l'IEC 62423 et/ou l'IEC 60269, il peut être connecté.

Le constructeur doit fournir des instructions adéquates avec le DPDA.

Ces instructions doivent concerner au moins ce qui suit:

- le(s) type(s) et numéro(s) de catalogue(s) qui indiquent notamment le courant et la tension, etc. des dispositif(s) de protection déclaré(s) avec le(s)quel(s) le DPDA est destiné à être raccordé;
- le(s) facteur(s) de déclassement, le cas échéant.

7 Conditions normales de fonctionnement en service et d'installation

7.1 Conditions normales

Les DPDA satisfaisant à cette norme doivent être capables de fonctionner dans les conditions normales suivantes, indiquées dans le Tableau 6.

Tableau 6 – Conditions normales de fonctionnement en service

Grandeurs d'influence	Domaine d'emploi normal	Valeurs de référence	Tolérances pour les essais ^f
Température ambiante ^{a g}	–5 °C à +40 °C ^b	20 °C	± 5 °C
Altitude	Inférieure ou égale à 2 000 m		
Humidité relative maximale à 40 °C	50 % ^c		
Champ magnétique externe	Inférieur ou égal à 5 fois le champ magnétique terrestre dans toutes les directions	Champ magnétique terrestre	^d
Position	Comme indiqué par le constructeur avec une tolérance de 2° dans toutes les directions ^e	Comme indiqué par le constructeur	2 ° dans n'importe quelle direction
Fréquence	Valeur de référence ± 5 % ^f	Valeur assignée	± 2 %
Distorsion de l'onde sinusoïdale	Inférieure ou égale à 5 %	Zéro	5 %
^a La valeur maximale de la température moyenne journalière est de +35 °C. ^b Des valeurs hors de ce domaine sont admises pour des conditions climatiques plus sévères, après accord entre constructeur et utilisateur. ^c Des degrés d'humidité relative plus élevés sont admis à des températures plus basses (par exemple 90 % à 20 °C). ^d Si un DPDA est installé à proximité d'un fort champ magnétique, des exigences complémentaires peuvent être nécessaires. ^e Le dispositif doit être fixé de façon à ne subir aucune déformation susceptible d'affecter ses fonctions. ^f Les tolérances données sont applicables, sauf spécification contraire dans l'essai spécifique. ^g Des limites extrêmes de –20 °C et de +60 °C sont admissibles pendant le stockage et le transport et il convient de les prendre en compte dans la conception de l'appareil.			

Lorsqu'un DPDA est connecté (voir 4.1.1), intégré (voir 4.1.2) ou assemblé (voir 4.1.3) à un ou plusieurs dispositif(s) de protection déclaré(s) associé(s) dont les conditions normales de fonctionnement en service et d'installation sont plus strictes que celles mentionnées dans le Tableau 6, les conditions normales de fonctionnement en service et d'installation de la norme la plus stricte relative au dispositif de protection doivent s'appliquer.

7.2 Conditions d'installation

Les DPDA doivent être installés selon les indications du constructeur.

7.3 Degré de pollution

Les DPDA satisfaisant à la présente norme sont destinés à un environnement au degré de pollution 2, c'est-à-dire que: normalement, seule une pollution non conductrice est constatée, si ce n'est qu'une conductivité temporaire provoquée par la condensation peut être attendue ponctuellement.

8 Exigences de construction et de fonctionnement

8.1 Généralités

Le Module PDA ne doit pas porter atteinte aux principales caractéristiques de fonctionnement du dispositif de protection déclaré. Le Module PDA intégré à un DPDA, selon 4.1.3 et le dispositif de protection doivent provenir du même constructeur ou comporter la même marque de fabrique.

Par conséquent, le constructeur doit déclarer à la fois quel dispositif de protection le Module PDA peut être associé et quel Module PDA est adapté au dispositif de protection.

Un DPDA ne doit pas être conçu de sorte que le Module PDA fournisse un courant entre une phase et le conducteur neutre ou de protection de l'installation responsable du déclenchement d'un autre dispositif.

Les DPDA doivent être conçus et construits de sorte que, en cas d'utilisation normale, leurs performances soient sûres, fiables et sans danger pour l'utilisateur ou l'environnement.

Les DPDA doivent satisfaire à la présente norme, conformément au domaine d'application et aux classifications appropriées.

Les DPDA classés selon 4.1.1 doivent satisfaire aux exigences et aux essais mentionnés dans la présente norme (voir plus particulièrement 6.2, 9.11.2 et 9.18.1).

En ce qui concerne les DPDA destinés à être raccordés à plusieurs dispositifs de protection, une sélection des essais les plus stricts parmi toutes les normes applicables aux dispositifs de protection doit être appliquée une seule fois.

Le degré de protection des DPDA, conformément à 4.1.1, ne doit pas être inférieur au degré de protection du dispositif de protection déclaré auquel ils doivent être raccordés.

Lorsqu'un DPDA peut être raccordé à plusieurs dispositifs de protection déclarés, le degré de protection le plus élevé de toutes les normes applicables, y compris cette norme, s'applique.

Les DPDA classés selon 4.1.2 doivent satisfaire à la norme pertinente du dispositif de protection auquel ils seront intégrés (IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1 ou IEC 62423, selon le cas) ainsi qu'aux exigences et aux essais indiqués dans cette norme.

Lorsque les essais inclus dans cette norme sont également inclus dans l'IEC 60898-1, l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou l'IEC 62423, une sélection des exigences et des essais les plus stricts parmi les normes applicables doit être appliquée une seule fois.

Les DPDA classés selon 4.1.3 doivent satisfaire aux exigences mentionnées dans la présente norme et aux exigences et essais indiqués dans l'Annexe D, le cas échéant.

En ce qui concerne les DPDA destinés à être assemblés avec plusieurs dispositifs de protection, une sélection des essais les plus stricts parmi toutes les normes applicables doit être appliquée une seule fois.

8.2 Réalisation mécanique

8.2.1 Généralités

Le dispositif de détection du courant d'arc et de déclenchement, associé aux risques d'incendie, doit être situé entre les bornes d'entrée et de sortie du DPDA.

Des interventions extérieures ne doivent pas permettre de modifier les caractéristiques de fonctionnement du DPDA.

Aucun procédé ne doit permettre de mettre hors d'état de marche ou d'interdire le fonctionnement du DPDA.

Les instructions doivent indiquer qu'il n'est pas autorisé de raccorder à un DPDA un disjoncteur ou un dispositif de protection contre les surintensités, avec un pouvoir de court-circuit assigné donné, selon 4.1.1, afin de ne pas nuire au fonctionnement en court-circuit.

La conformité est vérifiée avec la documentation.

8.2.2 Mécanisme

Les contacts mobiles de tous les pôles des DPDA multipolaires doivent être couplés mécaniquement de telle façon que tous les pôles, à l'exception du pôle neutre de sectionnement s'il y a lieu, se ferment et s'ouvrent effectivement ensemble, qu'ils soient manœuvrés manuellement ou automatiquement.

Le pôle neutre de sectionnement ne doit pas se fermer après et ne doit pas s'ouvrir avant le(s) autre(s) pôle(s).

Les DPDA doivent être dotés de mécanismes à déclenchement libre.

Il doit être possible d'ouvrir ou de fermer les DPDA manuellement.

Les DPDA doivent être construits de telle façon que les contacts mobiles puissent rester uniquement dans la position de fermeture (voir 3.3.1) ou d'ouverture (voir 3.3.2), même lorsque l'organe de manœuvre est abandonné dans une position intermédiaire.

Les DPDA en position d'ouverture (voir 3.3.2) doivent présenter une distance de sectionnement conforme aux exigences nécessaires pour respecter la fonction sectionnement (voir 3.3.5).

L'indication de la position des contacts principaux doit être fournie par un ou tous les dispositifs suivants:

- la position de l'organe de manœuvre (cette solution étant préférée), ou
- un indicateur mécanique séparé.

Si un indicateur mécanique séparé est utilisé pour indiquer la position des contacts principaux, il doit être de couleur rouge pour la position de fermeture et de couleur verte pour la position d'ouverture.

NOTE Aux Etats-Unis, les couleurs rouges et vertes ne sont pas utilisées pour indiquer la position du contact.

Les moyens d'indication de la position du contact doivent être fiables.

Les DPDA doivent être conçus de telle façon que l'organe de manœuvre, le plastron ou le capot ne puissent être mis en place que de façon à assurer une indication correcte de la position des contacts.

Lorsque les dispositifs pour verrouiller les organes de manœuvre en position d'ouverture sont fournis ou spécifiés par le constructeur, le verrouillage dans cette position doit seulement être possible lorsque les contacts principaux sont en position d'ouverture.

Le verrouillage de l'organe de manœuvre dans la position de fermeture est permis pour des applications particulières.

Lorsque l'organe de manœuvre est utilisé pour indiquer la position des contacts, l'organe de manœuvre, une fois abandonné, doit automatiquement se mettre ou rester dans la position correspondant à celle des contacts mobiles; dans ce cas l'organe de manœuvre doit avoir deux positions de repos distinctes correspondant à la position des contacts, mais, pour l'ouverture automatique, une troisième position distincte de l'organe de manœuvre peut être prévue. Dans ce cas il doit être nécessaire de réarmer le DPDA manuellement avant de pouvoir le refermer.

Le fonctionnement du mécanisme ne doit pas être influencé par la position des enveloppes ou des capots et doit être indépendant de toute partie amovible.

Un capot scellé en place par le constructeur est considéré comme une partie non amovible.

Si le capot est utilisé comme organe de guidage pour les boutons-poussoirs, les boutons de l'extérieur du DPDA ne doivent pas pouvoir être enlevés.

Les organes de manœuvre doivent être solidement fixés sur leurs axes et ils ne doivent pas pouvoir être retirés sans l'aide d'un outil.

Les organes de manœuvre directement fixés aux capots sont autorisés. Si l'organe de manœuvre présente un mouvement de haut en bas et de bas en haut, lorsque le DPDA est monté comme en usage normal, les contacts doivent être fermés par le mouvement de bas en haut.

La conformité aux exigences ci-avant est vérifiée par inspection et essai manuel et, pour le mécanisme à déclenchement libre par les essais mentionnés en 9.11 et en 9.15, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.2.3 Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite (voir l'Annexe B)

Les distances d'isolement et les lignes de fuite minimales sont données dans le Tableau 7 qui est fondé sur le fait que le DPDA est destiné à fonctionner dans des environnements avec degré de pollution 2.

La conformité du point 1 dans le Tableau 7 est vérifiée par mesure et par les essais de 9.7.6.4.1 et 9.7.6.4.2. L'essai est effectué avec des échantillons non soumis au traitement d'humidité, tel que décrit au 9.7.1.

Les distances d'isolement des points 2 et 4 peuvent être réduites à condition que les distances d'isolement mesurées ne soient pas plus courtes que le minimum autorisé dans l'IEC 60664-1:2007 pour les conditions de champs homogènes.

Dans ce cas, après le traitement d'humidité décrit en 9.7.1, la conformité des points 2 et 4 et les conditions mentionnées en ~~9.7.2~~ 9.7.3, points b), c), d) et e), est vérifiée dans l'ordre suivant:

- essais selon ~~9.7.2~~ 9.7.3 à ~~9.7.5~~ 9.7.6, le cas échéant;
- essais, selon 9.7.6.2, appliqués avec les tensions d'essai indiquées dans le Tableau 15 et avec les conditions d'essai mentionnées en 9.7.2, points b), c), d) et e).

Si les mesures ne démontrent aucune réduction des distances d'isolement, l'essai de 9.7.7.2 n'est pas appliqué.

La conformité du point 3 dans le Tableau 7 est vérifiée par mesure.

NOTE 1 Toutes les mesures obligatoires mentionnées dans 8.2.3 sont effectuées à la séquence d'essai A sur un échantillon et les essais mentionnés en ~~9.7.6~~ 9.7.7.2 sont effectués trois échantillons de la séquence d'essai B.

Certaines parties des circuits imprimés connectées aux parties actives protégées contre la pollution par l'utilisation d'une protection de type 2, selon l'IEC 60664-3, sont dispensées de cette vérification.

Les matériaux isolants sont classés en groupes de matériaux, en fonction de leur indice comparatif de résistance au cheminement (IRC), conformément à 4.8.1 de l'IEC 60664-1:2007.

Tableau 7 – Distances d'isolement et lignes de fuite minimales (1 de 2)

	Distances d'isolement minimales mm			Lignes de fuite minimales ^{e, f} mm											
				Groupe IIIa ^h (175 V ≤ CTI < 400 V) ^d				Groupe II (400 V ≤ CTI < 600 V) ^d				Groupe I (600 V ≤ CTI) ^d			
	Tension assignée V			Tension de service ^e V											
	<i>U_{imp}</i>														
	2,5 kV	4 kV	4 kV												
Description	120/240 120	120/240 240	230/400 230 400	> 25 ≤ 50 ⁱ	120	250	400	> 25 ≤ 50 ⁱ	120	250	400	> 25 ≤ 50 ⁱ	120	250	400
1. entre parties actives séparées lorsque les contacts principaux sont en position d'ouverture ^a	2,0	4,0	4,0	1,20	2,00	4,0	4,0	0,90	2,00	4,0	4,0	0,60	2,00	4,0	4,0
2. entre parties actives de polarité différente ^a	1,5	3,0	3,0	1,20	1,50	3,0	4,0	0,90	1,50	3,0	3,0	0,60	1,50	3,0	3,0
3. entre circuits alimentés par des sources différentes, l'une d'elles étant en TBTP ou TBTS ^g	3,0	6,0	8,0		3,0	6,0	8,0		3,0	6,0	8,0		3,0	6,0	8,0
				Tension assignée V											
				120/240	230/400		120/240		230/400		120/240		230/400		
4. entre parties actives et – les surfaces accessibles des organes de manœuvre – les vis ou autres organes de fixation des capots qui doivent être retirés lors du montage du DPDA – la surface sur laquelle le DPDA est monté ^b – les vis ou les autres organes de fixation du DPDA ^b – les capots ou boîtes métalliques ^b – les autres parties métalliques accessibles ^c – les bâtis métalliques supportant des DPDA de type à encastrer	1,50	3,0	3,0	1,50	4,0		1,50		3,0		1,50		3,0		

Tableau 7 (2 de 2)

NOTE 1 Les valeurs données pour 400 V sont aussi valables pour 440 V.
NOTE 2 Les parties du chemin du neutre, le cas échéant, sont considérées comme des parties actives.
NOTE 3 Il convient de prendre des précautions pour assurer des distances d'isolement et des lignes de fuite adéquates entre les parties actives de polarité différentes des DPDA de type enfichable placés les uns à côté des autres. Si les exigences pour les distances d'isolement et pour les lignes de fuite ne répondent pas à toutes les surfaces adjacentes du DPDA, une information appropriée sera fournie pour les procédures d'installation.
^a Pour les contacts auxiliaires et de commande, les valeurs sont données dans la norme correspondante. ^b Les valeurs sont doublées si les distances d'isolement et les lignes de fuite entre les parties actives du dispositif et l'écran métallique ou la surface sur laquelle le PDA est monté ne dépendent pas uniquement de la conception du DPDA, de façon qu'elles puissent être réduites lorsque ce dernier est monté dans les conditions les plus défavorables. ^c Y compris une feuille métallique en contact avec les surfaces en matériau isolant, accessibles après installation pour un usage normal. La feuille est poussée dans les coins, les rainures, etc., au moyen d'un doigt d'essai rigide et rectiligne, en accord avec 9.6 (voir la Figure 3). ^d Voir l'IEC 60112:2003. ^e L'interpolation est admise lors de la détermination de lignes de fuite correspondant à des valeurs de tension intermédiaires par rapport à celles citées comme tension de service. Lors de l'interpolation, une interpolation linéaire doit être utilisée et les valeurs doivent être arrondies au même nombre de chiffres que les valeurs issues des tableaux. Pour la détermination des lignes de fuite, voir l'Annexe B. ^f Les lignes de fuite ne peuvent pas être inférieures aux distances d'isolement associées. ^g Pour couvrir toutes les tensions, y compris la TBT, d'un contact auxiliaire. ^h Pour le groupe de matériaux IIIb ($100 \text{ V} \leq \text{CTI} < 175 \text{ V}$), les valeurs pour le groupe de matériaux IIIa multipliées par 1,6 s'appliquent. ⁱ Pour des tensions de service jusqu'à 25 V inclus, il peut être fait référence à l'IEC 60664-1:2007.

NOTE 2 L'information sur les exigences pour la conception de l'isolation solide et des essais appropriés est fournie dans l'IEC 60664-1:2007, 5.3 et 6.1.3.

NOTE 3 Pour les distances d'isolement sur les matériaux de circuits imprimés, la Note 3 suivante du Tableau F.2 de l'IEC 60664-1:2007 peut être utilisée: "Pour les matériaux de circuits imprimés, les valeurs pour le degré de pollution 1 s'appliquent avec, pour exception, que les valeurs ne doivent pas être inférieures à 0,04 mm, comme spécifié dans le Tableau F.4.". Pour les lignes de fuite sur les matériaux de circuits imprimés, les distances du Tableau F.4 de l'IEC 60664-1:2007 peuvent être utilisées si elles sont protégées par un revêtement, satisfaisant aux exigences et essais de l'IEC 60664-3.

NOTE 4 Le dimensionnement des distances d'isolement et des lignes de fuite, pour les intervalles égaux ou inférieurs à 2 mm, pour les cartes de circuits imprimés, peut être optimisé dans certaines conditions en cas d'utilisation de l'IEC 60664-5. Seuls les niveaux d'humidité HL2 et HL3 sont considérés.

8.2.4 Vis, parties transportant le courant et connexions

8.2.4.1 Les connexions, qu'elles soient électriques ou mécaniques, doivent résister aux efforts mécaniques qui se produisent en usage normal.

Les vis mises en œuvre pour le montage du DPDA lors de son installation ne doivent pas être du type vis autotaraudeuses à découpe.

NOTE 1 Les vis (ou écrous) mises en œuvre lors du montage du DPDA comprennent les vis pour la fixation des capots ou des plaques de recouvrement, mais pas les moyens de connexion pour les conduits filetés et pour la fixation de la base du DPDA.

La conformité est vérifiée par l'essai mentionné en 9.4, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

NOTE 2 Il est considéré que les connexions à vis sont vérifiées par les essais de 9.8, 9.11, 9.12 et 9.20.

8.2.4.2 Pour les vis s'engageant dans un filetage en matériau isolant et mises en œuvre lors du montage du DPDA pendant l'installation, une introduction correcte de la vis dans le trou fileté ou l'écrou doit être assurée.

La conformité est vérifiée par inspection et par un essai manuel.

NOTE L'exigence concernant l'introduction correcte est satisfaite si l'introduction en biais de la vis est évitée, par exemple, au moyen d'un guidage de la vis à l'aide de la partie à fixer, par un évidement dans la partie femelle du filetage ou par l'emploi d'une vis dont le début du filet a été enlevé.

8.2.4.3 Les connexions électriques doivent être conçues de telle façon que la pression de contact ne se transmette pas par l'intermédiaire de matériaux isolants autres que de la céramique, du mica pur ou autres matières présentant des caractéristiques au moins équivalentes, sauf si un retrait ou fléchissement éventuel de la matière isolante est susceptible d'être compensé par une élasticité suffisante des parties métalliques.

La conformité est vérifiée par inspection.

NOTE Le caractère approprié de la matière est estimé par rapport à la stabilité des dimensions.

8.2.4.4 Les parties transportant le courant, y compris les parties destinées aux conducteurs de protection, doivent être faites, le cas échéant, d'un métal ayant, dans les conditions se manifestant dans l'appareil, une résistance mécanique, une conductivité électrique et une résistance à la corrosion suffisantes pour l'utilisation qui leur est destinée.

Des exemples de matériaux appropriés sont donnés ci-après:

- soit en cuivre;
- soit en alliage contenant au moins 58 % de cuivre pour les pièces obtenues par laminage à froid ou au moins 50 % de cuivre pour les autres;
- soit en un autre métal ou un métal avec revêtement adapté, résistant aussi bien que le cuivre à la corrosion et ayant des propriétés mécaniques équivalentes.

En cas d'utilisation d'alliages ferreux ou de métal ferreux avec revêtement adapté, la conformité à la résistance à la corrosion est vérifiée par un essai de résistance à la rouille (voir 9.16).

Les exigences de ce paragraphe 8.2.4.4 ne s'appliquent pas aux contacts, circuits magnétiques, éléments chauffants, éléments bimétalliques, shunts, parties des dispositifs électroniques ni aux vis, écrous, rondelles, plaques de serrage, parties similaires des bornes et parties du circuit d'essai.

8.2.5 Bornes pour conducteurs externes

8.2.5.1 Les bornes pour conducteurs externes doivent être telles que les conducteurs puissent être connectés de sorte que la pression de contact nécessaire soit maintenue de façon permanente.

Dans la présente norme, seules les bornes à vis pour conducteurs externes en cuivre sont considérées.

Des dispositifs de connexion pour barres sont admis pourvu qu'ils ne soient pas utilisés pour la connexion de câbles.

De tels dispositifs peuvent être du type enfichable ou du type à boulons.

Les bornes doivent être facilement accessibles dans les conditions prévues d'emploi.

La conformité est vérifiée par l'essai mentionné en 9.5, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.2.5.2 Les DPDA doivent être munis de bornes permettant la connexion de conducteurs en cuivre ayant les sections nominales indiquées dans le Tableau 8.

NOTE Des exemples de configurations de bornes sont indiqués à l'Annexe IB.

Les bornes du DPDA, conformément à 4.1.1, doivent pouvoir être raccordées à l'ensemble des sections nominales des conducteurs, spécifiées dans les normes relatives aux dispositifs de protection déclarés, pour les courants assignés des dispositifs de protection déclarés auxquels elles sont conçues pour être raccordées.

La conformité est vérifiée par inspection, par mesures et par l'introduction successive de conducteurs de la plus petite et de la plus grande section spécifiée.

Tableau 8 – Sections des conducteurs de cuivre à connecter pour bornes à vis

Courant assigné ^b A		Plage des sections nominales à serrer ^a mm ²	
Supérieur à	Jusqu'à inclusivement	Conducteurs rigides (massifs ou câblés)	Conducteurs souples
–	13	1 à 2,5	1 à 2,5
13	16	1 à 4	1 à 4
16	25	1,5 à 6	1,5 à 6
25	32	2,5 à 10	2,5 à 6
32	50	4 à 16	4 à 10
50	80	10 à 25	10 à 16
NOTE Pour les conducteurs en cuivre AWG, voir l'Annexe IC.			
^a Pour des valeurs nominales de courant allant jusqu'à 50 A inclus, les bornes doivent être conçues pour serrer aussi bien des conducteurs massifs que des conducteurs câblés rigides. Toutefois, les bornes pour conducteurs de section 1 mm ² à 6 mm ² peuvent être conçues pour serrer seulement des conducteurs massifs. ^b Une série de DPDA ayant la même conception de base et réalisation des bornes, les bornes sont munies de conducteurs en cuivre de la plus petite section pour le courant assigné minimal et de la plus grande section pour le courant assigné maximal, comme spécifié, massif et câblé, selon le cas.			

8.2.5.3 Les dispositifs de serrage des conducteurs dans les bornes ne doivent servir à la fixation d'aucun autre constituant, bien qu'ils puissent maintenir en place les bornes ou les empêcher de tourner.

La conformité est vérifiée par inspection et selon l'essai mentionné en 9.5, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.2.5.4 Les bornes pour courants assignés jusqu'à 32 A inclus doivent permettre la connexion des conducteurs sans préparation spéciale.

La conformité est vérifiée par inspection.

NOTE Le terme "préparation spéciale" comprend l'étamage du fil du conducteur, l'utilisation de cosses, la formation d'œillets, etc., mais ne comprend pas la remise en forme du conducteur avant son introduction dans la borne, ou le torsadage d'un conducteur souple pour en consolider l'extrémité.

8.2.5.5 Les bornes doivent avoir une résistance mécanique appropriée.

Les vis et les écrous pour le serrage des conducteurs doivent avoir un pas métrique ISO ou un filetage d'un pas comparable et d'une résistance mécanique équivalente.

La conformité est vérifiée par inspection et selon les essais mentionnés en 9.4 et 9.5.1, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.2.5.6 Les bornes doivent être conçues de manière à serrer le conducteur sans lui occasionner de dommages majeurs.

La conformité est vérifiée par inspection et selon l'essai mentionné en 9.5.2, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.2.5.7 Les bornes doivent être conçues de manière à serrer le conducteur de façon sûre et entre surfaces métalliques.

La conformité est vérifiée par inspection et selon les essais mentionnés en 9.4 et 9.5.1, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.2.5.8 Les bornes doivent être conçues ou placées de manière que ni un conducteur rigide massif ni un brin d'un conducteur câblé ne puissent s'échapper alors que les vis ou écrous sont serrés.

Cette exigence ne s'applique pas aux bornes pour cosses et barrettes.

La conformité est vérifiée par l'essai mentionné en 9.5.3, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.2.5.9 Les bornes doivent être fixées ou situées de façon que, lorsque les vis ou écrous de serrage sont serrés ou desserrés, leurs fixations ne se desserrent pas.

Ces exigences n'impliquent pas que les bornes doivent être conçues de manière telle que leur rotation ou déplacement soit empêché, mais tout mouvement doit être suffisamment limité pour empêcher la non-conformité aux exigences de la présente norme.

L'utilisation d'une matière de remplissage ou d'une résine est considérée comme suffisante pour empêcher une borne de prendre du jeu à condition que:

- la matière de remplissage ou la résine ne soit pas soumise à des contraintes en usage normal;
- l'efficacité de la résine ou de la matière de remplissage ne soit pas altérée par les températures atteintes par la borne dans les conditions les plus défavorables spécifiées dans cette norme.

La conformité est vérifiée par inspection, par mesure et selon l'essai mentionné en 9.4, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.2.5.10 Les vis ou écrous de serrage des bornes destinés à la connexion des conducteurs de protection doivent être prémunis de façon adéquate contre un desserrage accidentel et il ne doit pas être possible de les desserrer sans l'aide d'un outil.

La conformité est vérifiée par un essai manuel.

En général, les modèles de bornes dont des exemples sont donnés à l'Annexe IB procurent une élasticité suffisante pour satisfaire à l'exigence; pour d'autres modèles, des dispositions spéciales telles que l'utilisation d'une pièce élastique convenable, qui n'est pas susceptible d'être retirée par inadvertance, peut être nécessaire.

8.2.5.11 Les vis et écrous destinés à la connexion des conducteurs externes doivent s'engager dans un filetage métallique et les vis ne doivent pas être autotaraudeuses.

8.3 Protection contre les chocs électriques

Les DPDA doivent être conçus de telle façon que, lorsqu'ils sont fixés et raccordés comme en usage normal, les parties actives ne soient pas accessibles.

NOTE Le terme "usage normal" implique que les DPDA sont installés selon les instructions du constructeur.

Une partie est considérée "accessible" si elle peut être touchée avec le doigt d'essai normalisé (voir en 9.6).

Dans le cas des DPDA autres que ceux du type enfichable, les parties extérieures autres que les vis ou autres organes de fixation des capots et étiquettes, accessibles lorsque les DPDA sont fixés et raccordés comme en usage normal, doivent être en matière isolante ou entièrement revêtues de matière isolante, à moins que les parties actives ne soient enfermées dans une enveloppe intérieure en matière isolante.

Les revêtements doivent être fixés de façon à ne pas risquer d'être perdus au cours de l'installation des DPDA. Ils doivent disposer de l'épaisseur et de la résistance mécanique suffisantes et offrir une protection adéquate aux endroits présentant des angles vifs.

Les entrées de câbles ou de conduits doivent être en matière isolante ou munies de manchons ou dispositifs analogues en matière isolante. Ces dispositifs doivent être fixés de façon sûre et disposer d'une résistance mécanique suffisante.

Dans le cas des DPDA enfichables, les parties extérieures autres que les vis ou autres organes de fixation des capots, accessibles en usage normal, doivent être en matière isolante.

Les organes de manœuvre métalliques doivent être isolés des parties actives et leurs parties conductrices, qui autrement seraient des "parties conductrices exposées", doivent être revêtues de matière isolante, à l'exception de celles permettant d'accoupler les organes de manœuvre isolés de plusieurs pôles.

Les parties métalliques du mécanisme ne doivent pas être accessibles. En outre, elles doivent être isolées des parties métalliques accessibles, des bâtis métalliques supportant la base des DPDA de type encastré, des vis ou autres organes de fixation de la base sur son support et des plaques métalliques utilisées comme support.

Les DPDA enfichables doivent pouvoir être remplacés facilement, sans toucher aux parties actives.

Le vernis et l'émail ne sont pas considérés comme assurant un isolement suffisant au sens du présent paragraphe.

La conformité est vérifiée par inspection et selon l'essai mentionné en 9.6, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.4 Propriétés diélectriques et aptitude au sectionnement

Les DPDA doivent avoir des propriétés diélectriques appropriées et doivent assurer le sectionnement.

Les circuits de commande connectés au circuit principal ne doivent pas être endommagés par des tensions continues élevées résultant des mesures d'isolement qui sont normalement effectuées après que les DPDA ont été installés.

La conformité est vérifiée par les essais mentionnés en 9.7, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.5 Echauffement

8.5.1 Limites d'échauffement

Les échauffements des parties d'un DPDA spécifiés dans le Tableau 9, mesurés dans les conditions indiquées en 9.8.2, ne doivent pas dépasser les valeurs limites indiquées dans le Tableau 9

Le DPDA ne doit pas subir de dommages de nature à affecter ses fonctions et son utilisation en toute sécurité.

Tableau 9 – Valeurs des échauffements

Parties ^{a, b}	Echauffement K
Bornes pour des connexions externes ^c	65
Parties extérieures susceptibles d'être touchées lors d'une manœuvre manuelle du DPDA, y compris les organes de manœuvre en matière isolante et les organes métalliques des moyens de couplage isolés pour le fonctionnement de plusieurs pôles	40
Parties métalliques extérieures des organes de manœuvre	25
Autres parties extérieures, y compris la face du DPDA en contact direct avec la surface de montage	60
^a Il n'est pas spécifié de valeur pour les contacts, dans la mesure où la conception de la plupart des DPDA est telle que la mesure directe de la température de ces parties ne peut pas être effectuée sans risquer de provoquer des altérations ou le déplacement de parties susceptibles d'affecter la reproductibilité des essais. L'essai de fiabilité (voir 9.19) est considéré suffisant pour la vérification indirecte du comportement des contacts vis-à-vis des échauffements non admissibles en service.	
^b Il n'est pas spécifié de valeur pour les parties autres que celles indiquées dans le tableau, mais les parties adjacentes en matière isolante ne doivent pas subir de dommages et le fonctionnement du DPDA ne doit pas être affecté.	
^c Pour les DPDA du type enfichable, les bornes de la base sur laquelle les DPDA sont installés.	

Lorsqu'un DPDA est raccordé (voir 4.1.1), intégré (voir 4.1.2) ou assemblé (voir 4.1.3) à un ou plusieurs dispositif(s) de protection déclaré(s) associé(s) dont les conditions normales d'échauffement sont plus strictes que celles mentionnées dans le Tableau 9, les conditions normales de fonctionnement en service et d'installation de la norme la plus stricte relative au dispositif de protection doivent s'appliquer (IEC 60898, IEC 61008, IEC 61009, IEC 62423).

8.5.2 Température de l'air ambiant

Les limites d'échauffement indiquées dans le Tableau 9 sont seulement applicables si la température de l'air ambiant demeure entre les limites indiquées dans le Tableau 6.

8.6 Caractéristiques de fonctionnement

8.6.1 Caractéristiques de fonctionnement du dispositif de protection

Les DPDA classés selon 4.1.2 doivent satisfaire aux caractéristiques de fonctionnement de la norme pertinente du dispositif de protection auquel ils sont intégrés (IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1 ou IEC 62423, selon le cas).

La conformité est vérifiée en menant à bien tous les essais pertinents de la norme applicable spécifiée.

Les DPDA classés selon 4.1.3 doivent satisfaire aux caractéristiques de fonctionnement de la norme pertinente du dispositif de protection avec lequel ils sont assemblés (IEC 60898, IEC 61008-1, IEC 61009-1 ou IEC 62423, selon le cas).

La conformité est vérifiée en menant à bien tous les essais pertinents de la norme applicable spécifiée et de l'Annexe D.

8.6.2 Caractéristiques de fonctionnement

8.6.2.1 Généralités

Les caractéristiques de fonctionnement des DPDA doivent satisfaire aux exigences suivantes.

La conformité des paragraphes suivants est vérifiée par les essais mentionnés dans 9.9.

8.6.2.2 Fonctionnement en cas de défaut d'arc en série

Le fonctionnement des DPDA en cas de présence d'un courant de défaut d'arc doit respecter la durée de coupure indiquée dans le Tableau 1 ou 2, selon le cas.

La conformité est vérifiée par les essais mentionnés en 9.9.2.

8.6.2.3 Fonctionnement en cas de défaut d'arc parallèle

Le fonctionnement des DPDA en cas de défaut d'arc parallèle doit respecter le nombre de demi-cycles d'arc dans le Tableau 3.

La conformité est vérifiée par les essais mentionnés en 9.9.3.

8.7 Endurance mécanique et électrique

Les DPDA doivent être capables d'effectuer un nombre spécifié d'opérations mécaniques et électriques appropriées.

La conformité est vérifiée par l'essai mentionné en 9.10, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.8 Tenue aux courants de courts-circuits

Les DPDA doivent pouvoir effectuer un nombre spécifié d'opérations en court-circuit, pendant lesquelles ils ne doivent ni mettre en danger l'opérateur ni engendrer un amorçage entre les parties conductrices sous tension ou entre ces dernières et la terre.

La conformité est vérifiée par les essais mentionnés en 9.11, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.9 Tenue aux contraintes mécaniques

Les DPDA doivent avoir une résistance mécanique appropriée pour supporter les contraintes qui leur sont imposées pendant l'installation et l'utilisation.

La conformité est vérifiée par l'essai mentionné en 9.12, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.10 Résistance à la chaleur

Les DPDA doivent être suffisamment résistants à la chaleur.

La conformité est vérifiée par l'essai mentionné en 9.13, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.11 Résistance à la chaleur anormale et au feu

Les parties extérieures des DPDA en matériau isolant ne doivent pas être susceptibles de s'enflammer et de propager le feu si des parties transportant le courant, dans des conditions de défaut ou de surcharge, atteignent à leur voisinage une température élevée. La résistance à la chaleur anormale et au feu des autres parties en matière isolante est considérée vérifiée par les autres essais de la présente norme.

La conformité est vérifiée par l'essai mentionné en 9.14, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.12 Comportement des DPDA en cas de surintensité dans le circuit principal

Les DPDA doivent remplir les conditions spécifiées de surintensité.

La conformité est vérifiée par l'essai mentionné en 9.17, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.13 Comportement des DPDA en cas d'ondes de courant produites par des ondes de tension

Les DPDA doivent supporter de façon appropriée les ondes de courant à la terre dues à la charge des capacités de l'installation et les ondes de courant dues à des amorçages dans l'installation.

La conformité est vérifiée par les essais mentionnés en 9.18, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.14 Fiabilité

Les DPDA doivent encore fonctionner de façon sûre, même après un long service, compte tenu du vieillissement de leurs composants.

La conformité est vérifiée par les essais mentionnés en 9.19 et 9.20, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.15 Compatibilité électromagnétique (CEM)

Les DPDA doivent satisfaire aux exigences CEM appropriées.

La conformité est vérifiée par les essais mentionnés en 9.21, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.16 Essai d'aveuglement pour un fonctionnement correct en présence de divers appareils connectés au côté aval

Les DPDA ne doivent pas être aveuglés et doivent pouvoir continuer à détecter le défaut d'arc si divers appareils sont connectés au côté aval.

La conformité est vérifiée par les essais mentionnés en 9.9.4.

8.17 Performances du module PDA

Un DPDA doit être doté d'une fonction d'essai à actionnement manuel ou automatique, ou les deux, qui contrôle le circuit de détection d'arc.

La fonction d'essai automatique doit être exécutée à chaque démarrage et à intervalles ne dépassant pas au moins une fois par jour.

Pendant les essais automatiques, il n'est pas nécessaire d'ouvrir les contacts en exécutant l'essai.

NOTE 1 Les parties mécaniques du mécanisme sont vérifiées au moyen des essais d'endurance. Les contacts sont vérifiés par le biais des essais de court-circuit. Pour cette raison, ces parties sont supposées être très fiables et ne doivent pas faire l'objet d'un essai périodique.

En cas d'essai manuel, le dispositif doit se déclencher.

NOTE 2 Des exigences supplémentaires et la procédure d'essai pour tester les performances manuellement ou automatiquement sont à l'étude.

En cas de détection d'un dysfonctionnement au cours des essais automatiques, le DPDA doit se déclencher et indiquer le résultat.

Les DPDA dotés d'une fonction DDR ont besoin d'un dispositif d'essai, conformément à la norme de produit pertinente.

Le conducteur de protection de l'installation ne doit pas être mis sous tension (le courant de contact et/ou de la tension de contact doit être limitée en-dessous des niveaux dangereux selon la série de normes IEC 60364 et IEC 60479) ~~est actionné~~ pendant l'essai de fonctionnement.

A des fins de vérification, le constructeur doit fournir la documentation nécessaire pour le circuit de la fonction d'essai.

8.18 Performances en cas de perte partielle des raccordements à l'alimentation

Les DPDA tripolaires et quadripolaires doivent également se comporter comme exigé en cas de défaut d'arc en série, en parallèle et à la terre lorsqu'ils sont connectés comme suit:

- pour un DPDA tripolaire, avec deux phases seulement;
- pour un DPDA quadripolaire: avec trois phases sans neutre, avec deux phases seulement, et une phase et neutre.

La conformité est vérifiée par les essais de 9.23.

9 Procédure d'essai

9.1 Généralités

9.1.1 Procédure d'essai générale pour les différents types de DPDA

Les DPDA classés selon 4.1.1 doivent être connectés en série avec le(s) dispositif(s) de protection déclaré(s) qui satisfont à l'IEC 60898-1 ou l'IEC 61009-1 ou l'IEC 62423 ou l'IEC 60269, pour les essais mentionnés en 9.11.2.5,

Pour les DPDA destinés à être raccordés à plusieurs dispositifs de protection, la procédure d'essai est appliquée avec les valeurs les plus élevées de I^2t et I crête des dispositifs de protection, déclarées par le constructeur.

Le(s) dispositif(s) de protection déclaré(s) doivent satisfaire aux essais de:

- l'IEC 60898-1 pour les disjoncteurs;
- l'IEC 61009-1 ou l'IEC 62423 pour les DD;
- la série IEC 60269 pour les fusibles

selon le cas.

Les DPDA classés selon 4.1.2 doivent dans un premier temps être soumis à essai conformément à l'IEC 60898-1, l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou l'IEC 62423, selon le cas.

Une fois les essais mentionnés dans l'IEC 60898-1, la IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou l'IEC 62423 exécutés, les essais supplémentaires indiqués dans la présente norme doivent être appliqués afin de démontrer la conformité à cette norme.

Si les essais inclus dans cette norme sont également présents dans l'IEC 60898-1, l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou l'IEC 62423, les essais les plus stricts parmi toutes les normes applicables doivent être appliqués une seule fois, mais les critères d'acceptation combinent les critères d'acceptation de toutes les normes applicables.

Les DPDA classés selon 4.1.3 doivent dans un premier temps être assemblés, tel que déclaré par le constructeur, au(x) dispositif(s) de protection déclaré(s) (conformément aux instructions des constructeurs) qui satisfait/satisfont à l'IEC 60898-1, l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou l'IEC 62423, selon le cas.

La procédure d'essai indiquée dans la présente norme ainsi que les exigences supplémentaires et l'essai mentionné dans l'Annexe D doivent ensuite s'appliquer.

En ce qui concerne les DPDA destinés à être assemblés à plusieurs dispositifs de protection, la procédure d'essai doit être répétée pour chaque dispositif de protection déclaré par le constructeur ou les essais les plus stricts parmi toutes les normes applicables doivent être appliqués une seule fois, mais les critères d'acceptation combinent les critères d'acceptation de toutes les normes applicables.

L'Annexe A fournit la séquence d'essais et le nombre d'échantillons nécessaire pour mettre les DPDA à l'essai.

9.1.2 Les caractéristiques des DPDA se vérifient par les essais de type

La liste des essais de type spécifiés par la présente norme est indiquée dans le Tableau 10:

Tableau 10 – Liste des essais de type

Essai	Paragraphe
– Indélébilité du marquage	9.3 ^a
– Sûreté des vis, partie transportant le courant et connexions	9.4 ^a
– Sûreté des bornes pour conducteurs externes	9.5 ^a
– Protection contre les chocs électriques	9.6 ^a
– Propriétés diélectriques	9.7 ^a
– Echauffement	9.8
– Caractéristique de fonctionnement	9.9
– Endurance mécanique et électrique	9.10 ^a
– Comportement en conditions de court-circuit	9.11
– Tenue aux contraintes mécaniques	9.12 ^a
– Résistance à la chaleur	9.13 ^a
– Résistance à la chaleur anormale et au feu	9.14 ^a
– Vérification des mécanismes à déclenchement libre	9.15
– Essai de résistance à la rouille	9.16
– Vérification de la valeur limite du courant de non-fonctionnement en cas de surintensité	9.17
– Comportement en cas d'ondes de courant produites par des ondes de tension	9.18
– Vérification de la fiabilité	9.19
– Vérification du vieillissement des composants électroniques	9.20
– Compatibilité électromagnétique	9.21
– Vérification de la protection en raison d'une surtension due à une rupture de neutre dans un système triphasé	9.22
– Vérification du comportement en cas de perte partielle des raccordements à l'alimentation	9.23
^a Pour les DPDA classés selon 4.1.2, ces essais sont déjà couverts par les essais, conformément à la norme pertinente pour les DDR ou les disjoncteurs et n'ont pas besoin d'être répétés.	

9.1.3 Exécution des essais de type selon une séquence d'essais, en vue d'une certification

NOTE Le terme "certification" recouvre:

- une déclaration de conformité du constructeur;
- ou la certification par tierce partie, par exemple par un organisme certificateur indépendant.

La séquence d'essais et le nombre d'échantillons à soumettre à ces essais sont indiqués dans l'Annexe A.

Sauf spécification contraire, chaque séquence d'essais est réalisée sur un nouveau DPDA. Les grandeurs d'influence ont leurs valeurs de référence normales (voir le Tableau 6).

9.1.4 Exécution des essais individuels de série par le constructeur sur chaque dispositif

Les essais individuels de série des DPDA sont indiqués dans l'Annexe E.

L'essai individuel de série des caractéristiques de fonctionnement des dispositifs de protection déclarés pour les DPDA classés selon 4.1.2 et 4.1.3 doit être appliqué

conformément aux normes relatives aux dispositifs de protection déclarés, à savoir l'IEC 60898-1, l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou l'IEC 62423, selon le cas.

9.2 Conditions d'essai

Le DPDA est monté individuellement, selon les instructions du constructeur et à l'air libre, à une température ambiante comprise entre 20°C et 25 °C, sauf spécification contraire et est protégé contre un réchauffement ou un refroidissement externe excessif.

Les DPDA conçus pour être installés dans des enveloppes individuelles sont soumis à essai dans la plus petite des enveloppes spécifiées par le constructeur.

NOTE 1 Une enveloppe individuelle est une enveloppe conçue pour ne recevoir qu'un seul appareil.

Sauf spécification contraire, en raison de la présence du dispositif de protection déclaré, le DPDA est équipé du câble approprié ayant les sections spécifiées au Tableau 11 et fixé sur un panneau de contre-plaqué, peint en noir mat, d'au moins 20 mm d'épaisseur, le mode de fixation doit être conforme aux exigences de montage recommandées par le constructeur.

Tableau 11 – Conducteurs d'essais en cuivre correspondant aux courants assignés

Courant assigné I_n A	$I_n \leq 6$	$6 < I_n \leq 13$	$13 < I_n \leq 20$	$20 < I_n \leq 25$	$25 < I_n \leq 32$	$32 < I_n \leq 50$	$50 < I_n \leq 63$
S mm ²	1	1,5	2,5	4	6	10	16

NOTE 2 Pour les conducteurs AWG, voir l'Annexe IC.

En l'absence de spécifications sur les tolérances, les essais de type sont effectués à des valeurs au moins aussi sévères que celles spécifiées dans la présente norme. Sauf spécification contraire, les essais sont effectués à la fréquence assignée ± 5 %.

Pendant les essais, l'entretien et le démontage des échantillons ne sont pas autorisés.

Pour les essais mentionnés en 9.8, 9.9, 9.19.3 et 9.20, le DPDA est connecté comme suit:

- les connexions sont exécutées au moyen de câbles à âme massive en cuivre, isolés au PVC;
- les connexions sont à l'air libre et leur écartement n'est pas inférieur à la distance entre les bornes;
- la longueur minimale de chaque connexion provisoire de borne à borne est de:
 - 1 m pour les sections ≤ 10 mm²;
 - 2 m pour les sections > 10 mm².

Les couples de serrage à appliquer aux vis des bornes sont égaux aux deux tiers de ceux qui sont spécifiés dans le Tableau 12.

Dans le cas des DPDA à opération manuelle dépendante, une vitesse de manœuvre de 0,1 m/s ± 25 % doit être utilisée pendant la mise en œuvre des essais mentionnés en 9.10 et 9.11. Cette vitesse est mesurée aux extrémités quand et où l'organe de manœuvre de l'appareil d'essai touche l'organe de manœuvre du DPDA en essai. Pour les manettes rotatives, leur vitesse angulaire doit essentiellement correspondre aux conditions ci-dessus, appliquées à la vitesse (mesurée à ses extrémités) de l'organe de manœuvre du DPDA soumis à essai.

9.3 Essai de l'indélébilité du marquage

L'essai est effectué en frottant le marquage à la main pendant 15 s avec un chiffon de coton imbibé d'eau, puis pendant 15 s avec un chiffon de coton imbibé d'hexane aliphatique (avec une teneur maximale en carbures aromatiques de 0,1 % en volume, un indice de kauributanol de 29, une température initiale d'ébullition d'environ 65 °C, une température de point sec d'environ 69 °C et une masse spécifique de 0,68 g/cm³).

Le marquage par empreinte, moulage ou gravure, n'est pas soumis à cet essai.

Après cet essai, le marquage doit être facilement lisible. Après la totalité des essais de la présente norme, le marquage doit aussi être facilement lisible.

Les étiquettes ne doivent pas pouvoir être facilement enlevées, ni se recroqueviller.

9.4 Essai de la sûreté des vis, des parties transportant le courant et des connexions

La conformité aux exigences de 8.1.4 est vérifiée par inspection et, pour les vis et écrous manœuvrés lors du montage et de la connexion du DPDA, par l'essai suivant.

Les vis ou les écrous sont serrés et desserrés:

- 10 fois pour les vis avec engagement dans un filetage en matériau isolant;
- 5 fois dans tous les autres cas.

Les vis ou écrous avec engagement dans un filetage en matériau isolant sont complètement retirés et réinsérés à chaque fois.

L'essai est effectué au moyen d'un tournevis d'essai ou d'une clef appropriée, en appliquant le couple indiqué dans le Tableau 12.

Les vis ou écrous doivent être serrés par un mouvement régulier et continu.

L'essai est effectué uniquement avec des conducteurs rigides ayant les sections les plus élevées spécifiées au Tableau 8, massifs ou câblés, selon le cas le plus défavorable. Le conducteur est déplacé chaque fois que la vis ou l'écrou est desserré(e).

Tableau 12 – Diamètres des filetages et couples à appliquer

Diamètre nominal du filetage mm		Couple Nm		
Supérieur à	Jusqu'à inclusivement	I	II	III
–	2,8	0,2	0,4	0,4
2,8	3,0	0,25	0,5	0,5
3,0	3,2	0,3	0,6	0,6
3,2	3,6	0,4	0,8	0,8
3,6	4,1	0,7	1,2	1,2
4,1	4,7	0,8	1,8	1,8
4,7	5,3	0,8	2,0	2,0
5,3	6,0	1,2	2,5	3,0
6,0	8,0	2,5	3,5	6,0
8,0	10,0	–	4,0	10,0

La colonne I s'applique non seulement aux vis sans tête si la vis, lorsqu'elle est serrée, ne dépasse pas du trou, mais également aux autres vis qui ne peuvent pas être serrées au moyen d'un tournevis ayant une lame plus large que le diamètre de la vis.

La colonne II s'applique aux autres vis qui sont serrées au moyen d'un tournevis.

La colonne III s'applique aux vis et aux écrous serrés par d'autres moyens qu'un tournevis.

Si une vis a une tête hexagonale munie d'une fente pour le serrage par un tournevis et si les valeurs des colonnes II et III sont différentes, l'essai est effectué deux fois, d'abord en appliquant à la tête hexagonale le couple défini à la colonne III, puis sur un autre échantillon, en appliquant, au moyen d'un tournevis, le couple défini à la colonne II. Si les valeurs des colonnes II et III sont identiques, seul l'essai avec le tournevis est effectué.

Pendant l'essai, les connexions vissées ne doivent pas prendre de jeu et il ne doit être constaté aucun dommage, tel que bris de vis ou détérioration des fentes de la tête, du filetage, des rondelles ou des étriers, susceptible de nuire à l'usage ultérieur du DPDA.

De plus, les enveloppes et les capots ne doivent pas être endommagés.

9.5 Essai de la sûreté des bornes pour conducteurs externes

9.5.1 Les bornes sont munies de conducteurs en cuivre de même type (massifs, câblés ou souples) des sections les plus petites et les plus grandes spécifiées dans le Tableau 8.

Les bornes doivent être compatibles avec tous les types de conducteurs: rigides (massifs ou câblés) et souples, sauf spécification contraire du fabricant.

Les bornes doivent être soumises à essai avec la section minimale et maximale de chaque type de conducteurs, sur les nouvelles bornes, comme suit:

- Les essais pour conducteurs massifs doivent utiliser des conducteurs de section 1 mm² à 6 mm², selon le cas;
- Les essais pour conducteurs câblés doivent utiliser des conducteurs de section 1,5 mm² à 25 mm², selon le cas;
- Les essais pour conducteurs souples doivent utiliser des conducteurs de section 1 mm² à 16 mm², selon le cas.

Le conducteur est inséré dans une nouvelle borne à la distance minimale prescrite ou si aucune distance n'est prescrite, jusqu'à ce qu'il apparaisse sur la face opposée de la borne et dans la position la plus susceptible de favoriser l'échappement du brin.

Les vis de serrage sont alors serrées avec un couple égal aux deux tiers de celui indiqué dans la colonne appropriée du Tableau 12.

Chaque conducteur est alors soumis à une traction de la valeur, en Newton, indiquée au Tableau 13, en fonction de la section correspondante du conducteur soumis à essai.

La traction est appliquée sans à-coups, pendant 1 min. dans la direction de l'axe de l'espace du conducteur.

Si nécessaire, les valeurs d'essai, pour les différentes sections de la force de traction concernée, doivent être clairement indiquées dans le rapport d'essai.

Tableau 13 – Forces de traction

Section du conducteur inséré dans la borne mm ²	De 1 à 4 inclus	Plus de 4 et jusqu'à 6 inclus	Plus de 6 et jusqu'à 10 inclus	Plus de 10 et jusqu'à 16 inclus	Plus de 16 et jusqu'à 50 inclus
Traction N	50	60	80	90	100

Pendant l'essai, le conducteur ne doit pas bouger de façon appréciable dans la borne.

9.5.2 Les bornes sont munies de conducteurs en cuivre, de la plus petite et de la plus grande section spécifiées dans le Tableau 8, massifs ou câblés, selon le cas le plus défavorable. Les vis des bornes sont serrées, à un couple égal aux deux tiers de celui indiqué dans la colonne appropriée du Tableau 12.

Les vis des bornes sont alors desserrées et la partie du conducteur pouvant avoir été affectée par la borne est examinée.

Les conducteurs ne doivent pas montrer de dommages majeurs ni de brins sectionnés.

NOTE Les conducteurs sont considérés comme endommagés de manière excessive s'ils présentent des empreintes profondes ou tranchantes.

Pendant l'essai, les bornes ne doivent pas se desserrer et aucun dommage tel qu'un bris de vis ou une détérioration des fentes de la tête, du filetage, des rondelles ou des étriers, qui nuirait à l'usage ultérieur de la borne, ne doit être détecté.

9.5.3 Les bornes sont munies de la plus grande section indiquée au Tableau 8 pour le conducteur en cuivre câblé et/ou souple.

Avant l'insertion dans la borne, les brins du conducteur sont convenablement remis en forme.

Le conducteur est introduit dans la borne jusqu'à ce qu'il atteigne le fond de la borne ou jusqu'à ce qu'il apparaisse sur la face opposée de la borne, dans la position la plus susceptible de permettre l'échappement d'un brin (ou de brins). Les vis ou écrous de serrage sont alors serré(e)s à un couple égal aux deux tiers de celui indiqué dans la colonne appropriée du Tableau 12.

Après l'essai, aucun brin du conducteur ne doit s'être échappé du dispositif de retenue.

9.6 Vérification de la protection contre les chocs électriques

Cette exigence est applicable aux parties des DPDA accessibles par l'opérateur quand ils sont montés comme en usage normal.

L'essai est effectué avec le doigt d'essai normalisé de la Figure 3, sur le DPDA monté comme en usage normal (voir la note en 8.3) et équipé de conducteurs de la plus petite et de la plus grande section qui peuvent être connectés au DPDA.

Le doigt d'essai normalisé doit être conçu de sorte que chacune des sections puisse être tournée selon un angle de 90° par rapport à l'axe du doigt dans une même direction seulement.

Le doigt d'essai normalisé est appliqué dans toutes les positions possibles d'un doigt réel, un indicateur de contact électrique étant utilisé pour montrer un contact avec des parties actives.

Il est recommandé d'utiliser une lampe pour l'indication d'un contact, la tension étant d'au moins 40 V. Le doigt d'essai normalisé ne doit pas toucher de parties actives.

Les DPDA avec enveloppes ou couvercles en matériau thermoplastique sont soumis à essai additionnel suivant, effectué à une température ambiante de $35\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, les DPDA étant à cette température.

Les DPDA sont soumis pendant 1 min à une force de 75 N, appliquée par l'intermédiaire de l'extrémité d'un doigt d'essai rigide, de mêmes dimensions que le doigt d'essai normalisé. Ce doigt est appliqué à tous les endroits où un excès de souplesse du matériau isolant pourrait compromettre la sécurité du DPDA. Il n'est pas appliqué aux parois minces défonçables.

Pendant cet essai, les enveloppes ou couvercles ne doivent pas se déformer à un degré tel que des parties sous tension puissent être touchées avec le doigt d'essai rigide.

Les DPDA ouverts, ayant des parties non prévues pour être couvertes par une enveloppe, sont soumis à cet essai avec un panneau frontal métallique et montés comme en usage normal.

9.7 Essai des propriétés diélectriques

9.7.1 Généralités

Les DPDA doivent être soumis à essai conformément aux paragraphes suivants.

9.7.2 Résistance à l'humidité

9.7.2.1 Préparation du DPDA pour essai

Les parties du DPDA qui peuvent être enlevées sans l'aide d'un outil sont déposées et soumises au traitement d'humidité avec la partie principale, les couvercles faisant ressort sont ouverts pendant ce traitement.

Les orifices d'entrée éventuels sont laissés ouverts. Si des parties défonçables sont prévues, l'une d'elles est ouverte.

9.7.2.2 Conditions d'essai

Le traitement d'humidité est effectué dans une chambre humide contenant de l'air à une humidité relative de $93\% \pm 5\%$.

La température de l'air dans lequel l'échantillon est placé est maintenue à $\pm 2\text{ °C}$ près de toute valeur quelconque convenable T comprise entre 20 °C et 30 °C .

Avant d'être placé dans l'enceinte humide, l'échantillon est amené à une température comprise entre la température $T\text{ °C}$ et $T\text{ °C} + 4\text{ °C}$.

9.7.2.3 Procédure d'essai

L'échantillon est maintenu dans l'enceinte pendant 48 h.

NOTE 1 L'obtention d'une humidité relative comprise entre 91 % et 95 % consiste par exemple à placer dans l'enceinte humide une solution saturée de sulfate de sodium (Na_2SO_4) ou de nitrate de potassium (KNO_3) dans l'eau, présentant une surface de contact avec l'air suffisamment grande.

Pour obtenir les conditions spécifiées à l'intérieur de l'enceinte, il est recommandé d'assurer la circulation permanente de l'air dans l'enceinte et d'employer une enceinte thermiquement isolée.

9.7.2.4 Etat du DPDA après l'essai

Après ce traitement, l'échantillon ne doit pas présenter de dommage au sens de la présente norme et doit supporter les essais mentionnés en 9.7.3, 9.7.4, 9.7.5, 9.7.6 et 9.7.7.2 (selon le cas).

9.7.3 Résistance d'isolement du circuit principal

Le DPDA traité comme spécifié en 9.7.2 est ensuite retiré de l'enceinte humide.

Après un intervalle compris entre 30 min et 60 min suivant ce traitement, la résistance d'isolement est mesurée 5 s après avoir appliqué une tension continue d'environ 500 V, dans l'ordre successif suivant:

- a) le DPDA étant en position d'ouverture, successivement entre chaque paire des bornes électriquement reliées ensemble lorsque le DPDA est en position de fermeture;
- b) le DPDA étant en position de fermeture, successivement entre chaque pôle et les autres pôles reliés entre eux, les composants électroniques connectés entre les voies de courant étant déconnectés pour l'essai;
- c) le DPDA étant en position de fermeture, entre toutes les bornes reliées entre elles et la masse, y compris une feuille métallique ou une partie en contact avec la surface extérieure ~~de l'enveloppe interne du logement~~ en matériau isolant, ~~s'il y a lieu~~ mais avec les surfaces des bornes gardées complètement libres afin d'éviter un amorçage entre les bornes et la feuille métallique;
- d) entre les parties métalliques du mécanisme et la masse;

NOTE L'accès aux parties métalliques du mécanisme peut être effectué de façon spécifique pour cette mesure.

- e) pour les DPDA comportant une enveloppe métallique avec un revêtement intérieur en matériau isolant, entre la masse et une feuille métallique en contact avec la surface intérieure du revêtement en matériau isolant, y compris les manchons et les dispositifs analogues.

Les mesures a), b), et c) sont effectuées après avoir connecté tous les circuits auxiliaires à la masse.

Le terme "masse" comprend:

- toutes les parties métalliques accessibles et une feuille de métal en contact avec les surfaces en matière isolante accessibles après installation dans les conditions normales d'emploi;
- la surface sur laquelle la base du DPDA est montée, revêtue si nécessaire, d'une feuille métallique;
- les vis et autres dispositifs pour la fixation de la base sur son support;
- les vis de fixation des capots qui doivent être retirées pour le montage du DPDA;
- les parties métalliques des organes de manœuvre mentionnées en 8.3.

Si le DPDA est muni d'une borne destinée à l'interconnexion des conducteurs de protection, cette borne est reliée à la masse.

Pour les mesures selon b), c), d) et e), la feuille métallique est appliquée de manière que le composé éventuel soit effectivement soumis à essai.

La résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à:

- 2 M Ω pour les mesures selon a) et b);
- 5 M Ω pour les autres mesures.

9.7.4 Rigidité diélectrique du circuit principal

Une fois que le DPDA a réussi les essais dans 9.7.3, la tension d'essai spécifiée est appliquée pendant 1 min entre les parties indiquées en 9.7.3, les composants électroniques, s'il y a lieu, étant déconnectés pour l'essai.

La tension d'essai doit avoir une forme d'onde pratiquement sinusoïdale et une fréquence comprise entre 45 Hz et 65 Hz.

La source de la tension d'essai doit pouvoir fournir un courant de court-circuit d'au moins 0,2 A.

Aucun déclencheur à maximum de courant ne doit fonctionner lorsque le courant dans le circuit de sortie est inférieur à 100 mA.

Les valeurs de la tension d'essai doivent être la suivante:

- 2 000 V pour a) à d) en 9.7.3;
- 2 500 V pour e) en 9.7.3.

Une tension ne dépassant pas la moitié de la valeur prescrite est tout d'abord appliquée, puis élevée en moins de 5 s à la pleine valeur.

Il ne doit pas se produire de contournement, ni de perforation pendant l'essai.

Il n'est pas tenu compte des décharges lumineuses qui ne sont pas accompagnées d'une chute de tension.

9.7.5 Résistance d'isolement et rigidité diélectrique des circuits auxiliaires

- a) Les mesures de résistance d'isolement et les essais de rigidité diélectrique pour les circuits auxiliaires sont effectués immédiatement après la mesure des essais de la résistance d'isolement et de rigidité diélectrique du circuit principal, dans les conditions données en b) et c) ci-après.

Si en service normal, des composants électroniques sont connectés au circuit principal, les connexions temporaires doivent être faites pour les essais de façon que, pendant les essais, aucune tension n'apparaisse entre les entrées et les sorties de ces composants.

- b) Les mesures de résistance d'isolement sont effectuées:

- entre les circuits auxiliaires connectés ensemble et la masse;
- entre chaque partie du circuit auxiliaire pouvant être isolée des autres parties en service normal et le reste des autres parties connectées ensemble;

à une tension continue de 500 V CC environ, après que la tension a été appliquée pendant 1 min.

La résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à 2 MΩ.

- c) Une tension sensiblement sinusoïdale, à la fréquence assignée, est appliquée pendant 1 min entre les parties indiquées en b).

Les valeurs de tension à utiliser sont indiquées au Tableau 14.

Tableau 14 – Tensions d'essais pour circuits auxiliaires

Tension assignée des circuits auxiliaires (alternative ou continue) V		Tension d'essai V
Supérieure à	Jusqu'à inclusivement	
0	30	600
30	50	1 000
50	110	1 500
110	250	2 000
250	500	2 500

Au début de l'essai, la tension ne doit pas dépasser la moitié de la valeur spécifiée. Elle est ensuite augmentée de façon continue jusqu'à sa pleine valeur en un temps qui n'est pas inférieur à 5 s ni supérieur à 20 s.

Pendant l'essai, aucune perforation ni contournement ne doit apparaître.

NOTE 1 Les décharges qui ne correspondent pas à une chute de tension ne sont pas notées.

NOTE 2 Dans le cas de DPDA où le circuit auxiliaire n'est pas accessible pour la vérification des exigences données en b), les essais sont faits sur des échantillons spécialement préparés par le constructeur ou selon ses instructions.

NOTE 3 Les circuits auxiliaires ne comprennent pas les circuits de commande des DPDA dépendant fonctionnellement de la tension d'alimentation.

NOTE 4 Les circuits de commande autres que ceux du circuit secondaire des transformateurs de détection et des circuits de commande connectés au circuit principal sont soumis aux mêmes essais que les circuits auxiliaires.

9.7.6 Tenue des circuits de commande connectés au circuit principal vis-à-vis des tensions continues élevées pendant les mesures d'isolement

L'essai est effectué sur un DPDA fixé sur un support métallique, en position fermée, tous les circuits de commande étant connectés comme en service.

Une source à tension continue ayant les caractéristiques suivantes est utilisée:

– tension à vide: $600 \text{ V }^{+25}_{0} \text{ V}$;

NOTE Cette valeur est provisoire.

– taux d'ondulation maximal: 5 %;

où: ondulation = $100 \times [(valeur\ maximale - valeur\ moyenne) / valeur\ moyenne]$

– courant de court-circuit: $12 \text{ mA }^{+2}_{0} \text{ mA}$.

Cette tension d'essai est appliquée pendant 1 min successivement entre chaque pôle et les autres pôles connectés ensemble à la masse.

Après ce traitement, le fonctionnement du DPDA est vérifié en répétant l'essai mentionné en 9.9.2.4 avec le courant le plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas.

9.7.7 Vérification de la tenue aux tensions de choc (à travers les distances d'isolement et l'isolation solide) et des courants de fuite entre les contacts ouverts

9.7.7.1 Procédure d'essai général de la tenue aux essais de tensions de choc

Les ondes de choc sont délivrées par un générateur produisant des ondes de choc positives et négatives ayant un temps de montée de $1,2 \mu\text{s}$ et un temps à mi-hauteur de $50 \mu\text{s}$, les tolérances étant les suivantes:

$\pm 5 \%$ pour la valeur crête;

$\pm 30 \%$ pour le temps de montée;

$\pm 20 \%$ pour le temps de mi-hauteur.

Pour chaque essai, cinq impulsions positives et cinq impulsions négatives sont appliquées. L'intervalle entre les ondes consécutives doit être d'au moins 1 s pour les ondes de même polarité et doit être d'au moins 10 s pour les ondes de polarité différente.

Lorsque l'essai de tension de choc est effectué sur un DPDA complet, l'atténuation ou l'amplification de la tension d'essai doit être prise en compte. Il faut s'assurer que la valeur requise de la tension d'essai est appliquée aux bornes de l'équipement mis à essai.

L'impédance de l'appareil d'essai ne doit pas avoir une valeur nominale supérieure à 500Ω .

NOTE 1 Dans ~~9.7.6.2~~ 9.7.7.2, pour la vérification des distances d'isolement de l'isolation principale sur un DPDA complet, l'IEC 60664-1 et IEC 60664-2-1 recommandent d'utiliser un générateur avec une très faible impédance. A cet effet, un générateur hybride avec une impédance virtuelle de 2Ω est approprié si les composants internes ne sont pas déconnectés avant l'essai. L'IEC 60664-1 et IEC/TR 60664-2-1 recommandent de mesurer la tension d'essai correcte directement à la distance d'isolement. La forme des impulsions est réglée avec le DPDA mis à essai connecté à l'appareil générateur d'impulsions. A cet effet, des diviseurs de tension et des capteurs de tension appropriés peuvent être utilisés. Il est recommandé de déconnecter les limiteurs de surtension avant de procéder aux essais.

Pour les DPDA avec parafoudre incorporé qui ne peut pas être déconnecté, il est recommandé d'ajuster la forme des impulsions sans connexion du DPDA au générateur d'impulsions.

De petites oscillations dans les impulsions sont admises, pourvu que leur amplitude au voisinage de la crête de l'impulsion ne dépasse pas 5 % de la valeur de crête.

Pour les oscillations sur la première moitié du front, des amplitudes ne dépassant pas 10 % de la valeur de crête sont admises.

Aucune décharge disruptive (amorçage, contournement ou perforation) ne doit apparaître pendant l'essai.

NOTE 2 Un oscilloscope peut être utilisé pour observer la tension de choc afin de détecter les décharges disruptives.

9.7.7.2 Vérification des distances d'isolement avec la tenue aux tensions de choc

Si la mesure des distances d'isolement aux points 2 et 4 du Tableau 7 et les dispositifs donnés en 9.7.3 b), c), d) et e) montrent une réduction de la longueur requise, le présent essai s'applique. Cet essai est effectué immédiatement après la mesure de la résistance d'isolement en 9.7.5.

NOTE La mesure des distances d'isolement peut être remplacée par cet essai.

L'essai est effectué sur un DPDA en position fermée, fixé sur un support métallique.

Les valeurs de la tension d'essai de choc doivent être choisies dans le Tableau 15, en accord avec la tension assignée de tenue aux chocs du DPDA donnée dans le Tableau 4. Ces valeurs sont corrigées selon la pression barométrique et/ou l'altitude à laquelle les essais sont effectués selon le Tableau 15.

Une première série d'essais est effectuée en appliquant l'onde de tension entre:

- le(s) pôle(s) de phase et le pôle ou chemin du neutre connectés entre eux;
- et le support métallique raccordé à la ou aux bornes destinées au conducteur de protection, s'il y a lieu.

Une deuxième série d'essais est effectuée en appliquant l'onde de tension entre:

- le(s) pôle(s) de phase, connectés entre eux;
- et le pôle ou chemin du neutre du DPDA, selon le cas.

Une troisième série d'essais est effectuée en appliquant l'onde de tension entre les dispositifs donnés en 9.7.3 b), c), d) et e) et non soumis à essai au cours des deux premières séquences décrites ci-dessus.

Il ne doit y avoir aucune décharge disruptive. Si toutefois une seule décharge disruptive se produit, dix impulsions supplémentaires, de même polarité que celle ayant provoqué l'occurrence de la décharge, sont appliquées, les connexions étant celles avec lesquelles le défaut s'est produit.

Aucune autre décharge disruptive ne doit apparaître.

Tableau 15 – Tension d'essai pour la vérification de la tenue aux tensions de choc

Tension assignée de tenue aux chocs U_{imp} kV	Tensions d'essais en fonction de l'altitude $U_{1,2/50}$ c.a. crête kV				
	Niveau de la mer	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
2,5	2,9	2,8	2,8	2,7	2,5
4	4,9	4,8	4,7	4,4	4,0

9.7.7.3 Vérification des courants de fuite entre les contacts ouverts (aptitude au sectionnement)

NOTE Cette vérification ne s'applique pas aux DPDA classés selon 4.1.2 (car ce serait redondant) et 4.1.3 (voir l'Annexe D).

Chaque pôle du DPDA en position d'ouverture est alimenté par une tension équivalente à 1,1 fois sa tension d'emploi assignée.

Le courant de fuite entre les contacts ouverts est mesuré après les essais mentionnés en 9.10 et 9.11 et ne doit pas dépasser 2 mA.

9.7.7.4 Vérification de la résistance de l'isolation des contacts ouverts et de l'isolation principale à une onde de surtension en usage normal

9.7.7.4.1 Généralités

Ces essais ne sont pas précédés par le traitement à l'humidité décrit dans 9.7.2.

Les essais mentionnés en 9.7.7.4, comme indiqués dans les exigences indiquées en 8.2.3, doivent être effectués avant 9.7.2 sur 3 échantillons de la séquence d'essai B de l'Annexe A.

Les valeurs de la tension d'essai de choc doivent être choisies dans le Tableau 16, en accord avec la tension assignée de l'installation pour laquelle le DPDA est destiné à être utilisé, comme indiqué dans le Tableau 4. Ces valeurs sont corrigées selon la pression barométrique et/ou l'altitude à laquelle les essais sont effectués, conformément au Tableau 16.

Tableau 16 – Tension d'essai en fonction de la tension de choc assignée du DPDA et de l'altitude où est effectué l'essai, pour la vérification de l'aptitude au sectionnement

Tension nominale de l'installation V	Tensions d'essais en fonction de l'altitude				
	Crête c.a. $U_{1,2/50}$ kV				
Système monophasé avec point milieu à la terre	Niveau de la mer	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
avec point milieu à la terre 120/240 ^a	3,5	3,5	3,4	3,2	3,0
Système monophasé 120/240 240 ^b	6,2	6,0	5,8	5,6	5,0
Systèmes triphasés 230/400	6,2	6,0	5,8	5,6	5,0
^a Pour les habitudes d'installation au Japon.					
^b Pour les habitudes d'installation dans les pays d'Amérique du Nord.					

9.7.7.4.2 DPDA en position d'ouverture

L'essai est effectué sur un DPDA fixé sur un support métallique comme en usage normal.

Les impulsions sont appliquées entre:

- les bornes d'alimentation raccordées entre elles;
- et les bornes de sortie raccordées entre elles, les contacts étant en position ouverte.

Aucune décharge disruptive ne doit apparaître pendant l'essai.

9.7.7.4.3 DPDA en position de fermeture

9.7.7.4.3.1 Essai de tenue aux tensions de choc

La série d'essais est effectuée sur un DPDA fixé sur un support métallique, connecté comme en usage normal et en position fermée.

Tous les composants reliant l'isolation principale doivent être déconnectés.

Une première série d'essais est effectuée en appliquant les impulsions entre:

- le(s) pôle(s) de phase et le pôle ou chemin du neutre connectés entre eux; et
- le support métallique raccordé à la ou aux borne(s) destinée(s) au conducteur de protection, s'il y a lieu.

Une deuxième série d'essais est effectuée en appliquant les impulsions entre:

- le(s) pôle(s) de phase, connectés entre eux; et
- le pôle ou chemin du neutre du DPDA.

Il ne doit y avoir aucune décharge disruptive. Si toutefois une seule décharge disruptive se produit, dix impulsions supplémentaires, de même polarité que celle ayant provoqué

l'occurrence de la décharge, sont appliquées, les connexions étant celles avec lesquelles le défaut s'est produit.

Aucune autre décharge disruptive ne doit apparaître.

9.7.7.5 Vérification du comportement des composants reliant l'isolation principale

Il est nécessaire de s'assurer que les composants, reliant l'isolation principale et ayant été déconnectés pendant l'essai de tension de choc pour tester l'isolation principale, ne gênent pas le comportement ou la sécurité de l'isolation principale du DPDA pendant l'usage normal.

Un nouvel échantillon de DPDA est mis à essai afin de vérifier que les composants reliant l'isolation principale ne réduisent pas la sécurité à l'égard de surtensions temporaires de courte durée.

La tension d'essai possède une fréquence de 50/60 Hz. Conformément à l'IEC 60364-4-44:2007, Tableau 44.A2 et à l'IEC 60664-1:2007, la valeur efficace de la tension d'essai pour l'isolation principale est $1\,200\text{ V} + U_n$ où U_n est la valeur de tension nominale entre la ligne et le neutre.

NOTE 1 A titre d'exemple, pour un DPDA avec une tension assignée $U_n = 250\text{ V}$, la valeur de la tension d'essai (courant alternatif) pour l'isolation principale est $1\,200\text{ V} + 250\text{ V}$, donc la valeur efficace de la tension d'essai est $1\,450\text{ V}$.

La tension est appliquée pendant 5 s entre:

- le(s) pôle(s) de phase et le pôle ou chemin du neutre connectés entre eux; et
- le support métallique raccordé à la ou aux bornes destinées au conducteur de protection, s'il y a lieu.

Le DPDA est ensuite inspecté visuellement. Il convient qu'aucun élément reliant l'isolation principale ne montre d'altération visible.

NOTE 2 Il est admis de remplacer un fusible avant de connecter le DPDA au secteur. Si un fusible assurant la protection d'un parafoudre a sauté, il est admis de remplacer également le parafoudre.

Ensuite, le DPDA est raccordé au secteur, conformément aux instructions du fabricant. Le fonctionnement de le DPDA est vérifié au moyen de l'essai mentionné en 9.9.2.4 avec le courant le plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas.

Cet essai ne s'applique pas aux dispositifs avec neutre solide.

9.8 Essai d'échauffement

9.8.1 Température de l'air ambiant

La température de l'air ambiant doit être mesurée pendant le dernier quart de la période d'essai au moyen d'au moins deux thermomètres ou couples thermoélectriques disposés symétriquement autour du DPDA, à environ la moitié de sa hauteur et à une distance d'environ 1 m du DPDA.

Les thermomètres ou couples thermoélectriques doivent être protégés contre les courants d'air et les rayonnements de chaleur.

Il convient de veiller à éviter les erreurs dues aux variations brusques de température.

9.8.2 Procédure d'essai

Un courant égal à I_n , à une tension assignée, circule simultanément par tous les pôles du DPDA pendant une durée suffisante pour atteindre l'état d'équilibre thermique. Dans la

pratique, cette condition est atteinte lorsque la variation de l'échauffement ne dépasse pas 1 K/h.

Pour un DPDA quadripolaire, l'essai est d'abord ~~exécuté~~ effectué en faisant passer le courant spécifié par les ~~deux~~ trois pôles de phase seulement.

L'essai est ensuite répété en faisant passer le courant à travers le pôle prévu pour la connexion du neutre et le pôle adjacent au neutre.

Pendant ces essais, l'échauffement ne doit pas dépasser les valeurs indiquées dans le Tableau 9.

9.8.3 Mesure de la température des parties

La température des différentes parties spécifiées au Tableau 9 doit être mesurée au moyen de couples thermoélectriques à fils fins ou par des moyens équivalents, placés le plus près possible du point le plus chaud.

Une bonne conductivité thermique entre le couple thermoélectrique et la surface de la partie en essai doit être assurée.

9.8.4 Echauffement d'un organe

L'échauffement d'un organe est la différence entre la température de cet organe, mesurée conformément à 9.8.3, et la température de l'air ambiant, mesurée conformément à 9.8.1.

9.9 Vérification de la caractéristique de fonctionnement

9.9.1 Généralités

Le DPDA est installé comme en usage normal.

Le circuit d'essai doit avoir une inductance négligeable.

Pour un DPDA ayant plus d'une tension assignée (par ex. 120 V et 240 V), les essais doivent être effectués à la tension la plus basse et à la tension la plus élevée.

Pour un DPDA ayant plus d'une fréquence assignée, les essais doivent être effectués à ~~la~~ chaque fréquence ~~la plus basse et à la fréquence la plus élevée~~ assignée.

Pour les essais de 9.9.2.2 à 9.9.2.5, l'échantillon de câble doit être remplacé après chaque mesure.

9.9.2 Essais de défaut d'arc en série

9.9.2.1 Généralités

Un DPDA représentatif doit éliminer le défaut de production d'arc électrique dans le délai spécifié dans le Tableau 1 ou 2 pour le niveau de courant d'arc mis à essai. Les DPDA doivent être mis à essai à leur courant assigné.

Le DPDA étant alimenté par toutes les phases, les essais doivent être effectués, s'il y a lieu, entre une phase choisie au hasard et le neutre, et entre deux phases choisies au hasard.

~~L'essai dans 9.9.2.2 à 9.9.2.5~~ Les essais doivent être menés à bien en connectant un échantillon de câble (préparé conformément à 9.9.2.6) en série avec le DPDA, ~~selon~~ conformément à la Figure 4 pour les essais de 9.9.2.2 à 9.9.2.5 et conformément à la Figure 38 pour les essais 9.9.2.8 et 9.9.2.9.

L'ajustement des courants d'essai ~~dans l'échantillon de câble~~ sans production d'arc, ~~dans la ligne où l'échantillon de câble est placé~~, est obtenu par application de la tension ~~assignée entre ligne et neutre~~ réduite de 50 V pour tenir compte de la valeur de la tension d'arc pendant l'essai. Pour un DPDA tripolaire, le point milieu des résistances dans la Figure 38 doit être connecté directement au neutre. Pour les essais de 9.9.2.2, et seulement au courant assigné, l'ajustement du courant d'essai dans l'échantillon de câble sans production d'arc est obtenu par application de la tension assignée.

~~Les essais doivent être réalisés à la tension assignée du DPDA.~~

Le temps de fonctionnement mesuré à chaque niveau de courant d'arc ne doit pas être supérieur au délai spécifié dans le Tableau 1 ou 2.

9.9.2.2 Vérification du fonctionnement correct en cas de défaut d'arc en série dans un circuit déjà chargé

Les interrupteurs d'essai S1, S3 et S4 et le DPDA étant en position de fermeture, et le courant d'essai étant stabilisé, le courant d'arc d'essai est ajusté, de la valeur de courant d'arc la plus faible au courant assigné du DPDA, par la charge résistive. L'interrupteur d'essai S2 est ensuite ouvert.

L'interrupteur d'essai S4 est soudainement ouvert pour insérer l'échantillon de câble préparé en série avec la charge. Le temps de fonctionnement est mesuré trois fois. Aucune mesure ne doit dépasser la valeur limite spécifiée dans le Tableau 1 ou 2, selon le cas.

9.9.2.3 Vérification du fonctionnement correct en cas de charge avec un défaut d'arc en série

Les interrupteurs d'essai S3 et S4 étant en position d'ouverture, et les interrupteurs d'essai S1, et le DPDA étant en position d'ouverture, le courant d'arc d'essai est ajusté par la charge résistive associée à la valeur de courant d'arc la plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas. L'interrupteur d'essai S2 est ensuite ouvert.

L'interrupteur d'essai S1 et le DPDA étant en position de fermeture, et les interrupteurs d'essai S4 et S3 étant en position d'ouverture, l'interrupteur d'essai S3 est soudainement fermé afin de fournir à la charge un défaut d'arc en série.

Le temps de fonctionnement est mesuré trois fois. Aucune mesure ne doit dépasser la valeur limite spécifiée dans le Tableau 1 ou 2, selon le cas.

L'essai est ensuite répété pour la valeur de courant assigné du DPDA.

9.9.2.4 Vérification du fonctionnement correct en cas d'apparition soudaine d'un défaut d'arc en série dans le circuit

Les interrupteurs d'essai S1, S3 et le DPDA étant en position de fermeture, le courant d'arc d'essai est ajusté par la charge résistive associée à la valeur de courant d'arc la plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas. L'interrupteur d'essai S2 est ouvert suite à l'ouverture de l'interrupteur d'essai S1.

Les interrupteurs d'essai S1 et S4 étant en position d'ouverture, l'interrupteur d'essai S1 est soudainement fermé afin de fournir au DPDA et à la charge un défaut d'arc en série.

Le temps de fonctionnement est mesuré trois fois. Aucune mesure ne doit dépasser la valeur limite spécifiée dans le Tableau 1 ou 2, selon le cas.

L'essai est ensuite répété pour la valeur de courant assigné du DPDA.

9.9.2.5 Essai aux températures limites

Le DPDA doit effectuer les essais de 9.9.2.2 successivement dans les conditions suivantes:

- température ambiante: -5°C , uniquement pour la valeur la plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas et avec une tension égale à 0,85 fois la tension assignée ;
- température ambiante: 40° , le DPDA ayant été précédemment chargé avec le courant assigné, jusqu'à ce qu'il atteigne les conditions thermiques de régime permanent, uniquement pour la valeur du courant assigné du DPDA et avec une tension égale à 1,1 fois la tension assignée. Une fois le régime permanent atteint, les essais de déclenchement doivent être exécutés. **Pour les essais de déclenchement, le passage du courant assigné peut être interrompu, à condition que la durée totale d'interruption ne dépasse pas 30 s. Dès que la somme des durées d'interruption dépasse 30 s, le DPDA doit être à nouveau chargé avec le courant assigné pendant 5 min avant la mesure du temps déclenchement suivante.**

9.9.2.6 Préparation des échantillons de câbles

Deux conducteurs avec une section de $1,5\text{ mm}^2$ (ou AWG 16), étroitement liés (par ex. avec du ruban adhésif ou équivalent), doivent être préparés comme suit (voir la Figure 36).

Un câble doté de conducteurs parallèles doit être utilisé pour cet essai. Il convient qu'un des câbles suivants soit utilisé pour mettre le DPDA à l'essai étant donné qu'ils fournissent des résultats similaires.

NOTE Si ces câbles ne peuvent pas être trouvés dans un pays, une évaluation des résultats obtenus avec les câbles nationaux doit être effectuée.

- Le câble flexible en PVC classé IEC 60227 IEC41, selon l'IEC 60227-1, Annexe A, doté de deux conducteurs, approprié pour cet essai.
 - L'échantillon de câble peut aussi être préparé avec deux conducteurs flexibles en PVC uniques, IEC classés IEC 60227 IEC02, maintenus avec un ruban isolant en PVC.
 - Les câbles SPT2 et H05VV-F dotés de deux conducteurs sont particulièrement bien adaptés à cet essai. Un câble quelconque doté de conducteurs flexibles uniques H05V, maintenus avec un ruban isolant en PVC, peut aussi être utilisé pour l'essai.
- a) Le matériau et la géométrie de l'échantillon doivent être appropriés à une carbonisation suffisante entre les conducteurs et au démarrage de la production d'arc en appliquant la tension assignée.
 - b) Les échantillons de câbles doivent être coupés à une longueur minimale de 200 mm (ou 8 pouces) et les fils individuels séparés à chaque extrémité des échantillons de câbles sur 25 mm (ou 1 pouce).
 - c) L'isolation des deux fils doit être découpée sur 50 mm (ou 2 pouces), à une extrémité, à une profondeur suffisante pour exposer les conducteurs sans endommager les brins.
 - d) ~~La découpe de l'isolation doit être enveloppée à l'aide d'une double couche de ruban en PVC noir de qualité électrique et recouverte avec une double couche de ruban en fibre de verre.~~ Une découpe ou incision, perpendiculaire à l'axe des échantillons de câbles, doit être faite dans l'isolation du câble environ à la moitié de la longueur du câble pour exposer les conducteurs sans endommager les brins.
 - e) Les conducteurs doivent être dénudés à ~~une~~ **une** extrémité ~~la plus éloignée de la découpe~~, à environ 12 mm (ou 0,5 in), pour la connexion aux circuits d'essai.

Les échantillons de câbles doivent ensuite être conditionnés pour créer une voie conductrice carbonisée dans l'isolation, entre les deux conducteurs de câbles:

- f) L'échantillon de câble doit être connecté à un circuit fournissant un courant de court-circuit de 30 mA et une tension à circuit ouvert d'au moins 7 kV. Le circuit doit être alimenté pendant environ 10 s ou jusqu'à ce que la fumée s'arrête.
- g) L'échantillon de câble doit être connecté à un circuit fournissant un courant de court-circuit de 300 mA à une tension d'au moins 2 kV ou suffisante pour provoquer la

circulation du courant. Le circuit doit être alimenté pendant environ une minute ou jusqu'à ce que la fumée s'arrête.

La voie carbonisée doit être considérée complète si une lampe à incandescence de 100 W/120 V commence à briller à 120 V ou une résistance, ayant une valeur de résistance équivalente (avec une lampe à incandescence de 100 W/120 V) en série avec la voie, absorbe 0,3 A à 120 V ou une lampe à incandescence de 100 W/230 V commence à briller à 230 V ou une résistance, ayant une valeur de résistance équivalente (avec une lampe à incandescence de 100 W/230 V).

On doit pouvoir modifier le circuit d'essai de sorte que le courant ne circule pas par le dispositif à l'essai pendant le cycle de conditionnement haute tension.

9.9.2.7 Générateur d'arc

Un générateur d'arc est un appareil qui comprend une électrode fixe et une électrode mobile, tel qu'indiqué sur la Figure 5.

NOTE La valeur a de la Figure 5 n'est pas très importante. Elle peut être d'environ $17 \text{ mm} \pm 7,5 \text{ mm}$ ($0,7 \text{ in} \pm 0,3 \text{ in}$).

Une électrode doit se composer d'une tige en charbon graphité de $6 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ de diamètre et l'autre électrode doit être une tige en cuivre. L'extrémité de l'arc d'une ou des deux électrode(s) peut être orientée comme indiqué sur la Figure 5.

Il peut être nécessaire de nettoyer et aiguiser les tiges afin d'avoir des conditions d'arc reproductibles.

Après insertion dans un circuit, la séparation des deux dispositifs à une distance appropriée doit générer un arc constant entre les deux électrodes.

Lors de l'utilisation du générateur d'arc, le DPDA doit éliminer le défaut de production d'arc électrique en moins de 2,5 fois le temps de fonctionnement dans le Tableau 1 ou 2.

9.9.2.8 Vérification du fonctionnement correct en cas d'arc dans un système triphasé avec une charge déséquilibrée

Cet essai est applicable seulement à un DPDA quadripolaire.

L'essai de détection doit être effectué pour chaque pôle et le neutre séparément. Quelle que soit la valeur du courant assigné, le courant dans les trois phases doit être ajusté à 2,5 A, 5 A et au courant assigné (voir Figure 38), conformément à 9.9.2.1. L'essai d'arc doit être effectué sur chaque phase à son tour, au courant précédemment ajusté.

La procédure d'essai doit être conforme à 9.9.2.2.

9.9.2.9 Vérification du fonctionnement correct en cas d'arc dans un système triphasé avec une charge équilibrée

Cet essai est applicable à un DPDA tripolaire et à un DPDA quadripolaire.

L'essai de détection doit être effectué pour chaque pôle, excepté le neutre. Le courant de charge dans chaque phase doit être ajusté à la valeur de courant d'arc la plus faible et au courant assigné du DPDA (voir Figure 38), conformément à 9.9.2.1.

La procédure d'essai doit être appliquée conformément à 9.9.2.2.

9.9.3 Essais de défaut d'arc en parallèle

9.9.3.1 Vérification du fonctionnement correct en cas d'arc parallèle avec courant limité

Un DPDA doit éliminer le défaut de production d'arc électrique si le nombre de demi-cycles de production d'arc électrique mentionné dans le Tableau 3 est constaté dans un délai de 0,5 s. Pour les besoins de ces exigences, un demi-cycle de production d'arc électrique se compose de toutes les traces de courant détectées dans un délai de 10 ms pour un dispositif ayant une fréquence assignée de 50 Hz et 8,3 ms pour un dispositif dont la fréquence assignée est de 60 Hz. Au cours de cette période, un passage de courant peut être détecté, mais pas en permanence.

Avant et après chaque période de passage de courant, une période sans courant ou avec un courant très réduit peut avoir lieu. Le courant très réduit est considéré comme un courant dont l'amplitude est inférieure à 5 % du courant disponible ou un courant qui persiste au maximum pendant 5 % de la durée du demi-cycle. Ces conditions peuvent durer pendant une partie d'un demi-cycle ou plusieurs demi-cycles. Un demi-cycle sinusoïdal complet de passage de courant n'est pas considéré comme un demi-cycle de production d'arc électrique.

Les essais doivent être réalisés aux niveaux de courant de défaut de 75 A et 100 A.

Le DPDA étant alimenté par toutes les phases, les essais doivent être effectués entre une phase choisie au hasard et le neutre (le cas échéant), et entre deux phases choisies au hasard, s'il y a lieu.

L'essai est exécuté conformément à la Figure 6.

L'échantillon de câble est préparé de la même façon qu'en 9.9.2.6.

Le courant d'essai est ajusté à 75 A avec l'impédance de ligne Z dans le circuit et les interrupteurs d'essai S1, S2, S3 et S4 en position de fermeture. Les interrupteurs S2, S3 et S4 sont ensuite ouverts. Le DPDA et l'interrupteur d'essai S1 sont fermés. L'interrupteur d'essai S3 est soudainement fermé.

Le DPDA doit s'ouvrir, conformément au Tableau 3.

L'essai est ensuite répété avec un courant ajusté à 100 A, avec l'impédance Z. Le DPDA doit s'ouvrir conformément au Tableau 3.

Le DPDA doit éliminer le défaut de production d'arc électrique si le nombre de demi-cycles de production d'arc électrique mentionné dans le Tableau 3 est constaté dans un délai de 0,5 s. Il est considéré que le délai de 0,5 s commence avec le premier demi-cycle de production d'arc électrique.

L'essai doit être répété avec un nouvel échantillon de câble si la durée de production d'arc électrique est plus courte que celle nécessaire pour le nombre de demi-cycles mentionné dans le Tableau 3 et si le DPDA ne se déclenche pas.

9.9.3.2 Vérification du fonctionnement correct en cas d'arc parallèle et d'essai de coupure de câble

L'essai est exécuté conformément à la Figure 7.

L'appareil d'essai T pour l'essai de coupure de câble doit être conforme à la Figure 8 ou équivalent.

Les essais doivent être effectués entre une phase choisie au hasard et le neutre (le cas échéant), et entre deux phases choisies au hasard, s'il y a lieu.

La lame en acier doit être de 1,2 mm d'épaisseur (nominale) pour un DPDA de tension 120 V ou de 3 mm d'épaisseur (nominale) pour un DPDA de 230 V avec des dimensions approximatives de 32 mm par 140 mm. La lame peut être remplacée, si nécessaire. La lame peut être aiguisée, après accord de toutes les personnes concernées. Elle doit être fixée à un levier afin de maintenir un angle de coupe et de produire l'effet escompté. En cas d'utilisation de l'appareil d'essai représenté sur la Figure 8 ou d'un équivalent, la lame doit être positionnée de façon à obtenir un contact ferme avec un conducteur et un contact pour la production d'arc électrique avec le second conducteur.

Les échantillons de conducteurs à mettre à l'essai doivent comprendre deux conducteurs utilisés dans le pays, étroitement liés (par ex. avec du ruban adhésif), avec une section, conformément au Tableau 11. Les échantillons doivent mesurer au maximum 1,2 m de long et être positionnés en dessous de la lame, comme indiqué sur la Figure 8.

NOTE Les câbles SPT2 et H05VV-F sont particulièrement bien adaptés à cet essai.

Les essais doivent être menés à bien avec la tension assignée du DPDA et le courant d'arc d'essai mentionné dans le Tableau 3. Le courant d'arc d'essai doit être ajusté avec l'impédance Z et les interrupteurs d'essai S1, S2, S3 et S4 en position de fermeture. Le DPDA doit être mis à essai avec trois échantillons de fils à chaque niveau de courant. Chaque échantillon de fil doit uniquement être utilisé pour un essai.

Le bord coupant du levier (longueur du bord de la lame à mettre en contact avec les conducteurs représentatifs) doit se trouver à n'importe quel endroit le long du bord coupant de la lame. Les interrupteurs d'essai S1 et S3 étant en position de fermeture, une force directe, verticale, lente et constante doit être appliquée sur le levier de façon à permettre à la lame de couper l'isolation de l'échantillon du conducteur soumis à essai. La lame doit entrer fermement en contact avec un conducteur, puis établir un point de contact avec l'autre conducteur.

Le DPDA doit éliminer le défaut de production d'arc électrique si le nombre de demi-cycles de production d'arc électrique mentionné dans le Tableau 3 est constaté dans un délai de 0,5 s.

L'essai doit être répété avec un nouvel échantillon de câble si la durée de production d'arc électrique est plus courte que celle nécessaire pour le nombre de demi-cycles mentionné dans le Tableau 3 et si le DPDA ne se déclenche pas.

9.9.3.3 Vérification du fonctionnement correct en cas de défaut d'arc à la terre

L'essai mentionné en 9.9.3.1 est répété à 5 A et 75 A, mais de façon à produire un arc vers la terre.

La condition des essais est décrite à la Figure 9.

Le DPDA doit s'ouvrir conformément au Tableau 1 ou 2 pour 5 A et conformément au Tableau 3 pour 75 A.

Le DPDA doit éliminer le défaut de production d'arc électrique si le nombre de demi-cycles de production d'arc électrique mentionné dans le Tableau 3 est constaté dans un délai de 0,5 s. Il est considéré que le délai de 0,5 s commence avec le premier demi-cycle de production d'arc électrique.

L'essai doit être répété avec un nouvel échantillon de câble si la durée de production d'arc électrique est plus courte que celle nécessaire pour le nombre de demi-cycles mentionné dans le Tableau 3 et si le DPDA ne se déclenche pas.

9.9.4 Vérification du fonctionnement correct en cas d'essai de aveuglement

9.9.4.1 Généralités

Le fonctionnement correct du DPDA doit être vérifié dans différentes configurations d'inhibition. Ces essais d'inhibition sont menés à bien d'après la méthode d'essai spécifiée en 9.9.2.1. Soit un générateur d'arc ou un échantillon de câble carbonisé peut être utilisé pour produire un défaut d'arc, tel qu'indiqué par le constructeur.

Le DPDA étant alimenté par toutes les phases, les essais doivent être effectués entre une phase choisie au hasard et le neutre (le cas échéant), et entre deux phases choisies au hasard, s'il y a lieu.

9.9.4.2 Essai d'aveuglement avec charges d'inhibition

Cet essai s'applique à un DPDA unipolaire à deux voies de courant et à un DPDA bipolaire.

Une première série d'essais sans charge d'inhibition est exécutée. Le DPDA et le générateur d'arc ou échantillon de câble sont connectés au circuit, conformément à la Figure 10, avec le courant limité par une charge résistive. Le courant est ajusté avec la charge résistive de la Figure 10. S1 est ouvert.

La tension d'essai doit être la tension assignée du DPDA. Chaque DPDA doit être mis à essai trois fois à 2,5 A pour un DPDA avec une tension assignée de 230 V et 5 A pour un DPDA avec une tension assignée de 120 V.

Une seconde série d'essais est ensuite appliquée avec des charges d'inhibition, en utilisant la même charge résistive. Le DPDA, la charge résistive, le cas échéant, et le dispositif d'essai de défaut d'arc sont connectés dans chaque configuration représentée sur la Figure 11.

Le DPDA doit être mis à essai avec chacune des charges d'inhibition suivantes:

- a) Un aspirateur, de 5 A à 7 A pour un DPDA avec une tension assignée de 230 V et de 10 A à 14 A pour un DPDA avec une tension assignée de 120 V, à pleine charge, avec un moteur universel qui doit être démarré et doit fonctionner;
- b) Une alimentation à découpage électronique (ou des alimentations), avec un courant de charge total d'au moins 2,5 A pour un DPDA avec une tension assignée de 230 V et 5 A pour un DPDA avec une tension assignée de 120 V, avec une taux de distorsion harmonique totale (THD) minimale de 100 % et un courant harmonique minimal individuel de 75 % au 3ème, 50 % au 5ème et 25 % au 7ème. L'alimentation (ou les alimentations) doit être mise sous tension;

NOTE 1 Le THD peut être calculé avec la formule de l'IEC 61000-3-2:2014, 3.14.2, pour la distorsion harmonique totale

$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{40} \left(\frac{I_h}{I_1} \right)^2}$$

- c) Un moteur avec condensateur de démarrage (de type à compresseur d'air), avec un courant ~~de pointe d'appel de 65 A ± 10 % pour un DPDA avec une tension assignée de 230 V et~~ d'appel de pointe de 130 A ± 10 % pour un DPDA avec une tension assignée de 120 V, doit être démarré sous charge (compresseur fonctionnant sans pression d'air dans le réservoir d'air) et doit fonctionner. Pour un DPDA avec une tension assignée de 230 V, un moteur de 2,2 kW avec condensateur de démarrage (de type à compresseur d'air) doit être utilisé;

- d) Pour un DPDA avec une tension assignée de 120 V, un dispositif électronique de réglage d'intensité de lampe (de type à thyristor) de 1 000 W avec bobine de filtrage contrôlant une charge de tungstène de 1 000 W comprenant quatre ampoules de 150 W et quatre ampoules de 100 W.

Pour un DPDA avec une tension assignée de 230 V, un dispositif électronique de réglage d'intensité de lampe (de type à thyristor) de 600 W avec bobine de filtrage contrôlant une charge de tungstène de 600 W.

NOTE 2 Lorsque des ampoules de tungstène incandescentes ne peuvent être trouvées, une charge résistive de la même puissance peut les remplacer.

Le dispositif de réglage d'intensité doit être mis sous tension préréglé sur un fonctionnement à pleine charge, avec des angles de conduction de 60°, 90° et 120, au réglage minimal qui provoque l'éclairage des lampes;

- e) Deux lampes fluorescentes de 40 W plus une charge résistive de 5 A;
- f) Des lampes à halogène de 12 V, alimentées par un transformateur électronique avec une puissance totale d'au moins 300 W, et une charge résistive additionnelle de 5 A.
- g) Un outil à main électrique, tel qu'un perceuse, d'au moins 600 W.

Le dispositif d'essai de défaut d'arc de la Figure 11 doit être le générateur d'arc défini en 9.9.2.7 ou un échantillon de câble carbonisé tel que décrit en 9.9.2.6.

Le DPDA doit éliminer le défaut de production d'arc électrique, tel que spécifié dans le Tableau 1 ou 2, en cas d'utilisation d'un échantillon de câble carbonisé, dans un délai égal à 2,5 fois le temps de fonctionnement du Tableau 1 ou 2 en cas d'utilisation du générateur d'arc.

Pour sélectionner le temps de fonctionnement maximal dans le Tableau 1 ou dans le Tableau 2, le courant d'arc d'essai est le courant dans l'échantillon de câble sans production d'arc; il est mesuré par application de la tension assignée avec une réduction de 50 V.

En cas d'application de la configuration A ou C de la Figure 11, cet essai n'est pas nécessaire dans les conditions où le courant de charge de aveuglement, s'il est mesuré avant l'apparition de l'arc dans le circuit, est inférieur à 5 A (valeur efficace) pour un DPDA avec une tension assignée de 120 V et 2,5 A (valeur efficace) pour un DPDA avec une tension assignée de 230 V.

La tension d'essai doit être la tension assignée du DPDA. Chaque DPDA doit être mis à essai trois fois pour chaque configuration de charge.

Pour les première et seconde séries d'essais avec un générateur d'arc, les électrodes doivent dans un premier temps se toucher. Le circuit doit être fermé. Les électrodes doivent ensuite être séparées lentement à l'aide du dispositif d'ajustement latéral jusqu'à l'obtention d'un arc électrique.

9.9.4.3 Essai d'aveuglement avec filtre IEM

Le DPDA doit être installé dans le circuit représenté sur la Figure 11, configuration B. Un essai d'arc doit être introduit avec une charge de 2,5 A pour un DPDA avec une tension assignée de 230 V et 5 A pour un DPDA avec une tension assignée de 120 V.

Le DPDA doit éliminer le défaut de production d'arc électrique, tel que spécifié dans le Tableau 1 ou 2, en cas d'utilisation d'un échantillon de câble carbonisé, dans un délai égal à 2,5 fois le temps de fonctionnement du Tableau 1 ou 2 en cas d'utilisation du générateur d'arc.

NOTE Le type de câbles mentionné dans 9.9.2.6 peut être utilisé pour cet essai d'aveuglement.

- a) Deux filtres IEM de 0,22 μ F doivent être installés. Un filtre doit être installé à une extrémité de deux charges résistives d'une longueur de 15 m (ou 50 pieds) et d'une

section de 2,5 mm² (ou 12 AWG) ~~de diamètre~~; le câble doit satisfaire à l'IEC 60228. Chaque filtre d'extrémité doit ~~être avoir une longueur~~ d'environ 2,0 m (ou 6 pieds) et une section de 1,5 mm² (ou 16 AWG) ~~de diamètre~~. La production d'arc électrique doit être initiée conformément à la Figure 12.

- b) Un filtre IEM, tel que représenté sur la Figure 14, doit être installé à une extrémité d'une longueur de 15 m (ou 50 pieds) et d'une section de 2,5 mm² (ou 12 AWG) ~~de diamètre~~; le câble doit satisfaire à l'IEC 60228. Le filtre doit être installé à une extrémité d'un câble flexible d'une longueur de 2,0 m (ou 6 pieds) et d'une section de 1,5 mm² (ou 16 AWG) ~~de diamètre~~. Le DPDA et l'arc électrique doivent se trouver à l'endroit indiqué sur la Figure 13.

9.9.4.4 Essai d'aveuglement avec impédance de ligne

Le DPDA doit être installé comme prévu sur un circuit de branchement. Dans chacune des conditions suivantes d'impédance de ligne, le DPDA doit fonctionner conformément au temps de fonctionnement spécifié dans le Tableau 1 ou 2.

Un circuit de branchement comprenant 30 m (ou 100 pieds) de câble armé de 2,5 mm² (ou 12 AWG), avec 2 conducteurs et armure d'acier. Le défaut de production d'arc électrique doit avoir lieu en série, avec une charge de 5 A pour un DPDA avec une tension assignée de 120 V et 2,5 A pour un DPDA avec une tension assignée de 240 V (voir la Figure 15).

9.9.4.5 Essai d'aveuglement avec charges d'inhibition pour DPDA tripolaires et quadripolaires

Une série d'essais est effectuée avec des charges d'inhibition conformément à 9.9.2.9. Le DPDA et le dispositif d'essai de défaut d'arc sont connectés dans le circuit conformément à la Figure 39.

Le DPDA doit être soumis à essai avec chacune des charges d'inhibition suivantes à la tension assignée et la fréquence assignée du DPDA:

- a) un moteur asynchrone triphasé chargé pour consommer $2,5 \text{ A }^{+20}_0$ % par pôle de DPDA pour un DPDA ayant une tension assignée de 400 V et 5 A ^{+20}_0 % par pôle de DPDA pour un DPDA ayant une tension assignée de 230 V;
- b) un variateur de vitesse avec un moteur asynchrone triphasé ajusté de telle façon que la tension appliquée au moteur soit égale à 80 % de la tension assignée du DPDA et que le rapport U_n / f^2 reste constant, U_n étant la tension assignée et f la fréquence assignée.

La consommation du moteur asynchrone doit être ajustée pour consommer $2,5 \text{ A }^{+20}_0$ % par pôle de DPDA pour un DPDA ayant une tension assignée de 400 V et 5 A ^{+20}_0 % par pôle de DPDA pour un DPDA ayant une tension assignée de 230 V.

La fréquence de commutation du variateur de vitesse doit être comprise entre 10 kHz et 12 kHz.

Les systèmes comprenant des variateurs de vitesse, des moteurs et des câblages doivent être confirmés par le fournisseur de l'entraînement pour satisfaire aux exigences concernant la limite des émissions de courant harmoniques comme défini dans l'IEC 61000-3-2 pour les matériels de classe A. Le DPDA doit éliminer le défaut de production d'arc électrique comme spécifié dans le Tableau 1 ou dans le Tableau 2 lors de l'utilisation d'un échantillon de câble carbonisé ou en 2,5 fois le temps de fonctionnement dans le Tableau 1 ou dans le Tableau 2 lors de l'utilisation du générateur d'arc.

9.9.5 Essai de déclenchement indésirable

9.9.5.1 Généralités

Le DPDA doit mener à bien les essais de 9.9.5.2, 9.9.5.3 et 9.9.5.4 afin de s'assurer que le dispositif ne se déclenchera pas lorsqu'il ne convient pas qu'il se déclenche.

Le DPDA étant alimenté par toutes les phases, les essais doivent être effectués entre une phase choisie au hasard et le neutre (le cas échéant), et entre deux phases choisies au hasard, s'il y a lieu.

9.9.5.2 Essai diaphonique

Deux circuits installés aussi près que possible sur le même panneau sont alimentés par la même phase et le même neutre, le cas échéant, tel que représenté sur la Figure 16, un avec un DPDA et un sans DPDA (mais avec une protection ~~en surcharge~~ contre les surintensités conventionnelle). Les deux circuits sont connectés à une charge résistive qui absorbe un courant égal à 5 A. Pour les DPDA tripolaires et quadripolaires, une charge résistive tripolaire avec 5 A dans chaque phase doit être utilisée.

Un arc est initié avec un générateur d'arc (conformément à 9.9.2.7) ou un échantillon de câble (conformément à 9.9.2.6) dans le circuit sans DPDA, conformément aux conditions d'essais de ~~9.9.2.4~~ 9.9.2.2. Les conditions de l'arc doivent ~~avoir~~ être maintenues pendant une durée ~~égale à~~ minimale de 0,5s pour les circuits en 230V et en 400 V ou une durée ~~égale à~~ minimale de 1s pour les circuits en 120V. Le DPDA ne doit pas déclencher.

9.9.5.3 Essai d'éclatement

Cet essai est couvert par celui de 9.21.

9.9.5.4 Essai avec différentes charges perturbatrices pour DPDA unipolaire à deux voies de courant et un DPDA bipolaire

Le DPDA est testé selon ~~9.9.4.1~~ 9.9.4.2 mais sans le générateur d'arc de la Figure 10 (S1 est fermé).

Le DPDA sera testé avec chacune des charges suivantes:

- Un aspirateur, à 5 A à 7 A pour un DPDA avec une tension assignée de 230 V et à 10 A à 14 A pour un DPDA avec une tension assignée de 120 V, à pleine charge, avec un moteur universel qui doit être démarré et doit fonctionner;
- Une alimentation à découpage électronique (ou des alimentations), avec un courant de charge total d'au moins 2,5 A pour un DPDA avec une tension assignée de 230 V et 5 A pour un DPDA avec une tension assignée de 120 V, avec un taux de distorsion harmonique totale (THD) minimale de 100 % et un courant harmonique minimal individuel de 75 % au 3ème, 50 % au 5ème et 25 % au 7ème. L'alimentation (ou les alimentations) doit être mise sous tension;
- Un moteur avec condensateur de démarrage (de type à compresseur d'air), avec un courant de pointe d'appel de $65 \text{ A} \pm 10 \%$ pour un DPDA avec une tension assignée de 230 V et $130 \text{ A} \pm 10 \%$ pour un DPDA avec une tension assignée de 120 V, doit être démarré sous charge (compresseur fonctionnant sans pression d'air dans le réservoir d'air) et doit fonctionner. Pour un DPDA avec une tension assignée de 230V, un moteur de 2,2 kW avec condensateur de démarrage (de type à compresseur d'air) doit être utilisé;
- Pour un DPDA avec une tension assignée de 120 V, un dispositif électronique de réglage d'intensité de lampe (de type à thyristor) de 1 000 W avec bobine de filtrage contrôlant une charge de tungstène de 1 000 W comprenant quatre ampoules de 150 W et quatre ampoules de 100 W.

Pour un DPDA avec une tension assignée de 230 V, un dispositif électronique de réglage d'intensité de lampe (de type à thyristor) de 600 W avec bobine de filtrage contrôlant une charge de 600 W composée d'ampoules tungstènes.

NOTE Lorsque des ampoules de tungstène incandescentes ne peuvent être trouvées, une charge résistive de la même puissance peut les remplacer.

Le dispositif de réglage d'intensité doit être mis sous tension préréglé sur un fonctionnement à pleine charge, avec des angles de conduction de 60°, 90° et 120, au réglage minimal qui provoque l'éclairage des lampes;

- e) Deux lampes fluorescentes de 40 W plus une charge résistive de 5 A;
- f) Des lampes à halogène de 12 V, alimentées par un transformateur électronique avec une puissance totale d'au moins 300 W, et une charge résistive additionnelle de 5 A.
- g) Un outil à main électrique, tel qu'une perceuse, d'au moins 600 W.

L'outil portable g) sera tout d'abord préparé par une mise en service durant 24 h.

Les charges sont alimentées pendant une durée de 5 s au moins. Au minimum 5 opérations de démarrage/arrêt sont effectuées.

Le DPDA ne doit pas déclencher.

9.9.5.5 Essai avec différentes charges perturbatrices pour DPDA tripolaires et quadripolaires

Le DPDA est soumis à essai selon 9.9.4.5 mais sans le dispositif d'essai de défaut d'arc représenté sur la Figure 39.

Le DPDA doit être soumis à essai avec chacune des charges suivantes:

- a) un ventilateur triphasé (à moteur asynchrone) consommant $2,5 \text{ A }^{+20}_0$ % par pôle de DPDA pour un DPDA ayant une tension assignée de 400 V et 5 A ^{+20}_0 % par pôle de DPDA pour un DPDA ayant une tension assignée de 230 V;
- b) un variateur de vitesse avec un ventilateur triphasé (à moteur asynchrone) ajusté de telle façon que la tension appliquée au ventilateur soit égale à 80 % de la tension assignée du DPDA et que le rapport U_n/f^2 reste constant, U_n étant la tension assignée et f la fréquence assignée.

La consommation du ventilateur doit être ajustée pour consommer $2,5 \text{ A }^{+20}_0$ % par pôle de DPDA pour un DPDA ayant une tension assignée de 400 V et 5 A ^{+20}_0 % par pôle de DPDA pour un DPDA ayant une tension assignée de 230 V.

La fréquence de commutation du variateur de vitesse doit être comprise entre 10 kHz et 12 kHz.

Le variateur de vitesse ne doit pas être équipé de filtres CEM optionnels.

Si une rampe d'accélération est utilisée pour atteindre la tension appliquée au ventilateur, elle ne doit pas durer plus de 5 s.

Les charges sont alimentées pendant une durée de 10 s au moins. Cinq manœuvres de démarrage/arrêt doivent être effectuées.

Le DPDA ne doit pas se déclencher.

9.10 Vérification de l'endurance mécanique et électrique

9.10.1 Conditions générales d'essai

Le DPDA est fixé sur un support métallique.

Les DPDA classés selon 4.1.3 doivent être assemblés au dispositif de protection déclaré.

L'essai est effectué avec la tension assignée, le courant étant réglé à la valeur du courant assigné au moyen de résistances et de bobines de réactance en série, connectées aux bornes de sortie.

Si des bobines de réactance sans fer sont utilisées, une résistance absorbant approximativement 0,6 % du courant passant par les bobines de réactance est connectée en parallèle avec chacune d'entre elles.

Si des bobines de réactance avec noyau de fer sont utilisées, les pertes de puissance de ces bobines ne doivent pas avoir d'influence appréciable sur la tension de rétablissement.

Le courant doit avoir une forme pratiquement sinusoïdale et le facteur de puissance doit être compris entre 0,85 et 0,9.

Le DPDA est raccordé au circuit par des conducteurs de dimensions indiquées dans le Tableau 11.

9.10.2 Procédure d'essai

Les DPDA sont soumis à 2 000 cycles de manœuvre, chaque cycle consistant en une manœuvre de fermeture suivie d'une manœuvre d'ouverture.

Le DPDA doit être manœuvré comme en usage normal.

Les manœuvres d'ouverture doivent être effectuées de la façon suivante:

- pour les 1 000 premiers cycles de manœuvre en utilisant l'organe de commande manuelle;
- 500 opérations utilisant le bouton de test, si présent;
- 500 cycles de manœuvre, ou 1 000 ~~en cas que le bouton de test n'est pas présent, cycles de manœuvre en générant des arcs~~ en l'absence de dispositif d'essai, en déclenchant le DPDA. Les moyens et conditions de déclenchement seront décidés entre le constructeur et le laboratoire.

De plus, le DPDA est soumis sans charge au moyen de l'organe de manœuvre à

- 2 000 cycles de manœuvre pour les DPDA avec $I_n \leq 25$ A;
- 1 000 cycles de manœuvre pour les DPDA avec $I_n > 25$ A.

La cadence de manœuvre doit être de

- quatre cycles par minute pour les DPDA avec $I_n \leq 25$ A, la durée de fermeture étant de 1,5 s à 2 s;
- deux cycles par minute pour les DPDA avec $I_n > 25$ A, la durée de fermeture étant de 1,5 s à 2 s.

9.10.3 Etat du DPDA après essai

Après les essais de 9.10.2, le DPDA ne doit pas présenter:

- d'usure anormale;

- de dommages à l'enveloppe permettant de toucher des parties actives avec le doigt d'essai normalisé;
- de jeu dans les connexions électriques ou les assemblages mécaniques;
- d'écoulement de la matière de remplissage éventuelle.

Le fonctionnement d est ensuite vérifié en répétant l'essai mentionné en 9.9.2.4 à la valeur la de courant la plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas, et à la valeur nominale du DPDA sans mesurer le temps de fonctionnement.

Le DPDA doit alors réussir l'essai de rigidité diélectrique comme spécifié en 9.7.4 pendant 1 min, mais à une tension de 900 V sans traitement préalable à l'humidité.

9.11 Vérification du comportement du DPDA dans les conditions de court-circuit

9.11.1 Généralités

Les DPDA classés selon 4.1.1 doivent être mis à essai conformément à 9.11.2.

Les DPDA classés selon 4.1.2 et 4.1.3 (conformément à l'Annexe D, en fonction du dispositif de protection assemblé) sont mis à essai conformément à l'IEC 60898, l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou à l'IEC 62423, selon le cas.

Le fonctionnement du DPDA est ensuite vérifié en répétant l'essai mentionné en 9.9.2.4 à 1,25 fois le courant le plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas, sans mesurer le temps de fonctionnement.

9.11.2 Essais de courts-circuits pour les DPDA, selon l'Article 4.1.1

9.11.2.1 Généralités

Les différents essais destinés à vérifier le comportement du DPDA, selon 4.1.1, dans des conditions de court-circuit sont présentés dans le Tableau 17.

Tableau 17 – Essais à effectuer pour vérifier le comportement des DPDA dans des conditions de court-circuit

Vérification	Paragraphe
Pouvoir de fermeture et de coupure assigné I_m	9.11.2.3
Pouvoir de fermeture et de coupure sur un pôle I_{m1} et aptitude à l'emploi en systèmes IT	9.11.2.4
Coordination au courant conditionnel de court-circuit assigné I_{nc}	9.11.2.5 a)
Coordination avec le pouvoir de fermeture et de coupure assigné I_m	9.11.2.5 b)
Coordination au courant conditionnel de court-circuit assigné pour un pôle I_{nc1}	9.11.2.5 c)

9.11.2.2 Conditions générales pour l'essai

Les conditions de 9.11.2 sont applicables à tout essai destiné à vérifier le comportement des DPDA dans des conditions de court-circuit.

a) Circuit d'essai

La Figure 19, la Figure 20 et la Figure 21 représentent les schémas des circuits à utiliser pour les essais concernant:

- un DPDA unipolaire à 2 voies de courant;
- un DPDA bipolaire;
- un DPDA tripolaire;

– un DPDA quadripolaire.

La source S alimente un circuit comprenant une impédance Z, le dispositif de protection déclaré, le cas échéant, le DPDA mis à essai (D) et l'impédance additionnelle Z_1 et/ou Z_2 , selon les cas.

Les valeurs des résistances et des bobines d'inductance du circuit d'essai doivent être ajustées pour respecter les conditions spécifiées de l'essai.

Les bobines d'inductance L doivent être de préférence sans fer. Elles doivent toujours être placées en série avec les résistances R et leur valeur doit être obtenue par le couplage en série de réactances élémentaires. Le couplage en parallèle de réactances est envisageable lorsque ces réactances ont pratiquement la même constante de temps.

Etant donné que les caractéristiques de la tension transitoire de rétablissement du circuit d'essai comprenant de grosses bobines d'inductance sans fer de valeur de réactance élevée ne correspondent pas aux conditions habituelles de service, la bobine d'inductance sans fer de chaque phase doit être shuntée par une résistance R absorbant environ 0,6 % du courant traversant la bobine (voir la Figure 21). Cette résistance peut être omise en accord avec le constructeur.

Dans chaque circuit d'essai, l'impédance Z est insérée entre la source d'alimentation S et le DPDA.

Le dispositif de protection déclaré ou l'impédance équivalente (voir en 9.11.2.3 a) et en 9.11.2.4 a)) est inséré(e) entre l'impédance Z et le DPDA.

L'impédance supplémentaire Z_1 , lorsqu'elle est utilisée, doit être insérée du côté aval du DPDA.

Pour les essais mentionnés en 9.11.2.5 a) et c), le DPDA doit être raccordé à des câbles d'une longueur de 0,75 m par pôle et ayant une section maximale correspondant au courant assigné selon le Tableau 8 de la présente norme.

Il est recommandé que la longueur de câble raccordé du côté alimentation soit de 0,5 m, la longueur de câble raccordé devant être de 0,25 m du côté aval du DPDA.

Le schéma du circuit d'essai doit être mentionné dans le rapport d'essai. Il doit être conforme à la figure appropriée.

Un seul et unique point du circuit d'essai doit être raccordé directement à la terre. Il peut s'agir de la connexion de court-circuit du circuit d'essai ou du point neutre de la source ou tout autre point convenable. La méthode de mise à la terre doit être indiquée dans le rapport d'essai.

Z_2 , correctement étalonnée, est une impédance qui permet d'obtenir un des courants suivants:

- le pouvoir de fermeture et de coupure ~~différentiel~~ assigné sur un pôle I_{m1} ;
- le courant ~~différentiel~~ de court-circuit conditionnel assigné sur un pôle I_{nc1} .

S_1 est un interrupteur auxiliaire.

Des essais doivent être effectués dans le but de vérifier les valeurs minimales de I^2t et I_p , indiquées dans le Tableau 18, que doit supporter le DPDA. Le dispositif de protection contre les surintensités déclaré doit être utilisé dans le cadre des essais.

Dans le cadre de cet essai, une vérification du dispositif de protection contre les surintensités déclarées (I^2t et I_p) est effectuée avant l'essai, en remplaçant le DPDA par une connexion temporaire d'impédance négligeable.

Les valeurs minimales de la contrainte thermique I^2t et du courant de crête I_p , fondées sur un angle électrique de 45°, sont indiquées dans le Tableau 18.

Sans un accord du constructeur, ces valeurs ne doivent pas être supérieures à 1,1 fois les valeurs données dans le Tableau 18.

Tableau 18 – Valeurs minimales de I^2t et I_p

I_{nc} et I_{nc1} A		I_n A					
		≤ 16	≤ 20	≤ 25	≤ 32	≤ 40	≤ 63
500	I_p (kA)	0,45	0,47	0,5	0,57		
	I^2t (kA ² s)	0,4	0,45	0,53	0,68		
1 000	I_p (kA)	0,65	0,75	0,9	1,18		
	I^2t (kA ² s)	0,50	0,9	1,5	2,7		
1 500	I_p (kA)	1,02	1,1	1,25	1,5	1,9	2,1
	I^2t (kA ² s)	1	1,5	2,4	4,1	9,75	22
3 000	I_p (kA)	1,1	1,2	1,4	1,85	2,35	3,3
	I^2t (kA ² s)	1,2	1,8	2,7	4,5	8,7	22,5
4 500	I_p (kA)	1,15	1,3	1,5	2,05	2,7	3,9
	I^2t (kA ² s)	1,45	2,1	3,1	5,0	9,7	28
6 000	I_p (kA)	1,3	1,4	1,7	2,3	3	4,05
	I^2t (kA ² s)	1,6	2,4	3,7	6,0	11,5	25
10 000	I_p (kA)	1,45	1,8	2,2	2,6	3,4	4,3
	I^2t (kA ² s)	1,9	2,7	4	6,5	12	24

NOTE 1 A la demande du constructeur, des valeurs supérieures I^2t et I_p peuvent être utilisées.

Pour des valeurs intermédiaires des courants d'essai de court-circuit, le courant de court-circuit immédiatement supérieur doit être appliqué.

La vérification des valeurs minimales pour I^2t et I_p n'est pas nécessaire si le constructeur a déclaré des valeurs supérieures aux minima pour le DPDA. Dans ce cas, les valeurs déclarées doivent être vérifiées.

Pour la coordination avec les disjoncteurs, les essais avec cette combinaison sont nécessaires.

Toutes les parties conductrices du DPDA, normalement mises à la terre en service, y compris le support métallique sur lequel le DPDA est monté ou toute enveloppe métallique (voir en 9.11.2.2 f)), doivent être raccordées au point neutre de la source d'alimentation ou à un point neutre artificiel sensiblement non inductif qui permet d'appliquer un courant de défaut présumé d'au moins 100 A.

Cette connexion doit comprendre un fil de cuivre F d'un diamètre de 0,1 mm, d'une longueur minimale de 50 mm, permettant de détecter le courant de défaut et, si nécessaire, une résistance R_2 qui limite la valeur du courant de défaut présumé à environ 100 A.

Les capteurs de tension sont connectés:

- entre les bornes du pôle pour les DPDA unipolaires;
- entre les bornes d'alimentation pour les DPDA multipolaires.

Sauf indication contraire dans le rapport d'essai, la résistance des circuits de mesure doit être au moins de 100 Ω par volt de la tension de rétablissement à fréquence industrielle.

Les DPDA alimentés du côté de l'alimentation avec la tension assignée (ou, s'il y a lieu, la valeur est plus petite valeur de la plage de tensions assignées).

b) Tolérances sur les grandeurs d'essai

Tous les essais concernant la vérification du pouvoir de fermeture et de coupure assigné et de la coordination correcte entre les DPDA et les dispositifs de protection déclarés

doivent être effectués avec les valeurs des grandeurs et les facteurs d'influence indiqués par le constructeur, conformément au Tableau 6 de la présente norme, sauf spécification contraire.

Les essais sont considérés comme valables si les grandeurs consignées dans le rapport d'essai se situent dans les limites de tolérance suivantes pour les valeurs spécifiées:

- Intensité: $\begin{matrix} +5 \\ 0 \end{matrix} \%$;
- Fréquence: voir 9.2 de cette norme;
- Facteur de puissance: $\begin{matrix} 0 \\ -0,05 \end{matrix}$;
- Tension: (tension de rétablissement incluse): $\pm 5 \%$.

c) Facteur de puissance du circuit d'essai

Le facteur de puissance de chaque phase du circuit d'essai doit être déterminé selon une méthode reconnue devant être mentionnée dans le rapport d'essai.

Deux exemples sont donnés dans l'Annexe IA.

Le facteur de puissance d'un circuit polyphasé est considéré comme étant la valeur moyenne des facteurs de puissance de chaque phase.

Le facteur de puissance doit être comme indiqué dans le Tableau 19.

Tableau 19 – Facteurs de puissance pour les essais de court-circuit

Courant de court-circuit (I_c) A	Facteur de puissance
$I_c \leq 500$	0,95 à 1,00
$500 < I_c \leq 1\,500$	0,93 à 0,98
$1\,500 < I_c \leq 3\,000$	0,85 à 0,90
$3\,000 < I_c \leq 4\,500$	0,75 à 0,80
$4\,500 < I_c \leq 6\,000$	0,65 à 0,70
$6\,000 < I_c \leq 10\,000$	0,45 à 0,50
$10\,000 < I_c \leq 25\,000$	0,20 à 0,25

d) Tension de rétablissement à fréquence industrielle

La valeur de la tension de rétablissement à fréquence industrielle doit être égale à une valeur correspondant à 105 % de la tension assignée du DPDA mis à essai.

NOTE 2 La valeur de 105 % de la tension assignée est considérée comme couvrant les effets des variations de la tension du système dans les conditions de service normal. La limite supérieure peut être augmentée après accord du constructeur.

Après chaque extinction de l'arc, la tension de rétablissement à fréquence industrielle doit être maintenue pendant une durée d'au moins 0,1 s.

e) Etalonnage du circuit d'essai

Le DPDA et le dispositif de protection déclaré, le cas échéant, sont remplacés par des connexions provisoires G_1 dont l'impédance est négligeable par rapport à celle du circuit d'essai.

Pour l'essai mentionné en 9.11.2.5 a), les bornes aval du DPDA sont court-circuitées au moyen des connexions G_2 d'impédance négligeable, l'impédance Z est réglée de façon à obtenir, à la tension d'essai, un courant égal au courant conditionnel de court-circuit assigné au facteur de puissance prescrit. Le circuit d'essai est alimenté simultanément sur tous les pôles et la courbe de courant est enregistrée avec le capteur de courant O_1 .

Par ailleurs, pour les essais mentionnés en 9.11.2.3, 9.11.2.4, 9.11.2.5 b) et c), les impédances supplémentaires Z_1 et/ou Z_2 sont utilisées, si nécessaire, pour obtenir les valeurs du courant d'essai requis (I_m , I_{m1} et I_{nc1} respectivement).

f) Etat du DPDA pour essai

Les DPDA doivent être soumis à essai à l'air libre en conformité avec le point f1) du présent paragraphe, sauf s'ils sont conçus seulement pour l'utilisation en enveloppes spécifiées par le constructeur ou sont prévus seulement pour l'utilisation en enveloppes individuelles, auxquels cas ils doivent être soumis à essai selon le point f2) du présent paragraphe ou, avec l'agrément du constructeur, selon le point f1) de ce paragraphe.

NOTE 3 Une enveloppe individuelle est une enveloppe conçue pour ne recevoir qu'un seul appareil.

Le DPDA doit être manœuvré en simulant le plus possible le fonctionnement manuel normal.

1) Essai à l'air libre

Le DPDA à mettre à l'essai est installé comme il est décrit sur la Figure C.1 de l'Annexe C.

La feuille de polyéthylène et la barrière en matériau isolant prescrites dans l'Annexe C sont placées, comme indiqué sur la Figure C.1, pour les manœuvres d'ouverture (O) seulement.

La ou les grilles prescrites en Annexe C doivent être placées de telle sorte que le volume des gaz ionisés émis les traverse. Elles doivent être placées dans les positions les plus défavorables.

NOTE 4 Si l'emplacement des orifices d'échappement n'est pas évident ou s'il n'y a pas d'orifices d'échappement, l'information appropriée est apportée par le constructeur.

Le ou les circuit(s) de grille (voir la Figure C.3 de l'Annexe C) doit(doivent) être connecté(s) aux points B et C, comme l'indiquent les schémas de circuit d'essai de la Figure 19 et de la Figure 20.

La résistance R' doit avoir une valeur de $1,5 \Omega$. Le fil de cuivre F' (voir la Figure C.3 de l'Annexe C) doit avoir une longueur de 50 mm et un diamètre de 0,12 mm pour les DPDA dont la tension assignée est de 230 V.

NOTE 5 Les valeurs pour les autres tensions sont à l'étude.

Pour les courants de court-circuit inférieurs ou égaux à 1 500 A, la distance "a" doit être de 35 mm.

Pour les courants d'essai plus élevés, jusqu'à I_{nc} , la distance "a" peut être accrue et/ou toutes les barrières ou les moyens d'isolation supplémentaires peuvent être installés selon les déclarations du constructeur. Si "a" est augmentée, elle doit être choisie dans la série 40 mm – 45 mm – 50 mm – 55 mm, etc. et déclarée par le constructeur.

2) Essais en enveloppes

La grille et la barrière en matériau isolant décrites sur la Figure C.1 de l'Annexe C ne sont pas utilisées.

L'essai doit être exécuté avec le DPDA, installé dans l'enveloppe qui a la condition constructive la plus défavorable, placé dans les conditions les plus défavorables.

Cela signifie que si d'autres DPDA (ou autres appareillages) sont normalement installés dans la ou les direction(s) où les grilles seraient placées, il convient qu'ils y soient installés. Ces DPDA (ou autres appareillages) sont alimentés comme en usage normal, mais à travers F' et R' , comme défini au point f1) de ce paragraphe et connectés comme décrit sur les Figures 19 et 20.

En accord avec les instructions du constructeur, des barrières, d'autres moyens ou des distances d'isolement appropriées peuvent être nécessaires pour empêcher les gaz ionisés d'affecter l'installation.

La feuille de polyéthylène décrite à l'Annexe C est placée comme le montre la Figure C.1, à une distance de 10 mm de l'organe de manœuvre, pour les opérations "O" seulement.

g) Séquence des manœuvres

La procédure d'essai consiste en une séquence de manœuvres.

Les symboles suivants sont utilisés pour définir la séquence de manœuvres:

- O représente une manœuvre d'ouverture, le court-circuit étant établi par l'interrupteur T, avec le DPDA et le dispositif de protection déclaré éventuel dans la position de fermeture;
- CO représente une manœuvre de fermeture du DPDA, l'interrupteur T et le DPCC, s'il y a lieu, étant en position fermée, suivie par une ouverture automatique (dans le cas d'un DPCC, voir en 9.11.2.4) ou par ouverture manuelle;
- t représente l'intervalle de temps entre deux manœuvres successives en court-circuit. Ce dernier doit être de 3 min ou d'une durée plus longue qui peut être requise pour le réarmement ou le remplacement du DPCC, s'il y a lieu.

h) Comportement du DPDA pendant les essais

Pendant les essais, le DPDA ne doit pas mettre l'opérateur en danger.

De plus, il ne doit se produire ni arc permanent, ni contournement entre les pôles et la masse, ni fusion du fusible F, inséré dans le circuit de terre, ni fusion du fusible F', si applicable.

i) Etat du DPDA après essais

Après chacun des essais applicables effectués selon 9.11.2.3, 9.11.2.4, 9.11.2.5 a), 9.11.2.5 b) et 9.11.2.5 c), les DPDA ne doivent présenter aucune détérioration susceptible de compromettre leur emploi ultérieur et être capables, sans entretien, de résister aux essais suivants:

- courant de fuite entre les contacts ouverts, conforme à ~~9.7.6.3~~ 9.7.7.3;
- essai de rigidité diélectrique conforme à ~~9.7.3~~ 9.7.4, réalisé dans un délai de 2 h à 24 h après les essais de court-circuit, mais sous une tension de deux fois sa tension assignée, pendant 1 min, sans traitement préalable à l'humidité;
- établissement et coupure du courant assigné sous sa tension assignée.

Au cours de ces essais, après les essais effectués aux conditions spécifiées au point a) de ~~9.7.2~~ 9.7.3, il doit être vérifié que l'indicateur de la position des contacts donne l'indication "ouvert" et que pendant l'essai effectué aux conditions spécifiées au point b) de ~~9.7.2~~ 9.7.3, l'indicateur de la position des contacts doit donner l'indication "fermé".

Dans les conditions d'essai indiquées en 9.9.2.4, le DPDA doit se déclencher avec un courant d'essai égal à 1,25 fois le courant le plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas, sans mesurer le temps de fonctionnement. La feuille de polyéthylène ne doit présenter aucun trou visible à l'œil nu, à la vision normale ou corrigée sans grossissement supplémentaire.

j) Interprétation des enregistrements

1) détermination de la tension appliquée et de la tension de rétablissement à fréquence industrielle

La tension appliquée et la tension de rétablissement à fréquence industrielle sont déterminées d'après l'enregistrement correspondant à l'essai de coupure effectué avec le DPDA en essai. La tension appliquée est évaluée comme indiqué sur la Figure 22.

La tension côté amont doit être mesurée pendant le premier cycle après extinction de l'arc sur tous les pôles et après que les phénomènes haute fréquence ont disparu.

2) détermination du courant de court-circuit présumé

La composante alternative du courant présumé est prise égale à la valeur efficace de la composante alternative du courant d'étalonnage (valeur correspondant à A_2 de la Figure 22).

S'il y a lieu, le courant de court-circuit présumé doit être la moyenne des courants présumés dans toutes les phases.

9.11.2.3 Vérification du pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m)

Cet essai est destiné à vérifier l'aptitude du DPDA à établir, supporter pendant un temps spécifié et couper des courants de court-circuit.

a) Conditions d'essai

Le DPDA est soumis à essai dans un circuit selon les conditions générales d'essai décrites en 9.11.2.2, sans dispositif de protection intégré dans le circuit.

Les connexions G_1 d'impédance négligeable sont remplacées par le DPDA et par des connexions ayant approximativement l'impédance du dispositif de protection déclaré.

L'interrupteur auxiliaire S_1 reste ouvert.

b) Procédure d'essai

La séquence de manœuvres suivante est exécutée, la manœuvre FO est effectuée par une grille qui ferme le mécanisme et ouvre au moins 0,05 s plus tard pour s'assurer que le courant circule dans le DPDA:

CO – t – CO – t – CO.

9.11.2.4 Vérification du pouvoir de coupure et de fermeture assigné sur un pôle (I_{m1}) des DPDA et de leur aptitude à l'emploi en systèmes IT

Cet essai est destiné à vérifier l'aptitude du DPDA à établir, supporter pendant un temps spécifié et couper des courants de court-circuit sur un pôle et à vérifier son aptitude à l'emploi en systèmes IT.

a) Conditions d'essai

Le DPDA doit être soumis à essai selon les conditions générales d'essai spécifiées en 0, sans dispositif de protection inséré dans le circuit, mais en étant connecté de telle façon que le courant de court-circuit circule dans un pôle.

Pour cet essai, l'impédance Z_1 n'est pas utilisée, le circuit étant laissé ouvert.

Les voies de courant qui ne sont pas soumises au courant de court-circuit sont connectées à la tension d'alimentation aux bornes amont.

Les connexions G_1 d'impédance négligeable sont remplacées par le DPDA et par des connexions ayant approximativement l'impédance du dispositif de protection déclaré.

L'interrupteur auxiliaire S_1 reste fermé.

L'essai est effectué sur chaque pôle à tour de rôle, à l'exclusion du neutre coupé s'il y a lieu.

b) Procédure d'essai

La séquence des manœuvres à effectuer est la suivante: ~~L'ouverture~~ La fermeture est ~~exécutée~~ effectuée par un dispositif qui actionne le mécanisme du DPDA et ~~les moyens d'ouverture qui s'ouvre-pendant~~ au moins 0,05s plus tard afin de s'assurer que du courant ~~s'écoule~~ circule dans le DPDA.

Comme alternative à l'opération d'ouverture avec une grille, le constructeur peut fournir des échantillons spécialement préparés qui peuvent être ouverts par des dispositifs électriques externes qui simulent l'ouverture automatique dans des conditions de défaut d'arc.

CO – t – CO – t – CO.

- c) Pour la vérification de l'aptitude à l'emploi en systèmes IT, cet essai est répété avec de nouveaux échantillons:
- à une valeur de 105 % de la tension assignée entre phases pour les pôles de phase et à une valeur de 105 % de U_0 pour le pôle marqué N, le cas échéant; et
 - selon 5.3.5, avec un courant dont la valeur est la plus grande des deux valeurs 500 A ou $10 I_n$.

Chaque pôle est soumis individuellement à un essai dans un circuit dont les connexions sont données sur la Figure 20;

La séquence d'essai est CO – t – CO.

Les DPDA avec neutre non coupé ne sont pas soumis à cet essai.

9.11.2.5 Vérification de la coordination entre le DPDA et le dispositif de protection déclaré

Ces essais sont menés à bien conformément à la Figure 19.

Ces essais sont destinés à vérifier que le DPDA, protégé par le dispositif de protection déclaré, peut supporter sans dommage des courants de court-circuit jusqu'à son courant conditionnel de court-circuit assigné (voir en 5.3.6).

Le courant de court-circuit est interrompu par l'association du DPDA et du dispositif de protection déclaré.

Durant l'essai, le DPDA et le dispositif de protection ou le dispositif de protection uniquement peuvent/peut fonctionner. Toutefois, si seul le DPDA s'ouvre, l'essai est également considéré comme satisfaisant.

Le dispositif de protection est remplacé ou réarmé, selon le cas, après chaque manœuvre.

Les essais suivants sont effectués (voir aussi le Tableau 17) dans les conditions générales mentionnées en 02:

- un essai (voir en 9.11.2.5 a)) pour vérifier que, au courant conditionnel de court-circuit assigné, I_{nc} , le dispositif de protection déclaré protège le DPDA.
- un essai (voir en 9.11.2.5 b)) pour vérifier que, aux courants de court-circuit de valeur correspondant au pouvoir de coupure et de fermeture assigné, I_m , le dispositif de protection déclaré fonctionne et protège le DPDA.
- un essai (voir en 9.11.2.5 c)) pour vérifier qu'en cas de courts-circuits phase-terre, avec des courants jusqu'à la valeur du courant différentiel conditionnel de court-circuit assigné pour une phase, I_{nc1} , le DPDA peut supporter les contraintes correspondantes.

a) Vérification de la coordination au courant conditionnel de court-circuit assigné (I_{nc})

3) Conditions d'essai

Les connexions G_1 d'impédance négligeable sont remplacées par le DPDA et par le dispositif de protection déclaré.

L'interrupteur auxiliaire S1 reste ouvert.

4) Procédure d'essai

La séquence des manœuvres à effectuer est la suivante:

CO – t – CO.

b) Vérification de la coordination au pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m)

1) Conditions d'essai

Les connexions G_1 d'impédance négligeable sont remplacées par le DPDA et par le dispositif de protection déclaré.

L'interrupteur auxiliaire S1 reste fermé.

2) Procédure d'essai

La séquence des manœuvres à effectuer est la suivante:

CO – t – CO – t – CO.

c) Vérification de la coordination au courant conditionnel de court-circuit assigné pour un pôle (I_{nc1})

1) Conditions d'essai

Le DPDA doit être mis à essai selon les conditions générales d'essai spécifiées en 0, mais en étant connecté de telle façon que le courant de court-circuit ne circule que dans un pôle.

L'essai est effectué sur un pôle seulement qui ne doit pas être le neutre de sectionnement du DPDA. En cas de dispositifs multipolaires, l'essai est répété sur chaque pôle.

Les voies de courant qui ne sont pas parcourues par le courant ~~différentiel~~ de court-circuit sont connectées à la source d'alimentation par leurs bornes terminales.

Les connexions G_1 d'impédance négligeable sont remplacées par le DPDA et par le DPCC.

L'interrupteur auxiliaire S1 reste fermé.

2) Procédure d'essai

La séquence des manœuvres à effectuer est la suivante:

CO – t – CO – t – CO.

9.12 Vérification de la résistance aux secousses mécaniques et aux chocs

9.12.1 Secousses mécaniques

9.12.1.1 Dispositif d'essai

Le DPDA est soumis à des secousses mécaniques en utilisant l'appareil représenté sur la Figure 23. Un socle de bois A est fixé sur un bloc de béton et une plateforme B est articulée par charnière sur A. Cette plateforme porte une plaque de bois C qui peut être fixée à différentes distances de la charnière et dans deux positions verticales. L'extrémité de B porte sur une plaque de butée métallique D qui repose sur un ressort hélicoïdal ayant une constante de flexion de 25 N/mm.

Le DPDA est fixé sur C de façon telle que la distance entre l'axe horizontal de l'échantillon et B soit de 180 mm, C étant à son tour fixé de façon que la distance entre la surface de fixation et la charnière soit de 200 mm comme l'indique la Figure 23.

Sur C, à l'opposé de la surface de fixation du DPDA, une masse additionnelle est fixée de telle sorte que la force statique sur D soit de 25 N afin de garantir que le moment d'inertie du système complet est pratiquement constant.

9.12.1.2 Procédure d'essai

Le DPDA étant en position de fermeture, sans être relié à une source de courant, la plateforme est soulevée par son extrémité libre et tombe 50 fois d'une hauteur de 40 mm, l'intervalle de temps entre les chutes successives étant tel que l'échantillon revienne au repos.

Le DPDA est ensuite fixé sur le côté opposé de C et B et tombe de nouveau 50 fois comme précédemment. Après cet essai, C tourne à 90° autour de son axe vertical et, si nécessaire, sa position est à nouveau réglée de façon que l'axe vertical de symétrie du DPDA soit à 200 mm de la charnière.

La plateforme tombe 50 fois comme précédemment, le DPDA étant d'un côté de C et 50 fois avec le DPDA du côté opposé.

Avant chaque changement de position, le DPDA est ouvert et fermé à la main.

Pendant les essais, le DPDA ne doit pas s'ouvrir.

9.12.2 Chocs mécaniques

9.12.2.1 Généralités

La conformité est vérifiée sur les parties accessibles du DPDA, monté dans les conditions normales d'emploi (voir la note en 8.3), qui peuvent être soumises à des chocs mécaniques en usage normal, par l'essai mentionné en 9.12.2.2 pour tous les types de DPDA et de plus par les essais du 9.12.2.3, pour les DPDA prévus pour être montés sur rails.

NOTE Les DPDA destinés seulement à être totalement enfermés ne sont pas soumis à cet essai.

9.12.2.2 Les échantillons sont soumis à des chocs au moyen de l'appareil d'essai de chocs comme représenté sur les Figures 24 à 26.

La tête de la pièce de frappe a une surface hémisphérique de 10 mm de rayon, en polyamide de dureté Rockwell HR 100. La pièce de frappe a une masse de $150 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$. Elle est fixée rigidement à l'extrémité inférieure d'un tube d'acier de 9 mm de diamètre extérieur et de 0,5 mm d'épaisseur pivotant à son extrémité supérieure de façon à n'osciller que dans un plan vertical.

L'axe du pivot est à $1\,000 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ au-dessus de l'axe de la pièce de frappe.

Pour déterminer la dureté Rockwell de la pièce de frappe en polyamide, les conditions suivantes sont appliquées:

- diamètre de la bille: $12,7 \text{ mm} \pm 0,0025 \text{ mm}$;
- charge initiale: $100 \text{ N} \pm 2 \text{ N}$;
- charge additionnelle: $500 \text{ N} \pm 2,5 \text{ N}$.

NOTE 1 Des renseignements complémentaires concernant l'établissement de la dureté Rockwell des matières plastiques sont indiqués dans la norme ASTM D 785-08.

La conception de l'appareil d'essai est telle qu'il faut exercer une force comprise entre 1,9 N et 2,0 N sur la face de la pièce de frappe pour maintenir le tube en position horizontale.

Les DPDA pour montage en saillie sont montés sur une plaque de contre-plaqué de 8 mm d'épaisseur, de forme carrée de $175 \text{ mm} \times 175 \text{ mm}$, fixée à ses bords supérieurs et inférieurs à une console rigide qui fait partie du support de montage indiqué sur la Figure 26.

Le support de montage doit avoir une masse de $10 \text{ kg} \pm 1 \text{ kg}$ et doit être installé sur un châssis rigide au moyen de pivots. Ce châssis est fixé à une paroi massive.

Les DPDA de type encastré sont montés dans un dispositif, comme indiqué sur la Figure 27, qui est fixé au support.

Les DPDA pour montage en tableau sont montés dans un dispositif, comme indiqué sur la Figure 28, fixé au support de montage.

Les DPDA enfichables sont montés sur leur socle d'origine qui est fixé sur la plaque de contre-plaqué ou dans les dispositifs selon la Figure 27 ou 28, selon le cas.

Les DPDA destinés à être fixés sur un rail doivent être montés sur le rail approprié qui est fixé rigidement sur le support de montage.

La conception de l'appareil d'essai est telle que:

- l'échantillon peut être déplacé horizontalement et peut tourner autour d'un axe perpendiculaire à la surface du contreplaqué;
- le contre-plaqué peut tourner autour d'un axe vertical.

Le DPDA, avec ses capots s'il y a lieu, est monté comme en usage normal, sur le contre-plaqué ou dans le dispositif approprié, selon le cas, de telle façon que le point d'impact se trouve dans le plan vertical contenant l'axe de rotation du pendule.

Les entrées de câbles qui ne sont pas obturées par une paroi défonçable sont laissées ouvertes. Si elles sont défonçables, deux d'entre elles sont défoncées.

Avant d'appliquer les coups, les vis de fixation des bases, des capots, etc. sont serrées avec un couple égal aux deux tiers de celui spécifié dans le Tableau 12.

La pièce de frappe tombe d'une hauteur de 10 cm, sur les surfaces accessibles quand le DPDA est monté dans les conditions normales d'emploi.

La hauteur de chute est la distance verticale entre la position d'un point de repère lorsque le pendule est libéré et la position de ce même point au moment du choc. Le point de repère est identifié sur la surface de la pièce de frappe à l'endroit où la ligne passant par le point d'intersection des axes du tube d'acier du pendule et de la pièce de frappe, perpendiculairement au plan passant par les deux axes, rencontre la surface.

NOTE 2 En théorie, le centre de gravité de la pièce de frappe est le point de contrôle. Comme il est difficile de déterminer le centre de gravité, le point de contrôle a été choisi comme décrit ci-dessus.

Chaque DPDA subit dix coups, deux d'entre eux étant appliqués à l'organe de manœuvre et les autres régulièrement répartis sur les parties de l'échantillon pouvant être soumises à des chocs.

Les coups ne sont pas appliqués aux surfaces défonçables ni aux ouvertures éventuelles recouvertes d'un matériau transparent.

En général, un coup est appliqué sur chaque face latérale de l'échantillon après rotation autour d'un axe vertical, aussi loin que possible, mais pas au-delà de 60° et les deux autres à peu près à mi-distance entre les coups précédents.

Les autres coups sont appliqués de la même façon après rotation de l'échantillon de 90° autour de son axe perpendiculaire au contre-plaqué.

S'il existe des entrées de câbles ou des entrées défonçables, l'échantillon est monté de façon que les deux lignes de coups soient disposées autant que possible à égale distance de ces orifices.

Les deux coups sur l'organe de manœuvre doivent être appliqués comme suit: un lorsque l'organe de manœuvre est en position "ouvert" et l'autre lorsque l'organe de manœuvre est sur la position "fermé".

Après l'essai, les échantillons ne doivent pas présenter de détérioration au sens de la présente norme. En particulier, les capots qui, s'ils sont brisés, rendent les parties sous tension accessibles ou altèrent l'usage ultérieur du DPDA, les organes de manœuvre, les revêtements ou cloisons en matériau isolant et analogues ne doivent pas présenter de tels dommages.

En cas de doute, il est vérifié que le démontage et le remplacement des parties externes, telles qu'enveloppes ou couvercles, est possible sans endommager ni ces parties, ni leur revêtement.

NOTE 3 Une détérioration de la finition, de faibles enfoncements qui ne réduisent pas les lignes de fuite ou les distances d'isolement dans l'air en dessous des valeurs spécifiées en 8.1.3 et de petits éclats qui ne mettent pas en cause la protection contre les chocs électriques ne sont pas retenus.

Lors de l'essai du DPDA destinés à être fixés par vis aussi bien que sur un rail, l'essai est effectué sur deux lots de DPDA, l'un étant fixé au moyen de vis, l'autre étant monté sur un rail.

9.12.2.3 Les DPDA destinés à être montés sur un rail sont montés comme en usage normal sur un rail fixé rigidement sur une paroi rigide verticale, sans câbles connectés et sans couvercles ou plaques de recouvrement.

Une force verticale vers le bas de 50 N est appliquée par un mouvement régulier et continu pendant 1 min sur la surface avant du DPDA et suivie immédiatement d'une force verticale vers le haut de 50 N pendant 1 min (Figure 29).

Durant cet essai, le DPDA ne doit pas prendre de jeu et après l'essai, le DPDA ne doit pas présenter de dommage susceptible d'affecter son usage ultérieur.

Le fonctionnement du DPDA est ensuite vérifié en répétant l'essai mentionné en 9.9.2.5 avec le courant le plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas.

9.13 Essai de résistance à la chaleur

9.13.1 Les échantillons, sans capots amovibles éventuels, sont maintenus pendant 1 h dans une étuve à une température de $100\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, les capots amovibles éventuels sont maintenus pendant 1 h dans l'étuve à une température de $70\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

Au cours de l'essai, les échantillons ne doivent subir aucune modification qui nuirait à leur emploi ultérieur et la matière de remplissage éventuelle ne doit pas couler au point que les parties actives soient exposées.

Après l'essai et après que les échantillons sont revenus approximativement à la température ambiante, il ne doit y avoir aucun accès possible aux parties actives, normalement pas accessibles lorsque les échantillons sont montés comme en usage normal, même si le doigt d'essai normalisé est appliqué avec une force ne dépassant pas 5 N.

Le fonctionnement du DPDA est ensuite vérifié en répétant l'essai mentionné en 9.9.2.4 avec le courant le plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas.

Après l'essai, les marquages doivent encore être lisibles.

Un changement de couleur, des boursouflures ou un léger déplacement de la matière de remplissage ne sont pas pris en considération, à condition que la sécurité ne soit pas affectée au sens de la présente norme.

9.13.2 Les parties extérieures en matériau isolant des DPDA nécessaires au maintien en position des parties transportant le courant et des parties du circuit de protection, sont

soumises à un essai de pression à la bille, au moyen de l'appareil décrit à la Figure 30, sauf, le cas échéant, les parties isolantes nécessaires pour maintenir en position dans une boîte les bornes pour des conducteurs de protection montés dans une boîte qui doivent être soumises à essai comme indiqué au 9.13.3.

La partie à soumettre à essai est placée sur un support en acier, la surface appropriée étant disposée horizontalement et une bille d'acier de 5 mm de diamètre est appliquée contre cette surface avec une force de 20 N.

L'essai est effectué dans une étuve à une température de $125\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

Après 1 h, la bille est retirée de l'échantillon qui est alors refroidi en 10 s approximativement à la température ambiante, par immersion dans l'eau froide.

Le diamètre de l'empreinte due à la bille est mesuré et ne doit pas dépasser 2 mm.

9.13.3 Les parties extérieures en matériau isolant des DPDA qui ne sont pas nécessaires pour maintenir en position les parties transportant le courant et les parties du circuit de protection, même si elles sont en contact avec celles-ci, sont soumises à un essai de pression à la bille conformément à 9.13.2, l'essai étant toutefois effectué à une température de $70\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ ou de $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, augmentée de l'échauffement le plus élevé déterminé pour la partie correspondante pendant l'essai en 9.8, la plus grande des deux valeurs étant retenue.

NOTE Pour les essais en 9.13.2 et 9.13.3, les bases des DPDA du type montage en saillie sont à considérer comme des parties extérieures.

Les essais en 9.13.2 et 9.13.3 ne sont pas effectués sur des parties en matériau céramique.

Si deux ou plusieurs parties isolantes, spécifiées en 9.13.2 et 9.13.3 sont réalisées en même matériau, l'essai est effectué seulement sur une de ces parties, selon respectivement 9.13.2 ou 9.13.3.

9.14 Essai de résistance à la chaleur anormale et au feu

L'essai au fil incandescent est effectué sur un DPDA complet conformément à l'IEC 60695-2-10:2000 dans les conditions suivantes:

- pour les parties extérieures en matériau isolant des DPDA nécessaires au maintien des parties transportant le courant et des parties du circuit de protection, par l'essai fait à la température de $960\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$;
- pour toutes les autres parties extérieures en matériau isolant, par un essai fait à la température de $650\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$.

NOTE Pour les besoins de cet essai, les bases des DPDA du type pour montage en saillie sont à considérer comme des parties extérieures.

Si les parties isolantes des groupes ci-dessus sont réalisées dans le même matériau, l'essai est effectué seulement sur l'une d'entre elles, selon la température appropriée de l'essai au fil incandescent.

L'essai n'est pas effectué sur des parties en matériau céramique.

L'essai au fil incandescent est effectué pour s'assurer qu'un fil d'essai chauffé électriquement dans des conditions d'essai définies n'entraîne pas l'inflammation des parties isolantes ou qu'une partie du matériau isolant, qui aurait pu s'enflammer dans des conditions définies à cause du fil d'essai chauffé, brûle pendant un temps limité sans propager le feu par flamme ou parties enflammées ou par des gouttelettes tombant de la partie en essai.

L'essai est effectué sur trois échantillons.

Chaque essai est exécuté sur un échantillon individuel avec un point d'application différent pour le fil incandescent.

Le fil incandescent ne peut pas être appliqué directement à la zone des bornes ou à la chambre de coupure ou à la zone du dispositif de déclenchement magnétique, où le fil incandescent ne peut pas pénétrer profondément sous la surface extérieure sans toucher des pièces de métal relativement grandes ou des céramiques, qui refroidiraient rapidement le fil incandescent et en plus limiteraient la quantité de matériau isolant en contact avec le fil incandescent. Dans cette situation, les parties garantissent la sévérité minimale de l'essai par refroidissement du fil incandescent et en limitant l'accès au matériau isolant à l'essai.

Pendant l'essai, l'échantillon doit être disposé dans la position la plus défavorable de son utilisation prévue (avec la surface soumise à l'essai en position verticale).

Si une partie interne du matériau isolant influence l'essai avec un résultat négatif, il est permis de retirer la(les) partie interne identifiée du matériau isolant d'un nouvel échantillon. Ensuite, l'essai au fil incandescent doit être répété au même endroit sur ce nouvel échantillon.

En accord avec le fabricant et comme méthode alternative, il est acceptable d'enlever la partie en cours d'examen dans son intégralité et de la mettre à l'essai séparément (voir l'IEC 60695-2-11:2000, Article 4).

L'échantillon est considéré comme ayant satisfait à l'essai au fil incandescent, si

- il n'apparaît aucune flamme visible et aucune incandescence prolongée;
- les flammes et l'incandescence sur l'échantillon s'éteignent dans les 30 s qui suivent le retrait du fil incandescent.

Le papier mousseline ne doit pas s'être enflammé et la planche en bois de pin blanc ne doit pas être roussie.

9.15 Vérification des mécanismes à déclenchement libre

9.15.1 Conditions générales d'essai

Le DPDA est monté et raccordé comme en usage normal, conformément à 9.1.1.

Il est soumis à essai dans un circuit pratiquement non inductif dont le schéma est indiqué sur la Figure 4.

9.15.2 Procédure d'essai

Le DPDA ayant été fermé et l'organe de manœuvre maintenu en position de fermeture, l'essai mentionné à 9.9.2.4 est répété avec le courant le plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas.

Le DPDA doit se déclencher:

Cet essai est répété en manœuvrant lentement l'organe de manœuvre du DPDA pendant environ 1 s jusqu'à la position où le courant commence à s'écouler. Le déclenchement doit s'effectuer sans autre mouvement de l'organe de manœuvre.

Les deux essais sont effectués trois fois, au moins une fois sur chaque pôle prévu pour être raccordé à une phase.

NOTE Si le DPDA est muni de plus d'un organe de manœuvre, le fonctionnement en déclenchement libre est vérifié pour tous les organes de manœuvre.

9.16 Essai de résistance à la rouille

Toute la graisse est enlevée des parties destinées à être soumises à essai par immersion dans un dégraissant chimique à froid tel que l'essence méthylchloroforme ou de l'essence raffinée, pendant 10 min. Les pièces sont ensuite immergées pendant 10 min dans une solution à 10 % de chlorure d'ammonium dans l'eau à une température de $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Sans séchage, mais après avoir secoué les gouttes, les pièces sont placées pendant 10 min dans une boîte contenant de l'air saturé d'humidité à une température de $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Après que les pièces ont été séchées pendant 10 min dans une étuve à une température de $(100 \pm 5) ^\circ\text{C}$, leur surface ne doit présenter aucun signe de rouille.

NOTE 1 Ignorer les traces de rouille sur les angles vifs et le film jaunâtre amovible par simple frottement.

Pour les petits ressorts et autres, ainsi que pour les pièces inaccessibles exposées à l'abrasion, une couche de graisse peut fournir une protection suffisante contre la rouille. Ces pièces sont soumises à essai seulement en cas de doute quant à l'efficacité de la couche de graisse et dans ce cas l'essai est effectué sans décapage préalable de la graisse.

NOTE 2 Au moment de l'utilisation du liquide spécifié pour l'essai, des précautions adéquates sont à prendre pour prévenir l'inhalation de la vapeur.

9.17 Vérification de la valeur limite du courant de non-fonctionnement en cas de surintensité

Les DPDA classés selon 4.1.2 et 4.1.3 (conformément à l'Annexe D, en fonction du dispositif de protection assemblé) sont mis à essai conformément à l'IEC 60898, l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou à l'IEC 62423, selon le cas. Il n'est pas nécessaire de procéder à des essais supplémentaires.

Les DPDA classés selon 4.1.1 doivent être mis à essai conformément à la procédure suivante:

- Le DPDA est connecté comme en usage normal avec une charge pratiquement non inductive, telle qu'il circule un courant égal à $6 I_n$;
- Le courant est établi par les pôles d'un interrupteur d'essai, qui est ouvert après 1 s;
- L'essai est répété trois fois, l'intervalle entre deux fermetures consécutives étant d'au moins 1 min;
- Le DPDA ne doit pas s'ouvrir.

9.18 Vérification du comportement des DPDA en cas d'ondes de courant produites par des ondes de tension

9.18.1 Généralités

Les DPDA classés selon 4.1.1 doivent être mis à essai conformément à 9.18.2.

Les DPDA classés selon 4.1.2 et 4.1.3 (conformément à l'Annexe D, en fonction du dispositif de protection assemblé) sont mis à essai conformément à l'IEC 60898, l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou à l'IEC 62423, selon le cas. Il n'est pas nécessaire de procéder à des essais supplémentaires.

9.18.2 Vérification du comportement aux ondes de courant jusqu'à 3 000 A (essai à l'onde de courant 8/20 μ s)

9.18.2.1 Conditions d'essai

Le DPDA est mis à essai en utilisant un générateur de courant capable de délivrer une onde de courant de 8/20 μ s (IEC 60060-2), comme indiqué sur la Figure 31. Un exemple de schéma de circuit pour le DPDA est donné sur la Figure 32.

Un pôle du DPDA, choisi au hasard, doit être soumis à 10 applications de l'onde de courant. La polarité de l'onde de courant doit être inversée toutes les deux applications. L'intervalle entre deux applications consécutives doit être d'environ 30 s.

Les impulsions de courant doivent être mesurées à l'aide des moyens appropriés et ajustées en utilisant un DPDA supplémentaire du même type, avec la même valeur I_n , afin de satisfaire aux exigences suivantes:

- valeur crête $3\,000\text{ A }^{+10}_0\%$; temps de montée virtuel: 8 μ s $\pm 20\%$;
- temps virtuel à la moitié de la valeur: 20 μ s $\pm 20\%$;
- crête de courant inverse: moins de 30 % de la valeur crête.

Il convient d'ajuster le courant à la forme asymptotique du courant. Pour les autres essais du même type, avec la même valeur I_n , il convient que le courant inverse, s'il y a lieu, ne dépasse pas 30 % de la valeur crête.

9.18.2.2 Résultats d'essai

Pendant les essais, le DPDA peut se déclencher. Après chaque déclenchement, le DPDA doit être fermé à nouveau.

Après les essais à l'onde de courant, le fonctionnement correct du DPDA est vérifié en répétant l'essai mentionné en 9.9.2.4 avec le courant le plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas.

9.19 Vérification de la fiabilité

9.19.1 Généralités

La conformité est vérifiée par les essais de 9.19.2 et 9.19.3.

Pour les DPDA multicalibres les essais doivent être faits au calibre le plus bas.

9.19.2 Essais climatiques

9.19.2.1 Généralités

L'essai se fonde sur l'IEC 60068-2-30 en tenant compte de l'IEC 60068-3-4.

9.19.2.2 Chambre d'essais

La chambre doit être construite comme indiqué à l'Article 4 de l'IEC 60068-2-30:2005. L'eau de condensation doit être continuellement évacuée de la chambre et ne doit pas être réutilisée jusqu'à ce qu'elle ait été repurifiée. Seule l'eau distillée doit être utilisée pour le maintien de l'humidité de la chambre.

Avant de pénétrer dans la chambre, l'eau distillée doit avoir une résistivité d'au moins 500 Ωm et une valeur du pH de $7,0 \pm 0,2$. Pendant et après l'essai, il convient que la résistivité ne soit pas inférieure à 100 Ωm et que la valeur du pH se maintienne à $7,0 \pm 1,0$.

9.19.2.3 Sévérité

Les cycles sont effectués dans les conditions suivantes:

- température la plus élevée: $55\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$;
- nombre de cycles: 28.

9.19.2.4 Procédure d'essai

La procédure d'essai doit être conforme à l'Article 4 de l'IEC 60068-2-30:2005 et à l'IEC 60068-3-4.

a) Vérification initiale

Une vérification initiale est exécutée en soumettant le DPDA à l'essai mentionné en 9.9.2.4 avec le courant le plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas.

b) Conditionnement

- 1) Le DPDA est introduit dans la chambre, monté et équipé de conducteurs comme en usage normal.

Ils doivent être en position de fermeture.

- 2) Période de stabilisation (voir la Figure 33)

La température du DPDA doit être stabilisée à $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$:

- en plaçant le DPDA dans une chambre distincte avant de l'introduire dans la chambre d'essai;
- ou en réglant la température de la chambre d'essai à $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ après l'introduction du DPDA dans la chambre et en la maintenant à ce niveau jusqu'à ce que la stabilité thermique soit atteinte.

Durant la stabilisation de la température par l'une ou l'autre de ces méthodes, l'humidité relative doit se situer dans les limites prescrites pour les conditions atmosphériques normales d'essai (voir Tableau 6).

Pendant la dernière heure, le DPDA étant dans la chambre d'essai, l'humidité relative doit être portée à au moins 95 % à une température ambiante de $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$.

- 3) Description du cycle de 24 heures (voir la Figure 34)

- La température de la chambre doit être augmentée de manière progressive à la température supérieure appropriée spécifiée en 9.19.1.3.

La température supérieure doit être obtenue dans une période de $3\text{ h} \pm 30\text{ min}$ et à une vitesse comprise dans les limites définies par l'aire hachurée de la Figure 34.

Pendant cette période, l'humidité relative ne doit pas être inférieure à 95 %. La condensation doit se produire sur le DPDA pendant cette période.

La condition selon laquelle de la condensation doit se produire implique que la température de surface du DPDA soit inférieure à celle du point de rosée de l'atmosphère. Cela signifie que l'humidité relative doit être supérieure à 95 % si la constante de temps thermique est faible. Il convient de veiller à ce qu'aucune goutte d'eau condensée ne puisse tomber sur l'échantillon.

- La température doit alors être maintenue pendant $12\text{ h} \pm 30\text{ min}$, à partir du début du cycle, à une valeur sensiblement constante dans les limites prescrites de $\pm 2\text{ °C}$ pour la température supérieure.

Pendant cette période, l'humidité relative doit être de $93 \% \pm 3 \%$, sauf pendant les 15 premières et les 15 dernières minutes pendant lesquelles elle doit être comprise entre 90 % et 100 %.

Il ne doit pas se produire de condensation sur le DPDA pendant les 15 dernières minutes.

- La température doit ensuite être abaissée à $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, dans un délai de 3 h à 6 h. Au début, pendant 1,5 h, la vitesse d'abaissement de la température doit être telle que, si elle est maintenue comme il est indiqué sur la Figure 34, la température de $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ est atteinte en $3 \text{ h} \pm 15 \text{ min}$.

Pendant la période de chute de température, l'humidité relative ne doit pas être inférieure à 95 %, sauf au cours des 15 premières minutes pendant lesquelles elle doit être d'au moins 90 %.

- La température doit alors être maintenue à $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ avec une humidité relative d'au moins 95 % jusqu'à ce que le cycle de 24 h soit achevé.

9.19.2.5 Rétablissement

A la fin des cycles, le DPDA ne doit pas être retiré de la chambre d'essai.

La porte de la chambre d'essai doit être ouverte, la régulation en température et en humidité étant par ailleurs interrompue.

Une période de 4 h à 6 h doit alors s'écouler pour permettre le rétablissement des conditions de l'atmosphère ambiante (température et humidité) avant d'effectuer les mesures finales.

Pendant les 28 cycles, le DPDA ne doit pas se déclencher.

9.19.2.6 Vérification finale

Le fonctionnement du DPDA est ensuite vérifié en répétant l'essai mentionné en 9.9.2.4 à 1,25 fois le courant le plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas.

9.19.3 Essai à la température de 40°C

Le DPDA est monté comme en usage normal sur une paroi en contre-plaqué, de 20 mm d'épaisseur environ, peinte en noir mat.

A chaque pôle, un câble monoconducteur de 1 m de long et de section nominale spécifiée au Tableau 11, est connecté à l'entrée et à la sortie de le DPDA, les vis ou écrous des bornes étant serrés avec un couple de torsion égal aux deux tiers de celui spécifié au Tableau 12. L'ensemble est placé dans une étuve.

Le DPDA est traversé par un courant égal au courant assigné sous une tension appropriée et soumis à une température de $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, pendant 28 cycles, chaque cycle comprenant 21 h avec circulation d'un courant, puis 3 heures sans circulation de courant. Le courant est interrompu par un interrupteur auxiliaire, le DPDA n'étant pas manœuvré. Pour un DPDA quadripolaire, seulement trois pôles sont chargés.

~~NOTE — Pour les DPDA tétrapolaires, ce point est à l'étude.~~

A la fin de la dernière période de 21 h avec courant, l'échauffement des bornes est déterminé au moyen de couples thermoélectriques à fils fins. Cet échauffement ne doit pas dépasser 65 K.

Après cet essai, le DPDA refroidit dans l'étuve, sans circulation de courant, approximativement jusqu'à la température ambiante.

Le fonctionnement du DPDA est vérifié en répétant l'essai mentionné en 9.9.2.4 avec le courant le plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas.

9.20 Vérification du vieillissement des composants électroniques

Le DPDA est placé pendant une période de 168 h à une température ambiante de $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ et chargé au courant assigné. La tension des parties électroniques doit être portée à 1,1 fois la tension assignée.

Après cet essai, le DPDA refroidit dans l'étuve, sans circulation de courant, approximativement jusqu'à la température ambiante. Les parties électroniques ne doivent pas présenter de défauts.

Le fonctionnement du DPDA est ensuite vérifié en répétant l'essai mentionné en 9.9.2.4 à 1,25 fois le courant le plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas.

NOTE Un exemple de circuit d'essai pour cette vérification est donné sur la Figure 35.

9.21 Compatibilité électromagnétique (CEM)

9.21.1 Généralités

Les DPDA doivent être soumis aux essais de CEM, conformément à l'IEC 61543:1995 l'IEC 61543:1995/AMD1:2004 et l'IEC 61543:1995/AMD2:2005 et aux informations supplémentaires fournies dans ~~9.21.1~~, 9.21.2, 9.21.3 et 9.21.4.

9.21.2 Essais de CEM abordés par d'autres articles de la présente norme

Les essais répertoriés dans le Tableau 20 suivant sont déjà couverts par un autre article de la présente norme sur les essais et ne peuvent pas être répétés.

Tableau 20 – Essais déjà abordés par la présente norme

Référence aux Tableaux 4 et 5 de l'IEC 61543:1995 Amendement 1:2004	Phénomènes électromagnétiques	Essais de la présente norme
T 1.3	Variation d'amplitude de la tension	9.9.2.4
T 1.4	Déséquilibre de la tension	9.9.2.4
T 1.5	Variations de la fréquence fondamentale	9.2
T 1.8	Champs magnétiques	9.11 et 9.17
T 2.4	Transitoires oscillatoires de courant	9.18

9.21.3 Essais de CEM à effectuer

Les autres essais des Tableaux 4, 5 et 6 de l'IEC 61543:1995, Amendement 1:2004 doivent être effectués selon les essais énumérés dans l'Annexe A de cette norme. Les niveaux d'essais et les critères de performances sont appliqués conformément au Tableau 21.

Tableau 21 – Essais à réaliser pour la CEM

Référence aux Tableaux 5 et 6 de l'IEC 61543:1995, Amendement 1:2004	Phénomènes électromagnétiques	Référence de la norme de base pour la description de l'essai	Niveau d'essai et modalités d'essais	Critères de performances
T 2.1	Tensions ou courants induits oscillatoires	IEC 61000-4-6 ^{e, i}	Niveau 2 0,15 MHz à 80 MHz Z = 150 Ω – 3 V	A
T 2.2	Transitoires rapides (salves) mode commun	IEC 61000-4-4 ^b	Niveau 4 4 kV (crête) Tr/Th 5/50 ns Fréquence de répétition 2,5 kHz	B ^c
T 2.3a	Ondes de choc	IEC 61000-4-5	Tr/Th 1,2/50 µs 5 kV/12 Ω (crête) ^a mode commun 4 kV/2 Ω (crête) ^a mode différentiel	B, C ^{g, h}
T 2.3b			Tr/Th 1,2/50 µs 4 kV/12 Ω (crête) ^a mode commun 2 kV/2 Ω (crête) ^a mode différentiel	B ^h
T 2.5	Champ électromagnétique rayonné	IEC 61000-4-3 ^{e, f}	Niveau 2 3 V/m	A
T 2.6 ⁱ	Perturbations conduites en mode commun dans la gamme de fréquence inférieure à 150 kHz	IEC 61000-4-16	Niveau 3 ^j 1 kHz à 1,5 kHz: 1 V 1,5 kHz à 15 kHz: 1 V à 10 V 15 kHz à 150 kHz: 10 V	A
T 3.1	Décharges électrostatiques	IEC 61000-4-2	Niveau 3 8 kV décharge dans l'air 6 kV décharge de contact	C ^k

^a Les essais utilisant des tensions inférieures à celles mentionnées dans ce Tableau 21 ne sont pas requis (en effet, l'IEC 61000-4-5, 8.2, exige que les essais soient menés à bien à chaque tension jusqu'au niveau choisi). Cet essai doit être effectué sur le dispositif en position de fermeture. Des impulsions doivent être appliquées successivement:

- entre le support métallique et les parties prévues pour être mises à la terre (conducteur PE, borne de mise à la terre), le cas échéant, connectées et chaque conducteur sous tension avec une tension d'impulsion de 5 kV et une impédance de 12 Ω;
- entre chaque phase et le neutre et entre chaque couple de pôles, avec une tension d'impulsion de 4 kV et une impédance de 2 Ω.

^b De plus, l'échantillon doit être monté comme en usage normal sur un support isolant plat, à une distance de 10 cm du plan de terre.

^c L'essai est mené à bien sur un circuit monophasé, sur un pôle de chaque échantillon prélevé de manière aléatoire. Les trois nouveaux échantillons sont soumis à essai. Si un échantillon ne satisfait pas au critère de déclenchement pendant l'essai, trois échantillons supplémentaires sont mis à essai et doivent parfaitement satisfaire au critère de B.

^d vide

^e Avec l'accord du constructeur, les essais T2.1 menés à bien peuvent être étendus de 80 MHz à 230 MHz. Dans ce cas, l'essai T2.5 consiste à démarrer de 230 MHz au lieu de 80 MHz.

^f La vérification du non déclenchement (critères de performances A) doit être effectuée en balayant la plage de fréquences spécifiée. Pour les vérifications de déclenchement (critères de performances A), seuls cinq essais sont menés à bien sur chaque échantillon, à différentes fréquences, sélectionnées aléatoirement, sur la plage de fréquences, différentes d'un échantillon à l'autre, mais une d'entre elles étant de 450 MHz et une autre de 900 MHz.

^g Les essais de T2.3b doivent être appliqués uniquement aux DPDA qui ne satisfont pas aux critères de succès de B pendant les essais de T2.3a. Dans ce cas, l'essai est répété avec les niveaux de tension d'impulsion spécifiés dans T2.3b uniquement pour la/les configuration(s) dans laquelle/lesquelles le déclenchement a eu lieu pendant les essais de T2.3a.

^h L'essai doit être effectué sur le dispositif en position de fermeture. Chaque échantillon est mis à essai:

- 1) dans un premier temps dans le cadre d'un essai en mode différentiel: entre chaque voie de courant de charge et chaque autre voie de courant de charge;

- 2) ensuite dans le cadre d'un essai en mode commun: entre chaque voie de courant de charge et le support métallique et les parties prévues pour être mises à la terre (conducteur PE, borne de mise à la terre), le cas échéant, tous connectés.

Dans chaque cas, l'échantillon est soumis à cinq impulsions positives au niveau des demi-cycles positifs, puis à cinq impulsions négatives au niveau des demi-cycles négatifs.

Toutes les impulsions doivent être appliquées successivement à un point aléatoire sur l'onde, avec un taux de répétition d'1 impulsion/min.

Pour l'essai T2.3a, conformément à la procédure ci-avant, le nombre total d'impulsions est le suivant: Essai en mode différentiel: 10 impulsions; Essai en mode commun: 20 impulsions.

Le DPDA peut se déclencher pendant les essais mentionnés en T2.3 a) (critères de succès C). Si le dispositif se déclenche pendant cet essai, il doit être refermé avant l'application d'une autre impulsion.

Pour l'essai T2.3b, le total des impulsions est identique à celui de T2.3 a), le cas échéant.

- i La vérification du non déclenchement (critères de performances A) doit être effectuée en balayant la plage de fréquences spécifiée.

Pour les vérifications de déclenchement (critères de performances A), seuls cinq essais sont menés à bien sur chaque échantillon, à différentes fréquences, sélectionnées aléatoirement, sur la plage de fréquences, différentes d'un échantillon à l'autre.

- j L'essai est mené à bien une fois à $1,1 U_n$ avec un courant sinusoïdal égal au courant assigné du DPDA en balayant la plage de fréquences de 1 kHz à 150 kHz, selon le taux mentionné dans l'IEC 61000-4-16:1998, Amendement 2:2009, 6.1.3. Le dispositif ne doit pas se déclencher;

Les essais de déclenchement sont menés à bien sur chaque échantillon, à 5 valeurs de fréquence différentes, sélectionnées aléatoirement sur une plage de fréquences, différentes d'un échantillon à l'autre. Le dispositif doit se déclencher.

- k Trois nouveaux échantillons sont mis à essai. Les trois échantillons doivent passer l'essai avec succès.

Le point auquel les décharges doivent s'appliquer est sélectionné en explorant les surfaces accessibles du DPDA installé comme en usage normal. Pendant l'exploration, la sélection est effectuée avec vingt décharges par seconde.

Le point sélectionné est mis à essai avec dix décharges de polarité positives et dix décharges de polarité négatives avec un intervalle d'au moins 1 s entre les décharges suivantes.

- l Aux Etats-Unis, cet essai ne s'applique pas.

Pour les dispositifs contenant un oscillateur à fonctionnement continu, l'essai de CISPR 14-1 doit être effectué sur les échantillons avant d'effectuer les essais de la Tableau 21.

9.21.4 DPDA critère de prestations.

9.21.4.1 Généralités

Lorsque les DPDA sont soumis aux essais de CEM de 9.21.3, les critères de performances mentionnés dans le Tableau 21 doivent être appliqués.

9.21.4.2 Critères A

Pendant l'essai qui fait référence à ces critères de performances, le DPDA doit rester fermé lorsqu'il est alimenté à $1,1 U_n$, avec un courant sinusoïdal égal au courant assigné du DPDA et doit se déclencher dans les conditions indiquées en 9.9.2.2 au courant assigné du DPDA.

NOTE Pour les essais CEM, en accord avec le constructeur, on peut utiliser le générateur d'arc comme une alternative à l'échantillon de câble carbonisé.

9.21.4.3 Critères B

Pendant l'essai qui fait référence à ces critères de performances, le DPDA doit rester fermé lorsqu'il est alimenté à $1,1 U_n$, avec un courant sinusoïdal égal au courant assigné du DPDA. Après l'essai, la conformité à 9.9.2.2 doit être vérifiée uniquement au courant assigné du DPDA.

NOTE Pour les essais CEM, en accord avec le constructeur, on peut utiliser le générateur d'arc comme une alternative à l'échantillon de câble carbonisé.

9.21.4.4 Critères C

Pendant l'essai qui fait référence à ces critères de performances, le DPDA est alimenté à $1,1 U_n$, avec un courant sinusoïdal égal à la valeur la plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas. Le dispositif peut se déclencher. Après l'essai, la conformité à 9.9.2.2 doit être vérifiée uniquement à la valeur la plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas.

NOTE Pour les essais CEM, en accord avec le constructeur, on peut utiliser le générateur d'arc comme une alternative à l'échantillon de câble carbonisé.

9.22 Vérification de la protection en raison d'une surtension due à une rupture de neutre dans un système triphasé

En cas de rupture de neutre dans une installation triphasée, une surtension phase-neutre peut avoir lieu. La valeur maximale de cette surtension pourrait atteindre la valeur phase-phase. L'augmentation anormale de la température dans les charges en surtension peut provoquer un incendie.

Les DPDA peuvent inclure une caractéristique optionnelle assurant la protection dans ce cas. Cette caractéristique optionnelle supplémentaire est à l'étude.

9.23 Vérification du comportement en cas de perte partielle des raccordements à l'alimentation

Un DPDA tripolaire doit être soumis à essai avec deux pôles connectés, choisis au hasard.

Un DPDA quadripolaire doit être soumis à essai avec deux phases choisies au hasard, avec une phase choisie au hasard et le neutre, et avec trois phases sans neutre.

Les essais suivants doivent être effectués: 9.9.2.2, 9.9.2.3, 9.9.2.4, 9.9.3.2 et 9.9.3.3.

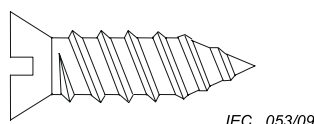


Figure 1 – Vis autotaraudeuse par déformation de matière

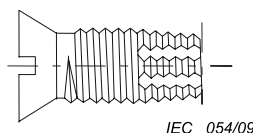
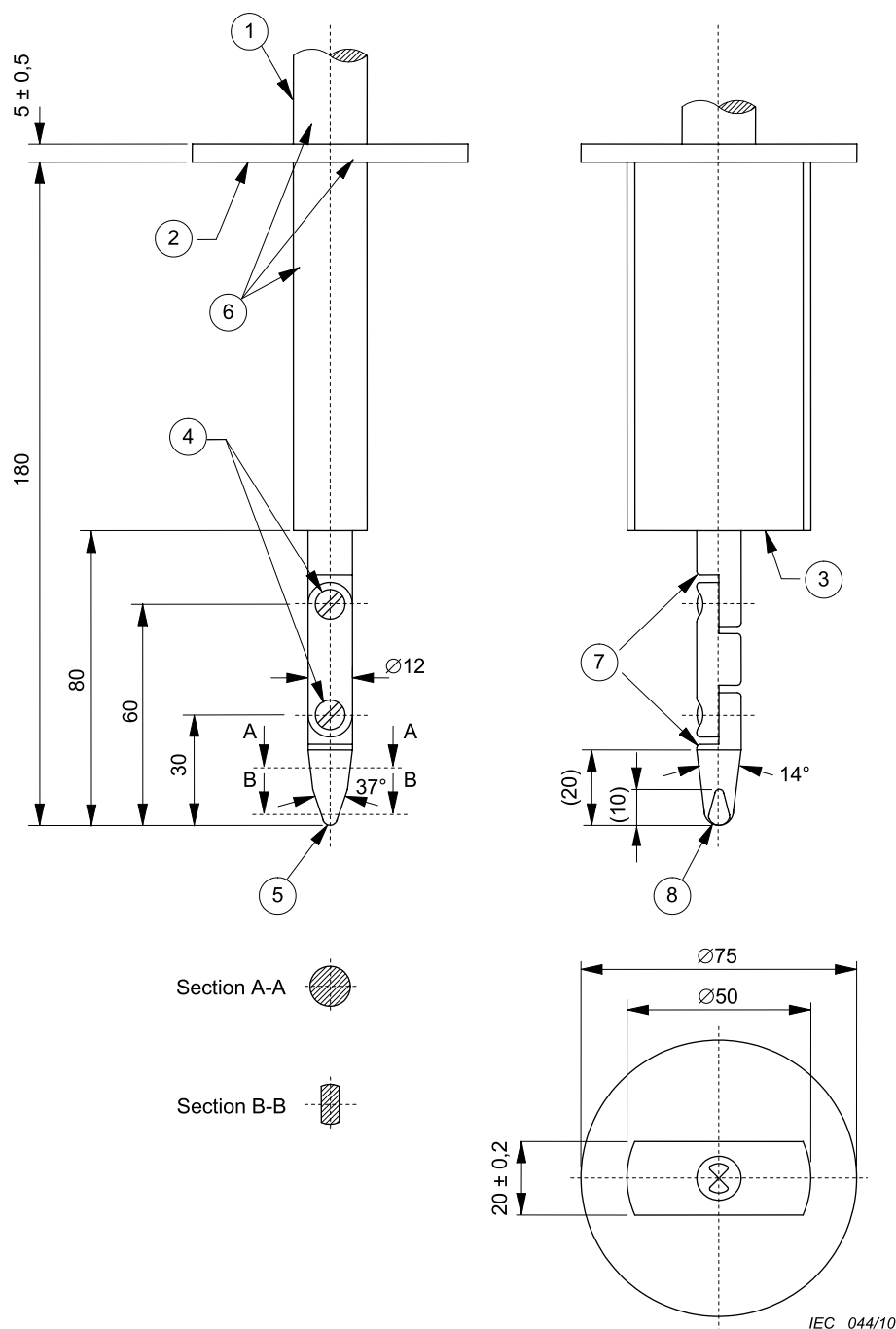


Figure 2 – Vis autotaraudeuse par enlèvement de matière



Légende

- 1 Manche
- 2 Garde
- 3 Plaque d'arrêt
- 4 Articulations

Matériau: métal, sauf indication contraire

Dimensions linéaires en millimètres

Tolérance des dimensions sans tolérances spécifiques:

sur les angles: 0/-10'

sur les dimensions linéaires:

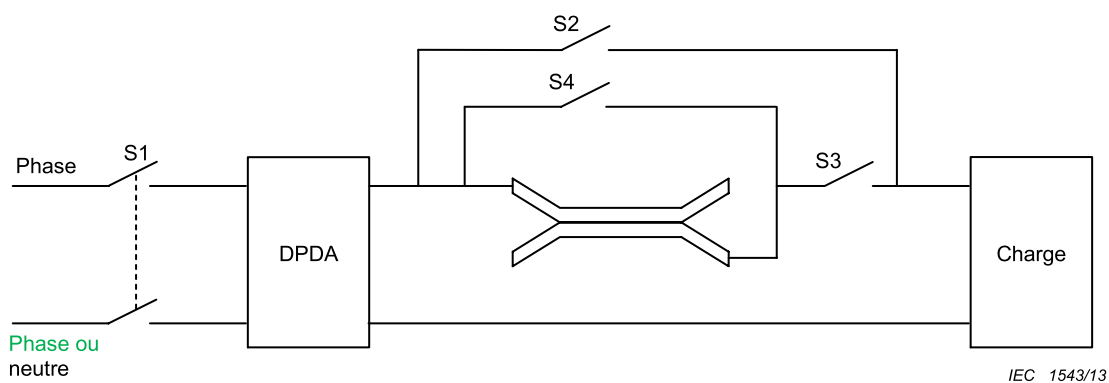
jusqu'à 25 mm: 0/-0,05

au-dessus de 25 mm: ± 0,2

Les deux articulations doivent permettre un mouvement dans le même plan et la même direction par un angle de 90 ° avec une tolérance de 0 ° à +10 °.

- 5 $R2 \pm 0,05$ cylindrique
- 6 Matière isolante
- 7 Chanfreiner toutes les arêtes
- 8 $R4 \pm 0,05$ sphérique

Figure 3 – Doigt d'essai normalisé (9.6)



NOTE Cette figure représente une configuration d'essai monophasée. Les dispositifs tripolaires ou quadripolaires sont fournis comme en usage normal.

Figure 4 – Circuit d'essai pour essais de défaut d'arc en série

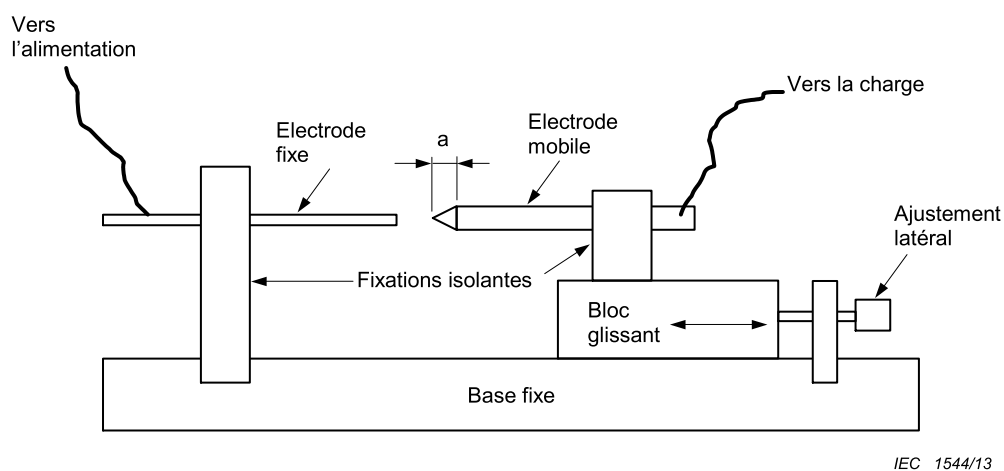


Figure 5 – Générateur d'arc

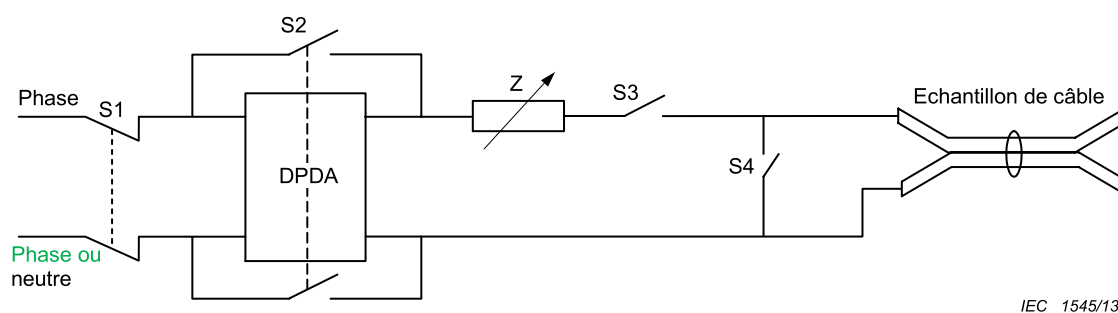


Figure 6 – Circuit d'essai pour essais de défaut d'arc en parallèle

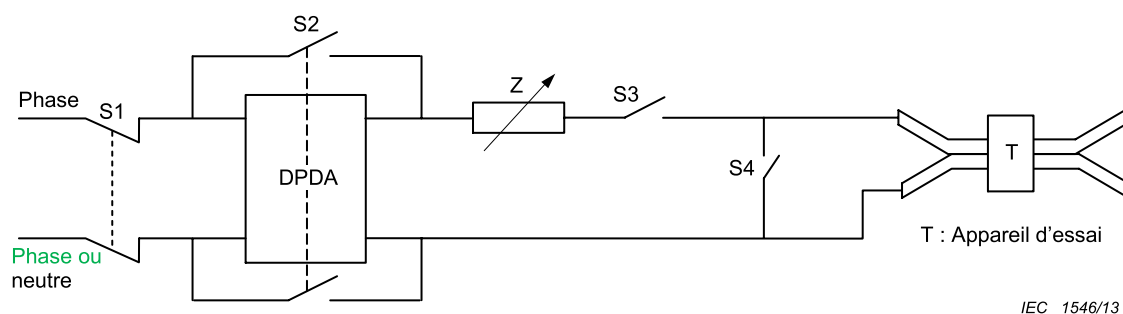


Figure 7 – Circuit d'essai en cas d'arc parallèle et d'essai de coupure de câble

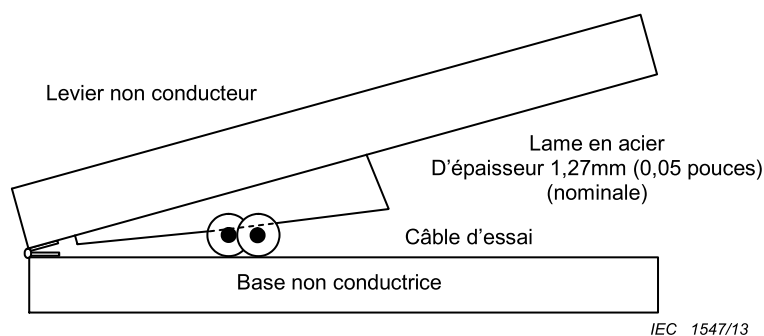


Figure 8 – Appareil d'essai

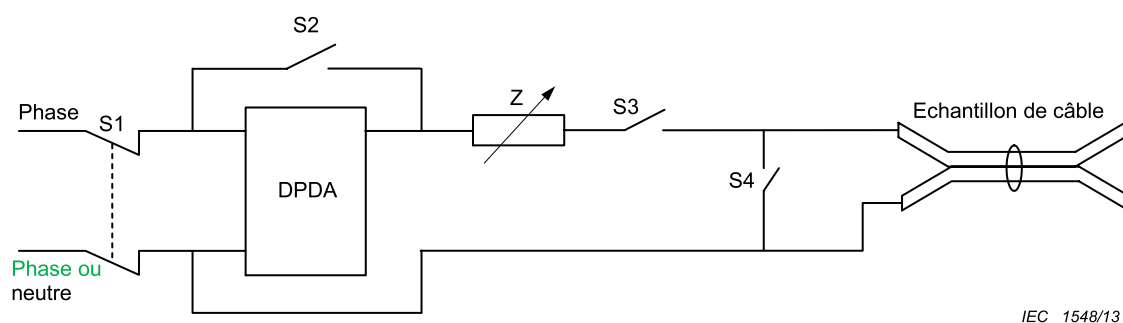


Figure 9 – Essai pour vérification du fonctionnement correct en cas d'arc parallèle vers la terre

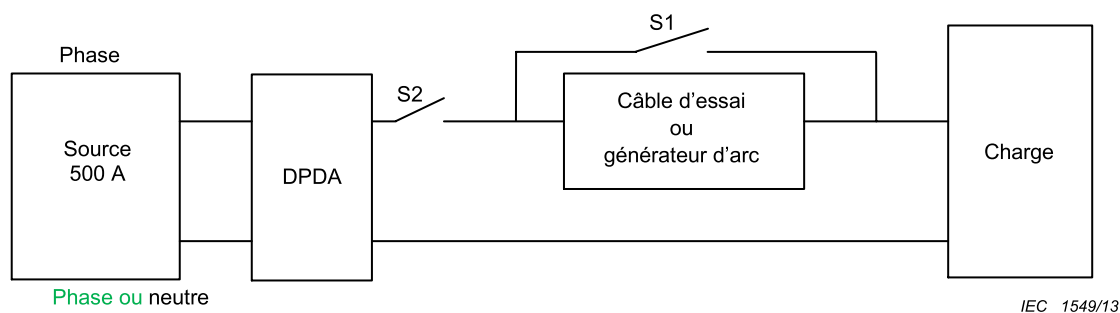
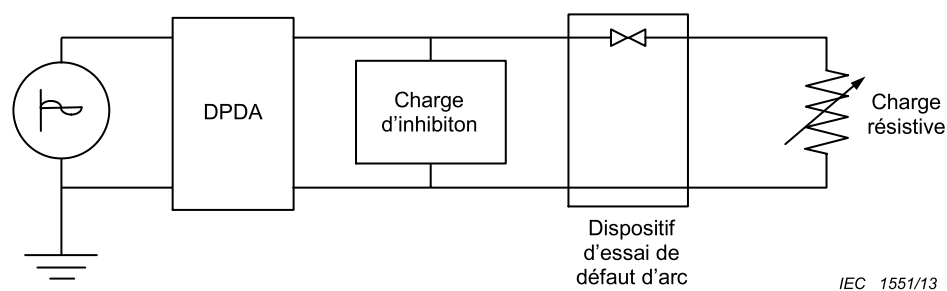


Figure 10 – Circuit d'essai pour essais d'aveuglement (charges inhibantes ou perturbatrices)

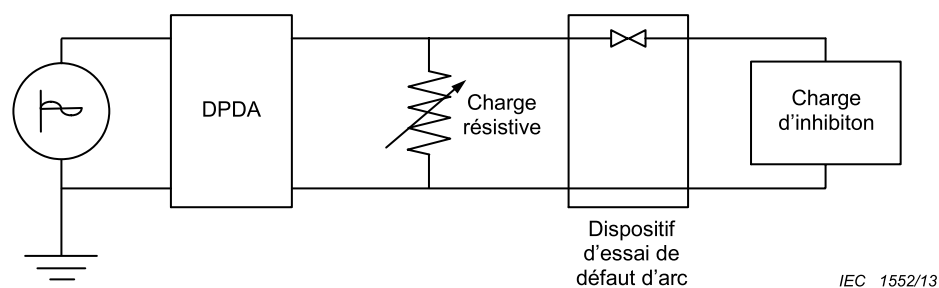
Configuration A



Configuration B



Configuration C



Configuration D

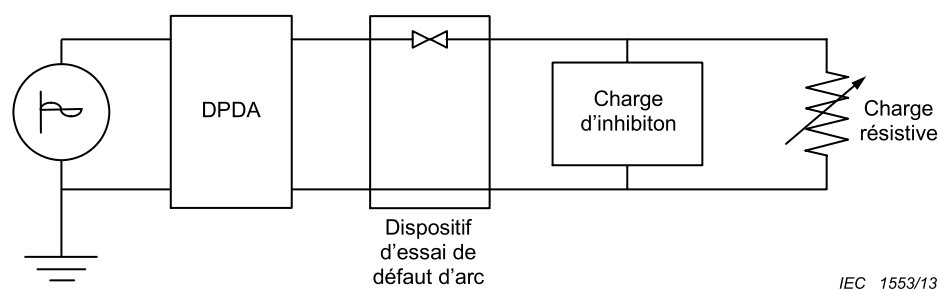


Figure 11 – Configuration d'essai pour essais d'aveuglement

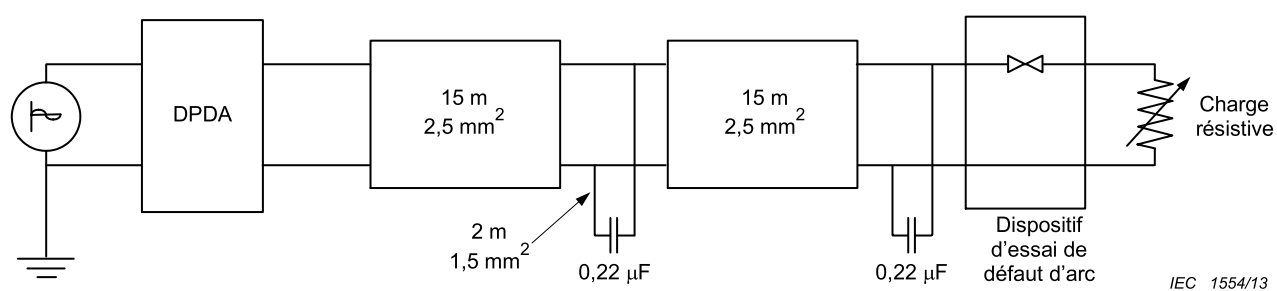
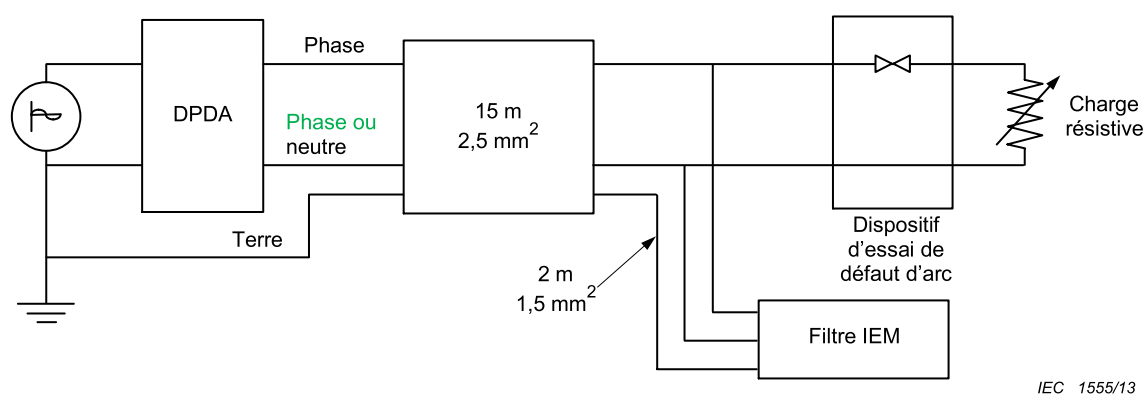
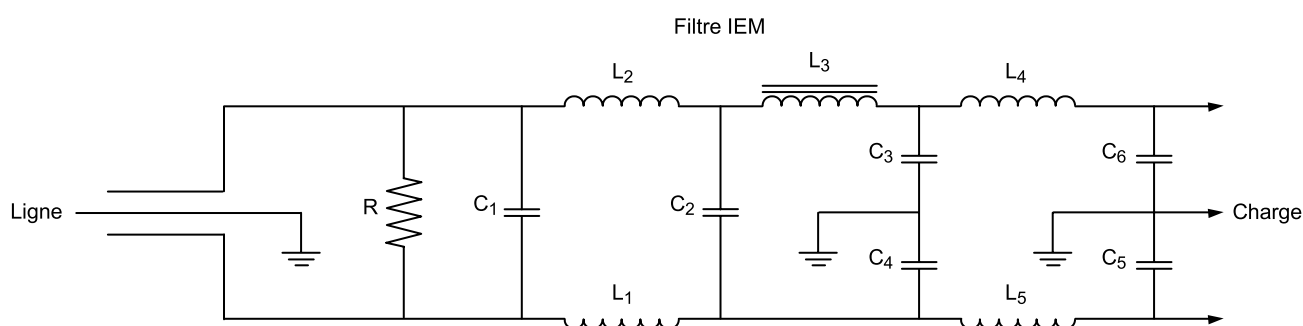


Figure 12 – Filtre IEM 1 pour essais de masquage



IEC 1555/13

Figure 13 – Filtre IEM 2 pour essais de masquage



IEC 1556/13

$$L_1 = L_2 = 6 \text{ mH} \pm 10 \%$$

$$L_3 = 0,037 \text{ mH} \pm 10 \%$$

$$L_4 = L_5 = 1,5 \text{ mH} \pm 10 \%$$

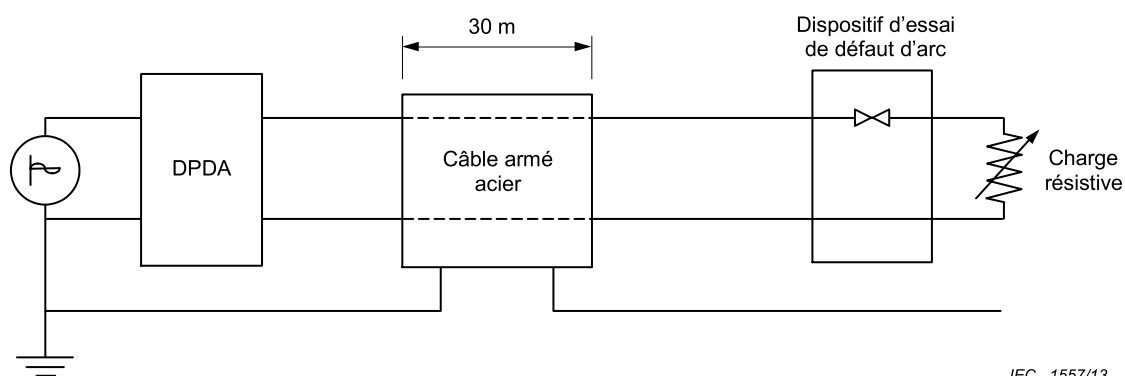
$$C_1 = 100 \text{ nF} \pm 10 \% \text{ for } 240 \text{ V and } 470 \text{ nF} \pm 10 \% \text{ for } 120 \text{ V}$$

$$C_2 = 0,33 \text{ } \mu\text{F} \pm 10 \%$$

$$C_3 = C_4 = C_5 = C_6 = 0,002 \text{ } \mu\text{F} \pm 10 \%$$

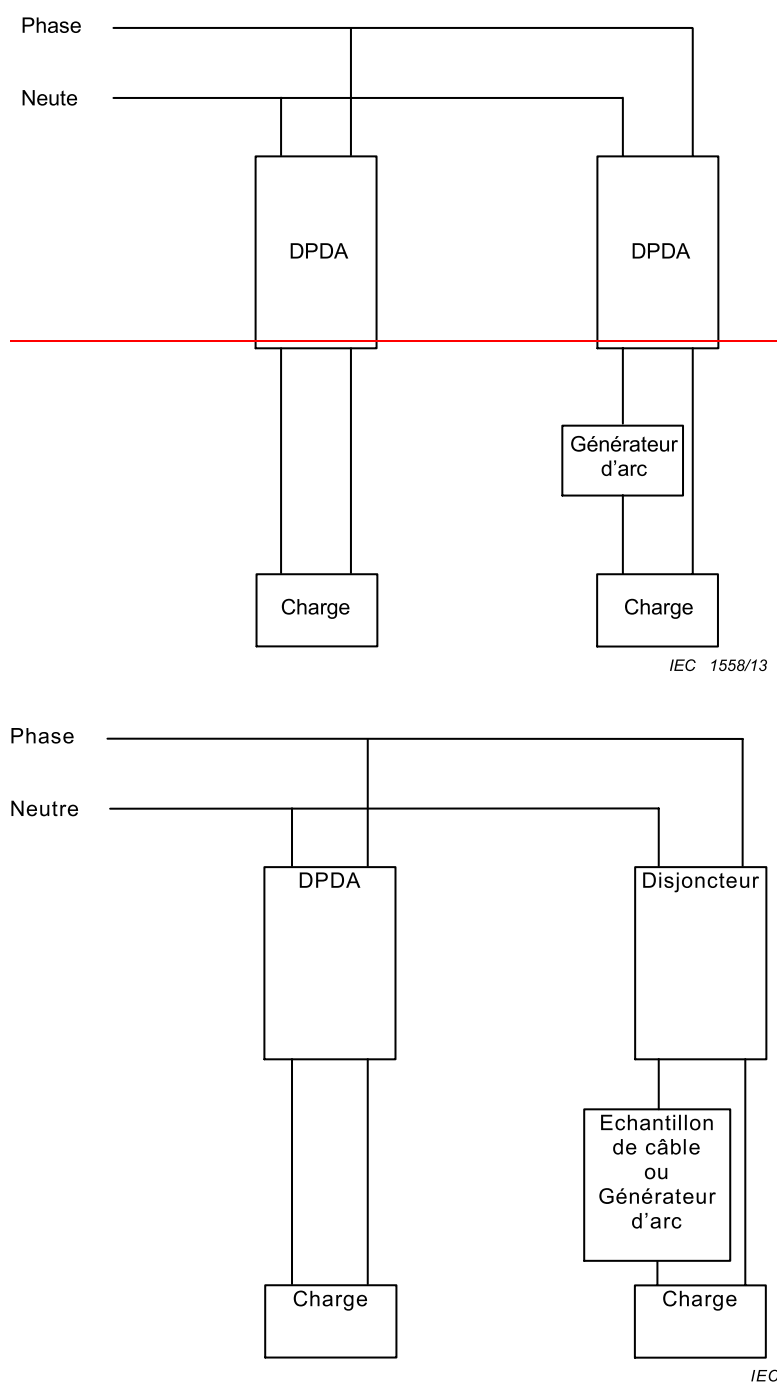
$$R = 330 \text{ k}\Omega \pm 10 \%$$

Figure 14 – Description du filtre IEM décrit en Figure 13



IEC 1557/13

Figure 15 – Circuit d'essai pour essais de masquage avec impédance de ligne.



NOTE Cette figure représente seulement des dispositifs monophasés. Pour des dispositifs tripolaires et quadripolaires, adapter en conséquence.

Figure 16 – Essai diaphonique

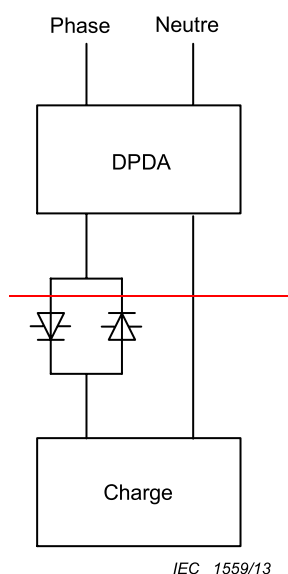


Figure 17 – ~~Circuit d'essai avec courant contrôlé~~ Vide

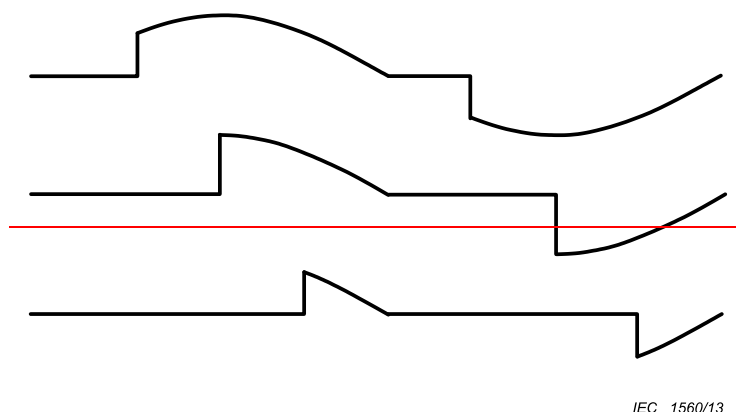


Figure 18 – ~~Courant contrôlé avec angle de retard de 45°, 90° et 135°~~ Vide

Explication des symboles littéraux utilisés dans les Figures 19, 20 et 21

- N = Conducteur neutre
- S = Alimentation
- R = Résistance(s) réglable(s)
- Z = Impédance de chaque phase pour l'étalonnage du courant conditionnel de court-circuit assigné. Les bobines de réactance doivent de préférence être sans fer et connectées en série aux bobines de réactance pour obtenir le facteur de puissance requis
- Z_1 = Impédance ajustable pour obtenir un courant inférieur au courant conditionnel de court-circuit assigné
- Z_2 = Impédance ajustable pour l'étalonnage de I_{m1} et I_{nc1} , s'il y a lieu
- P = Dispositif de protection contre les courts-circuits (DPCC)
- D = Dispositif soumis à essai
- Masse = Toutes les parties conductrices normalement mises à la terre en service, y compris FE, le cas échéant
- G_1 = Connexion(s) temporaire(s) pour étalonnage
- G_2 = Connexion(s) pour l'essai avec courant conditionnel de court-circuit assigné
- T = Interrupteur pour le court-circuit

I_1, I_2, I_3 = Capteur(s) de courant. Eventuellement situé(s) du côté aval ou amont du dispositif à l'essai, mais toujours du côté secondaire du transformateur

I_4 = Capteur de courant ~~différentiel~~ supplémentaire, si nécessaire

U_{r1} = Capteur(s) de tension

F = Dispositif pour la détection d'un courant de défaut

R1 = Résistance absorbant un courant d'environ 10 A

R2 = Résistance limitant le courant dans le dispositif F

r = Résistance(s) prenant environ 0,6 % du courant (voir en 9.11.2.1)

S1 = Interrupteur auxiliaire

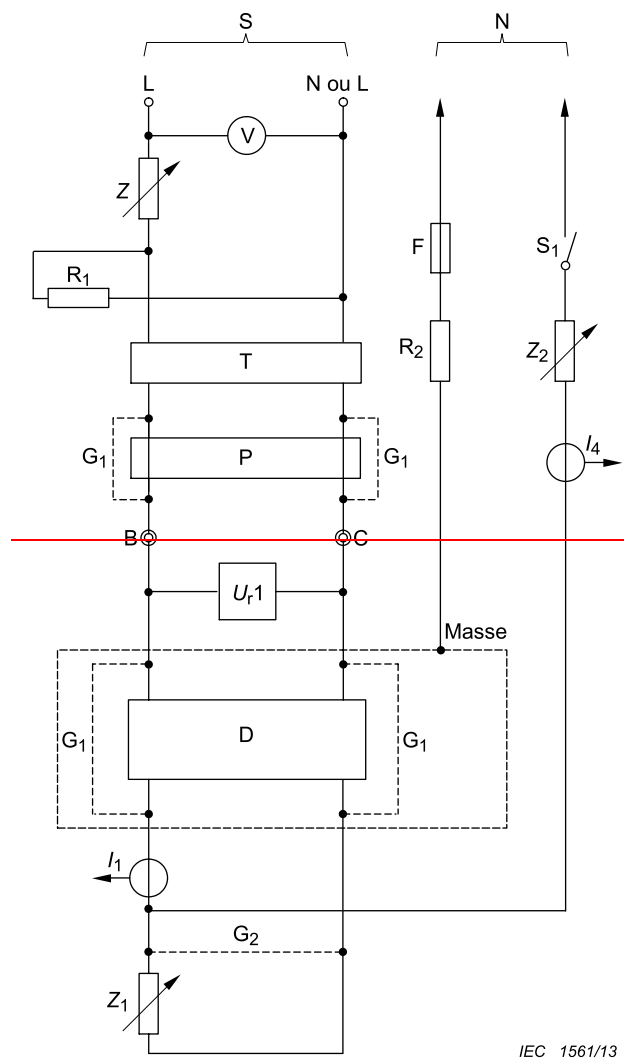
B and C = Points pour les connexions de la/des grille(s) indiquée(s) dans l'Annexe C

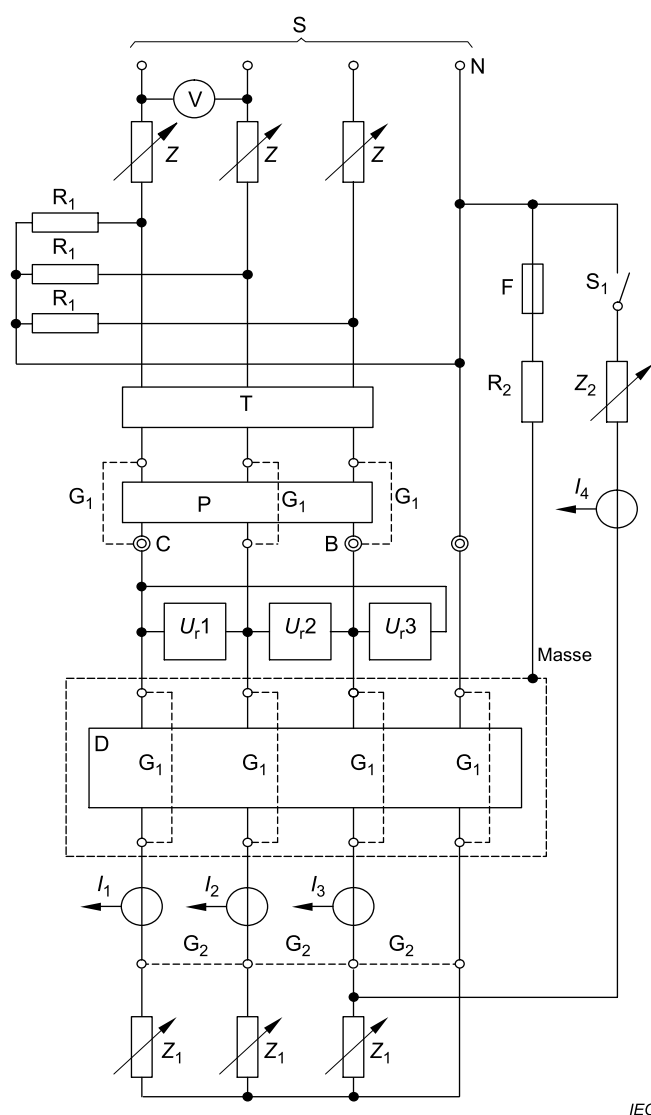
L = Inductance(s) réglable(s) sans fer

Le dispositif de fermeture T peut alternativement se trouver entre les bornes du côté aval du dispositif à l'essai et les capteurs de courant I_1 , I_2 et I_3 , selon le cas.

La charge réglable Z peut se trouver du côté haute tension du circuit d'alimentation.

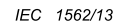
La résistance R1 peut être omise avec l'accord du constructeur.





IEC

Figure 19 – Schéma type pour tous les essais de court-circuit, excepté pour 9.11.2.4 c)



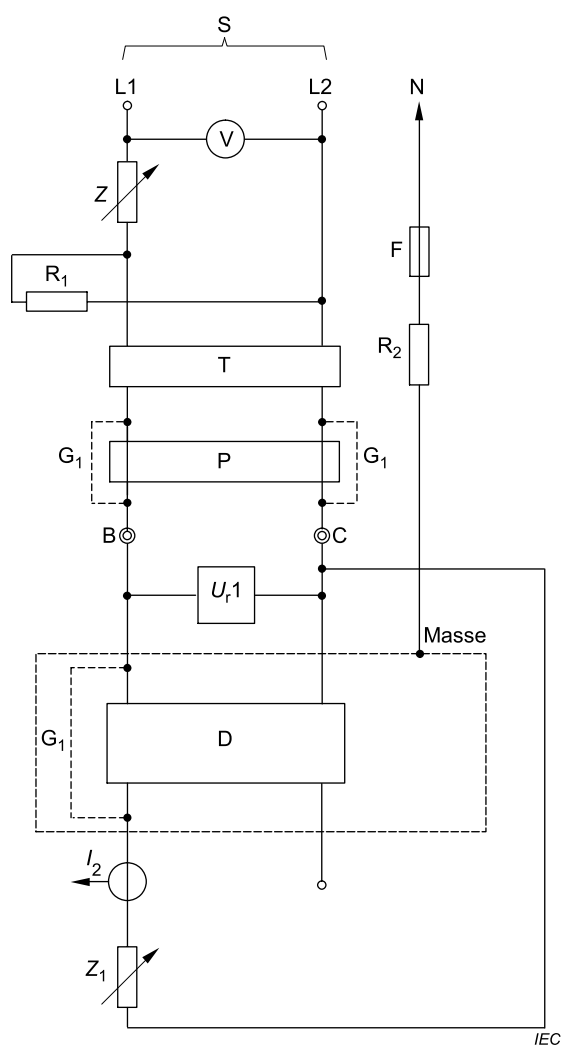


Figure 20 – Schéma type pour les essais de court-circuit (9.11.2.4 c)

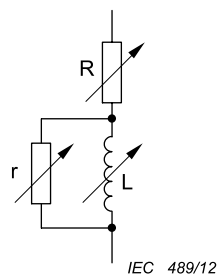
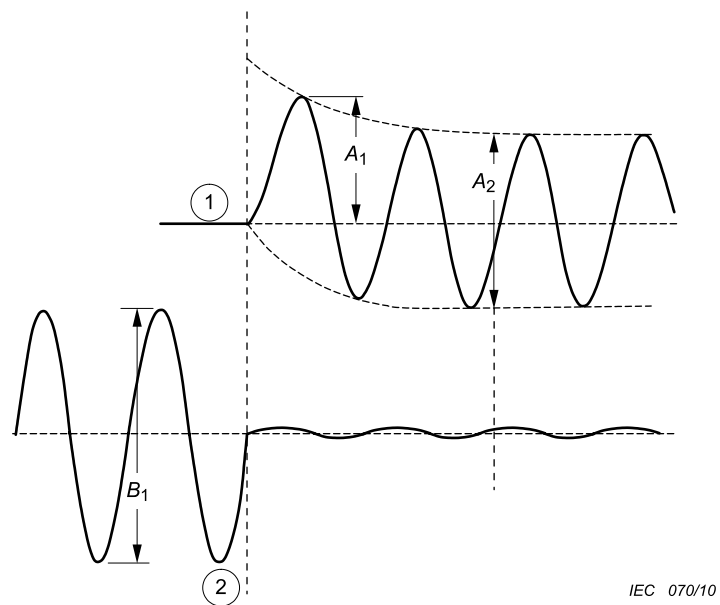


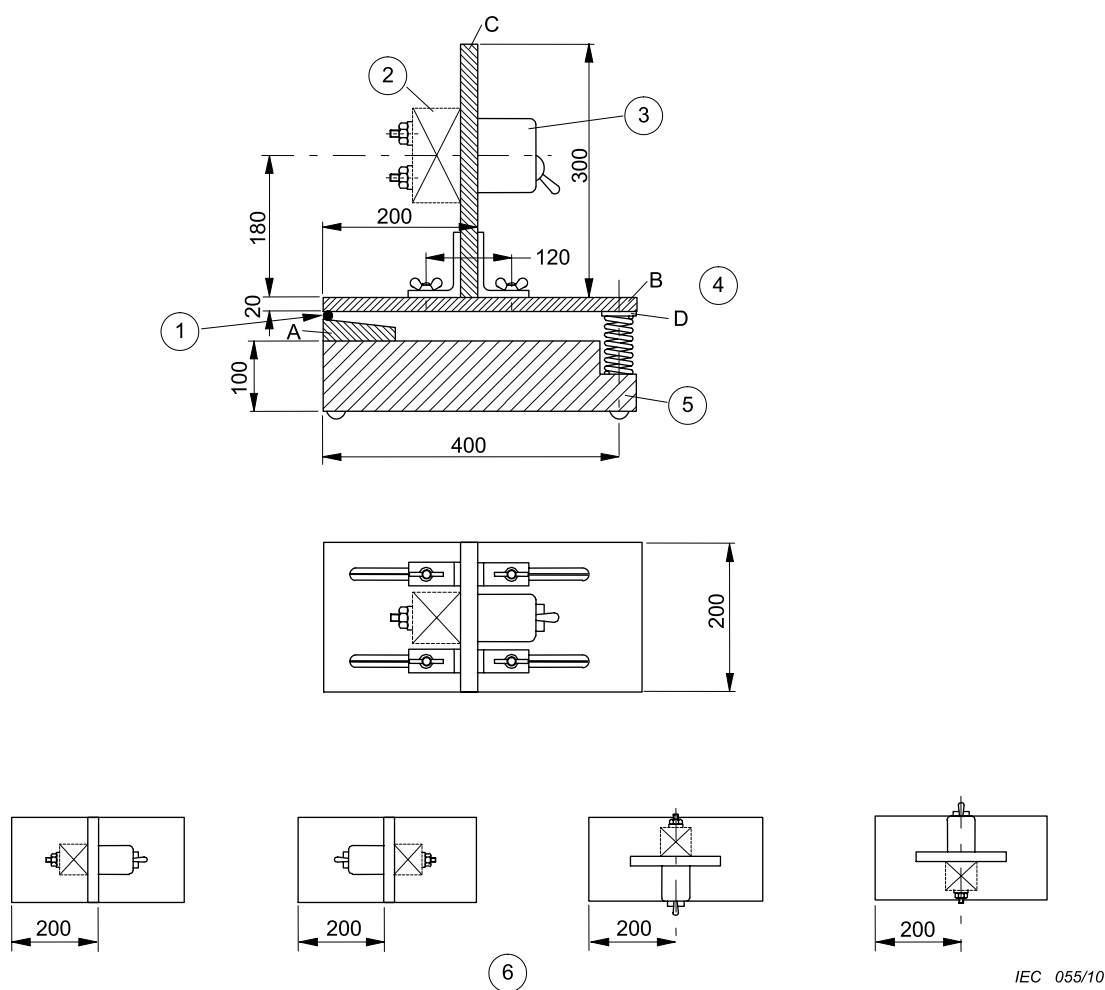
Figure 21 – Détail des impédances Z , Z_1 et Z_2



Légende

- 1 Courant
- 2 Tension

**Figure 22 – Exemple d'enregistrement d'étalonnage pour essai de court-circuit
(9.11.2.2j)**

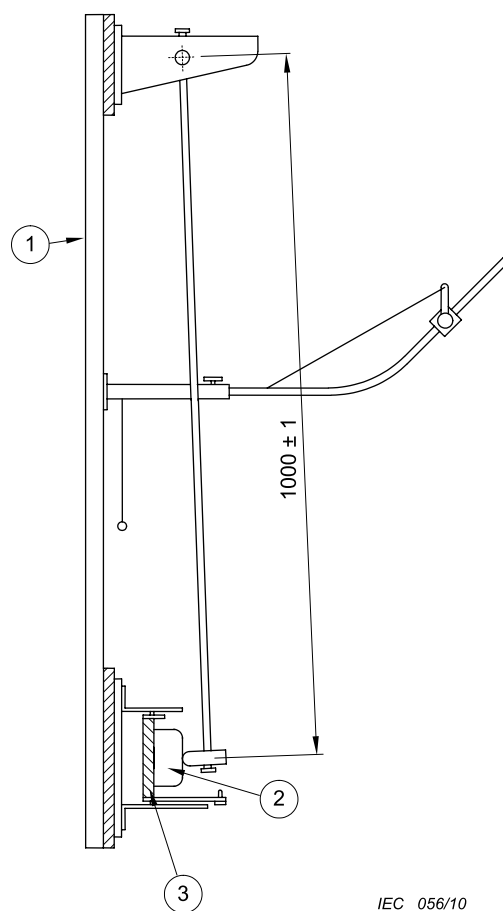


Dimensions en millimètres

Légende

1	Charnière
2	Masse additionnelle
3	Echantillon
4	Plaque-butée métallique
5	Bloc de béton
6	Positions d'essai successives

Figure 23 – Appareil pour l'essai aux secousses (9.12.1)

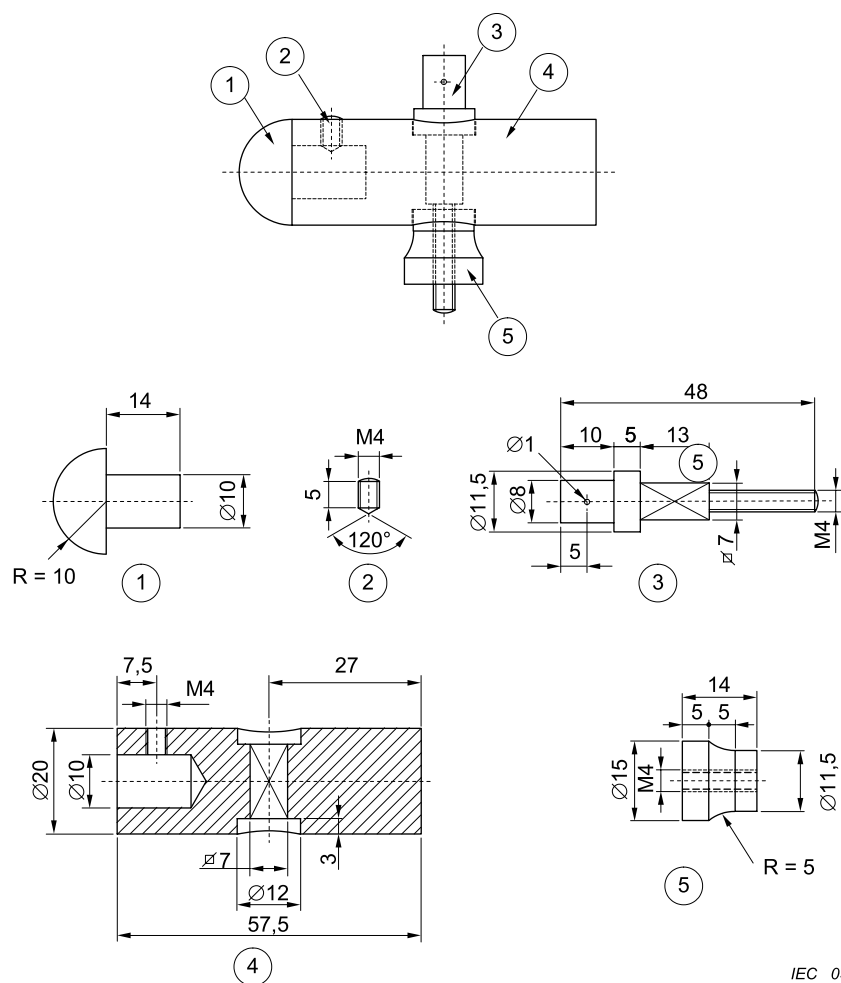


Dimensions en millimètres

Légende

- 1 Support
- 2 Echantillon
- 3 Support d'appui

Figure 24 – Appareil d'essai de choc mécanique (9.12.2.2)



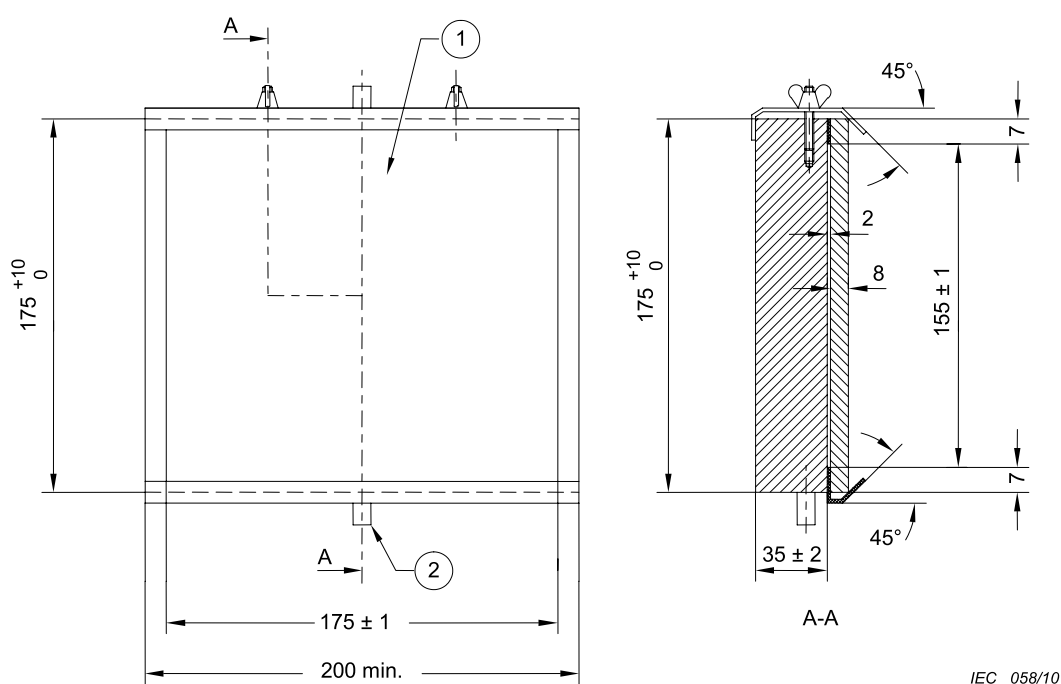
IEC 057/10

Dimensions en millimètres

Légende

- 1 Polyamide
- 2, 3, 4, 5 Acier Fe 360

Figure 25 – Pièce de frappe pour pendule d'essai de choc (9.12.2.2)

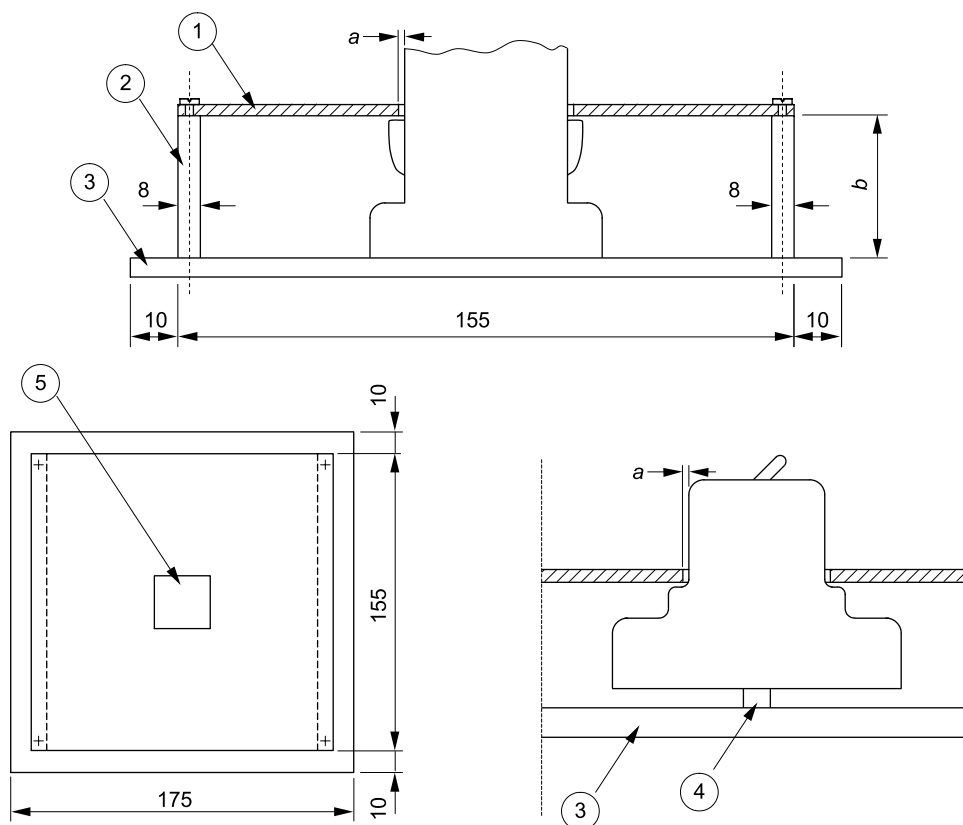


Dimensions en millimètres

Légende

- 1 Panneau de contre-plaqué
- 2 Pivot

**Figure 26 – Support de montage pour l'échantillon pour l'essai de choc mécanique
(9.12.2.2)**



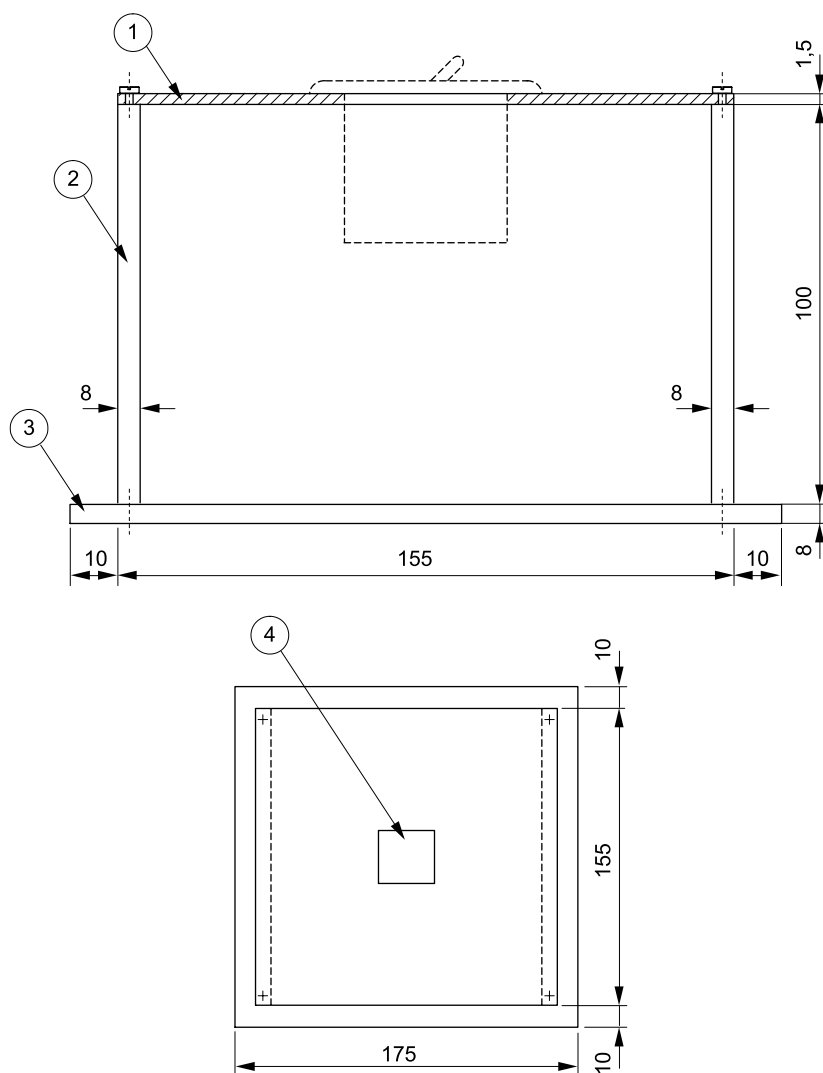
IEC 059/10

Légende

- 1 Plaque d'acier interchangeable d'épaisseur 1 mm
- 2 Plaques d'aluminium d'épaisseur 8 mm
- 3 Plaque de montage
- 4 Rail pour les DPDA prévus pour être montés sur rails
- 5 Passage dans la plaque d'acier pour le DPDA
- a* la distance entre le bord du passage et les parois du DPDA doit être comprise entre 1 mm et 2 mm.
- b* la hauteur des plaques d'aluminium doit être telle que la plaque d'acier est appliquée sur les épaulements du DPDA; si le DPDA n'est pas muni de tels épaulements, la distance des parties actives, qui doivent être protégées par un capot additionnel, à la face inférieure de la plaque d'acier, est de 8 mm.

Dimensions en millimètres

Figure 27 – Exemple de fixation d'un DPDA ouvert pour l'essai de choc mécanique (9.12.2.2)



IEC 060/10

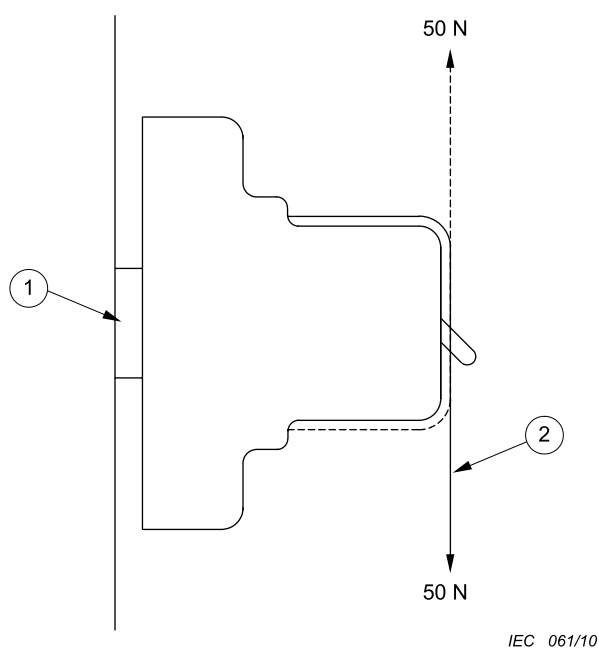
Dimensions en millimètres

Légende

- 1 Plaque d'acier interchangeable d'épaisseur 1,5 mm
- 2 Plaques d'aluminium d'épaisseur 8 mm
- 3 Plaque de montage
- 4 Passage dans la plaque d'acier pour le DPDA

Les dimensions peuvent être augmentées pour les cas particuliers.

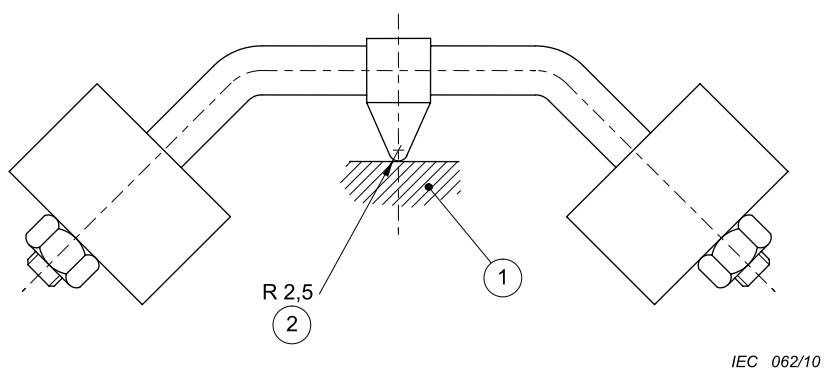
Figure 28 – Exemple de fixation du DPDA pour montage en tableau pour l'essai de choc mécanique (9.12.2.2)



Légende

- 1 Rail
- 2 Corde

Figure 29 – Application de la force pour l'essai mécanique sur un DPDA pour montage sur rail (9.12.2.3)



Légende

- 1 Échantillon
- 2 Sphérique

Figure 30 – Appareil pour l'essai à la bille (9.13.2)

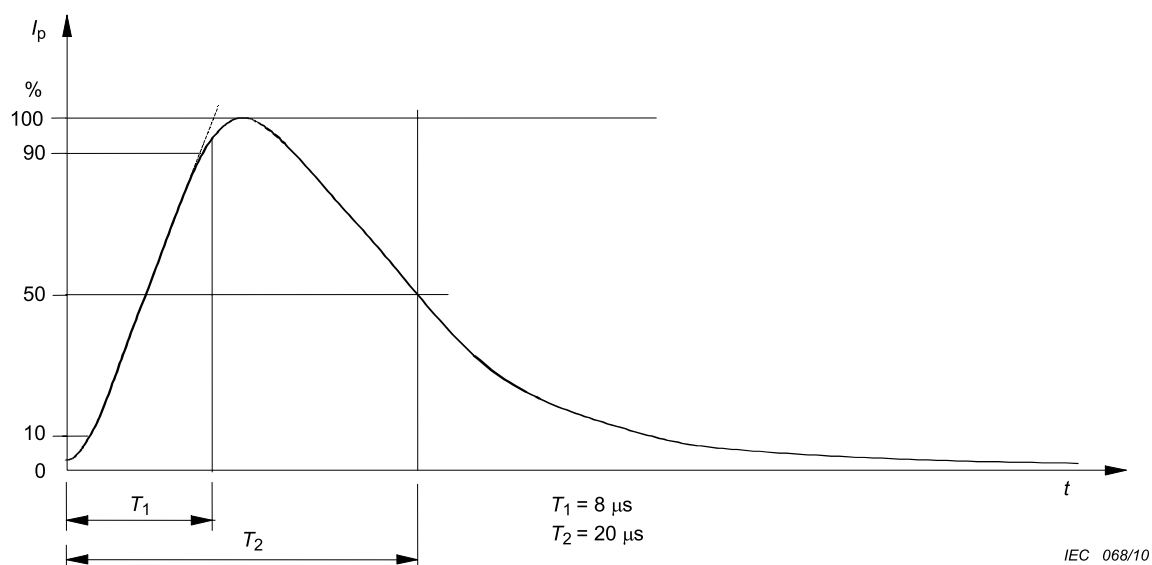
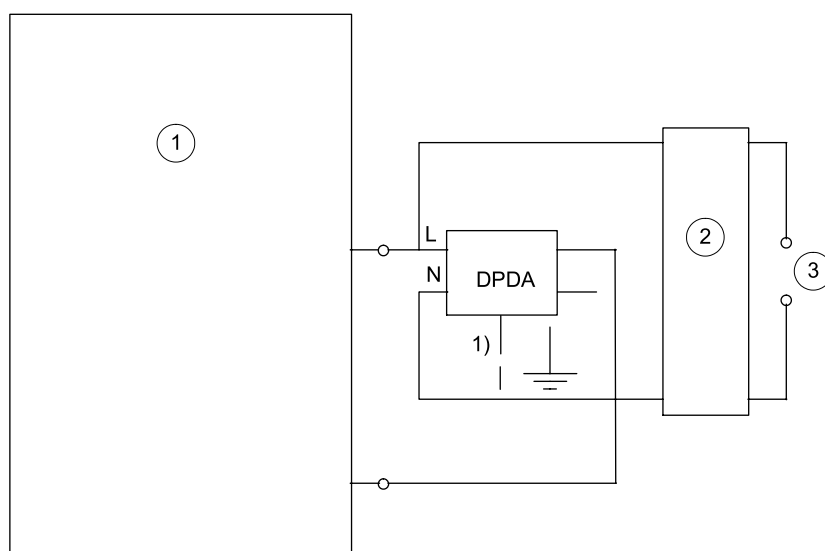


Figure 31 – Onde de courant 8/20 μs



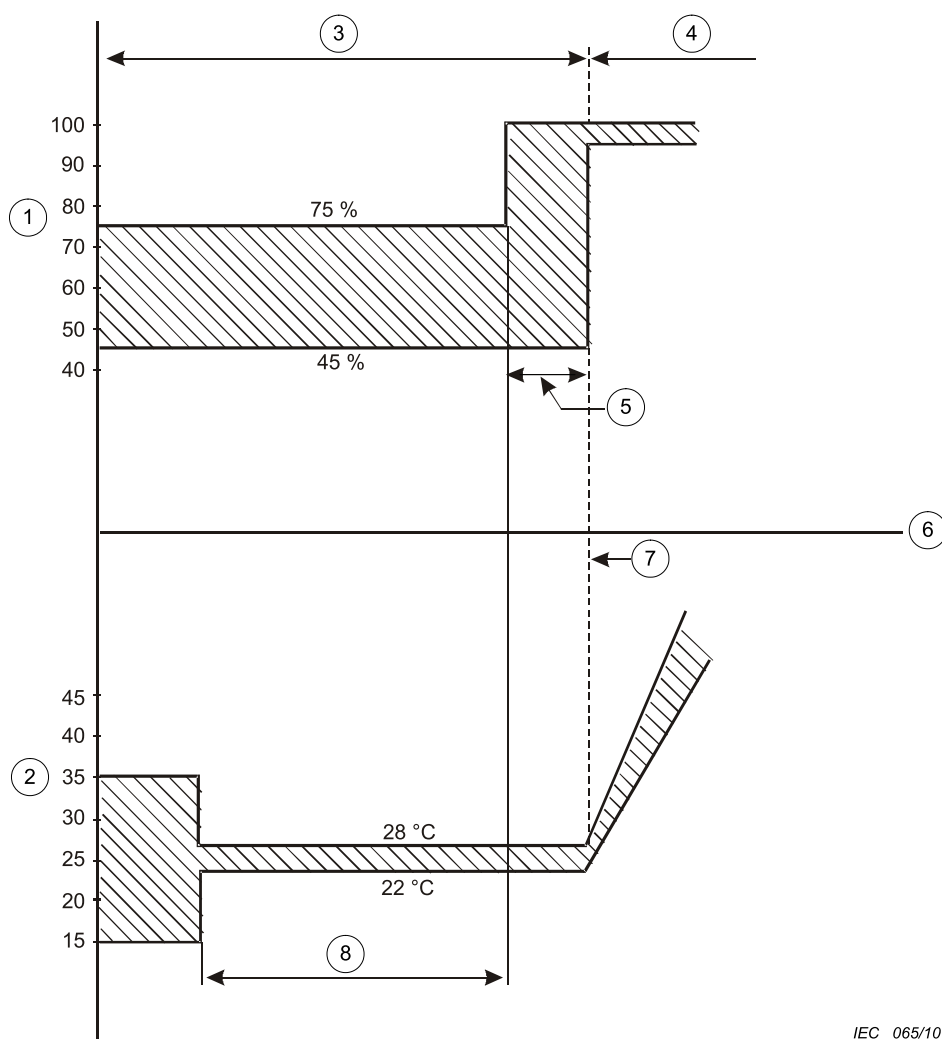
IEC 1563/13

Légende

- 1 Générateur d'onde de courant 8/20 μs
- 2 Filtre
- 3 Alimentation

1) Si le DPDA possède une borne de terre, il convient que celle-ci soit connectée à la borne de neutre s'il y a lieu et si elle est repérée sur le DPDA, à une borne de phase quelconque.

Figure 32 – Circuit pour l'essai des DPDA à l'onde de courant

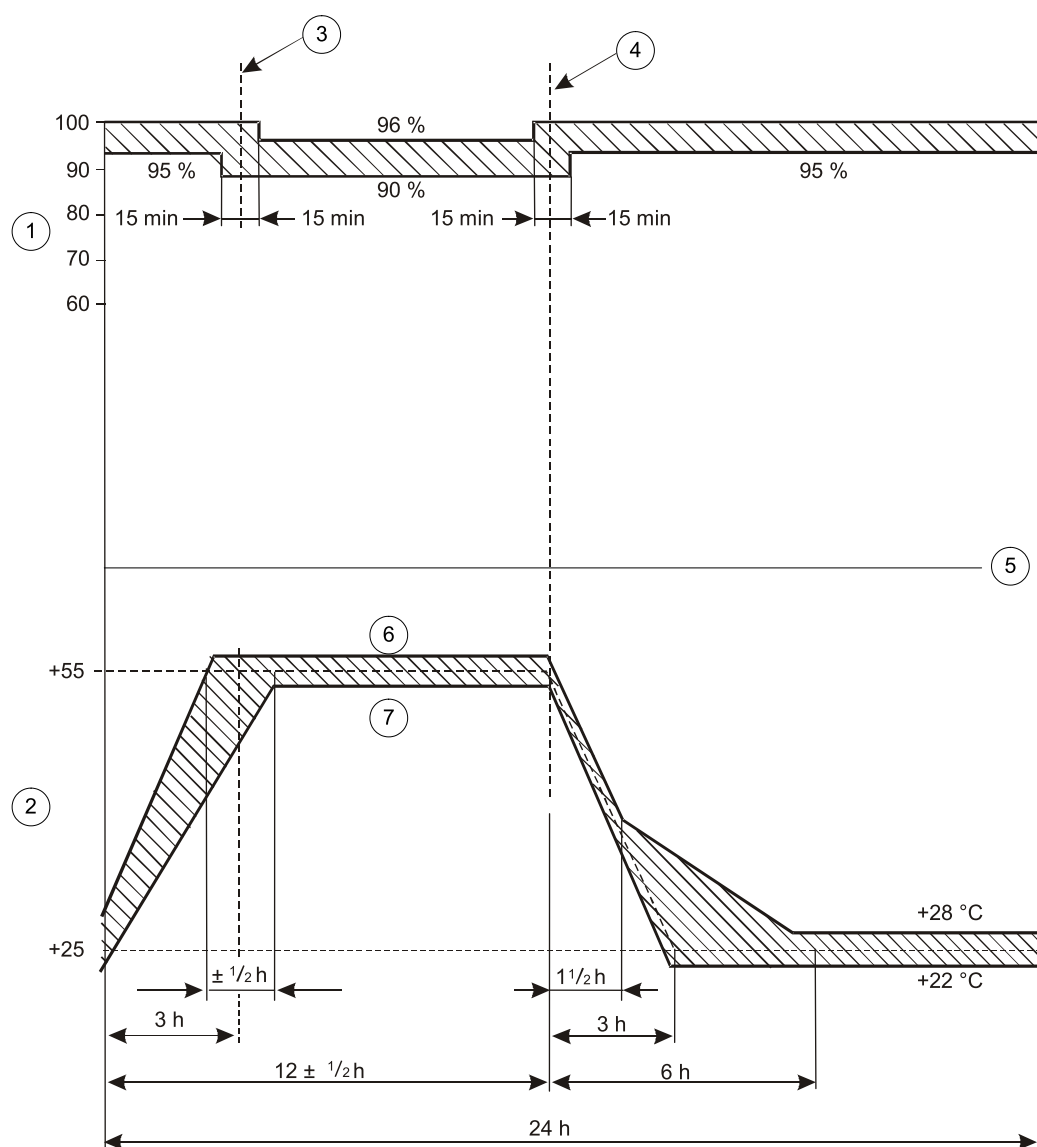


IEC 065/10

Légende

- 1 Humidité relative (%)
- 2 Température ambiante (°C)
- 3 Période de stabilisation
- 4 Premier cycle
- 5 Temps requis pour atteindre 95 %-100 % d'humidité relative (inférieur ou égal à 1 h)
- 6 Temps
- 7 Début du premier cycle
- 8 Temps requis pour atteindre la stabilité thermique du spécimen en essai

Figure 33 – Période de stabilisation pour l'essai de fiabilité (9.19.2.3)

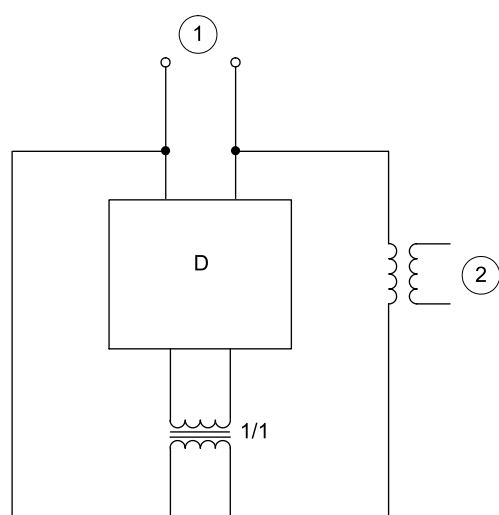


IEC 066/10

Légende

- 1 Humidité relative (%)
- 2 Température ambiante (°C)
- 3 Fin de l'élévation de température
- 4 Début de la diminution de température
- 5 Temps
- 6 Température supérieure +57 °C
- 7 Température inférieure +53 °C

Figure 34 – Cycle d'essai de fiabilité (9.19.2.3)



IEC 067/10

Légende

- 1 Alimentation à $1,1 U_n$
- 2 Alimentation en courant

**Figure 35 – Exemple de circuit d'essai pour la vérification
du vieillissement des composants électroniques (9.20)**

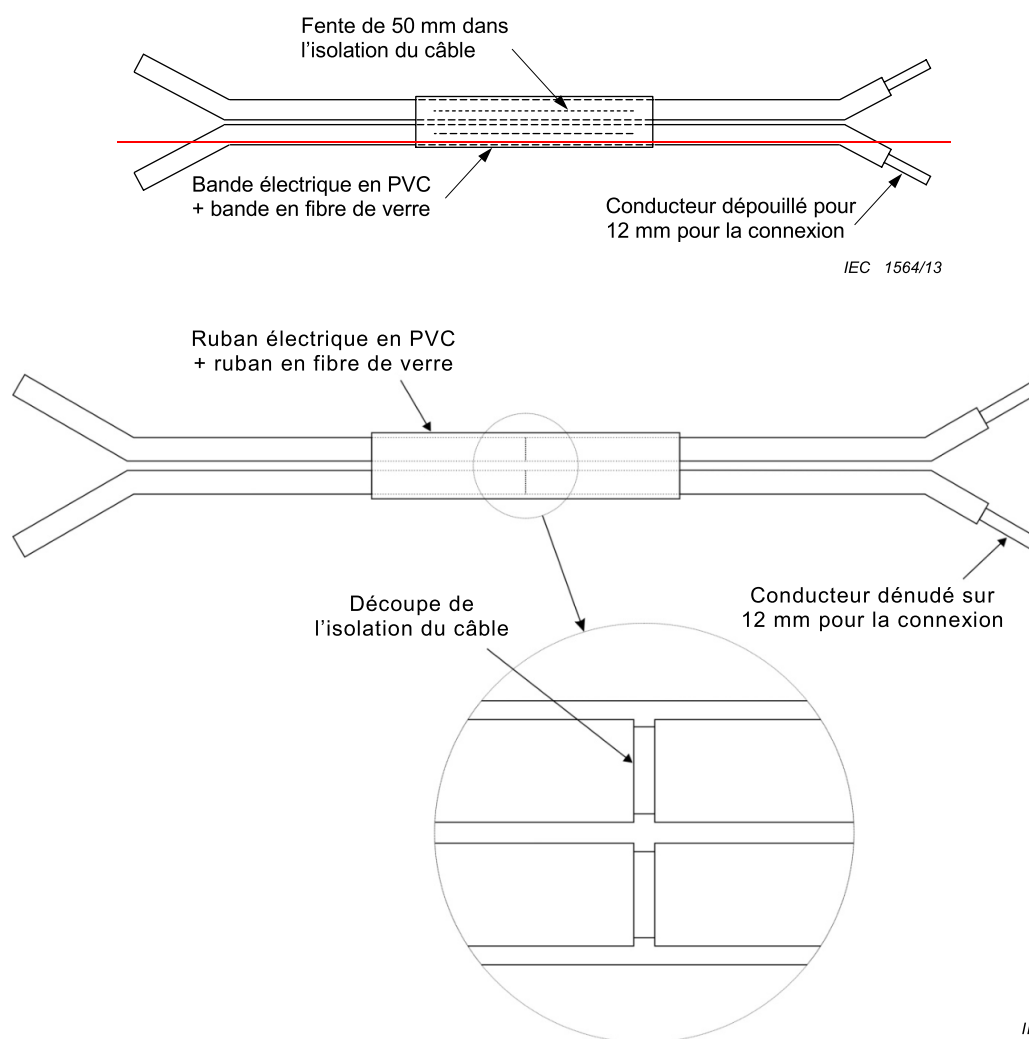


Figure 36 – Préparation des échantillons de câbles pour l'essai (9.9.2.6)

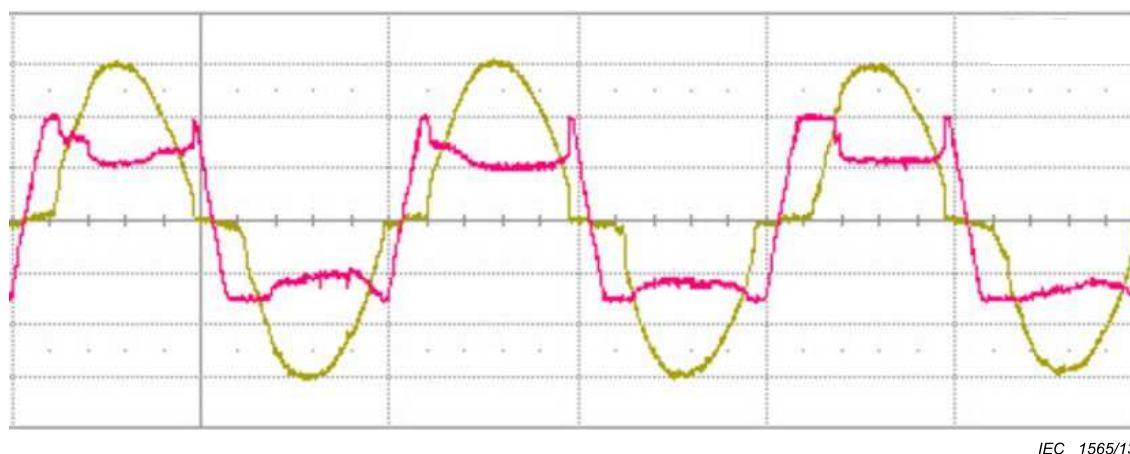


Figure 37 – Exemple de la tension d'arc et de la forme de la curen obtenu avec le cable pour l'essai

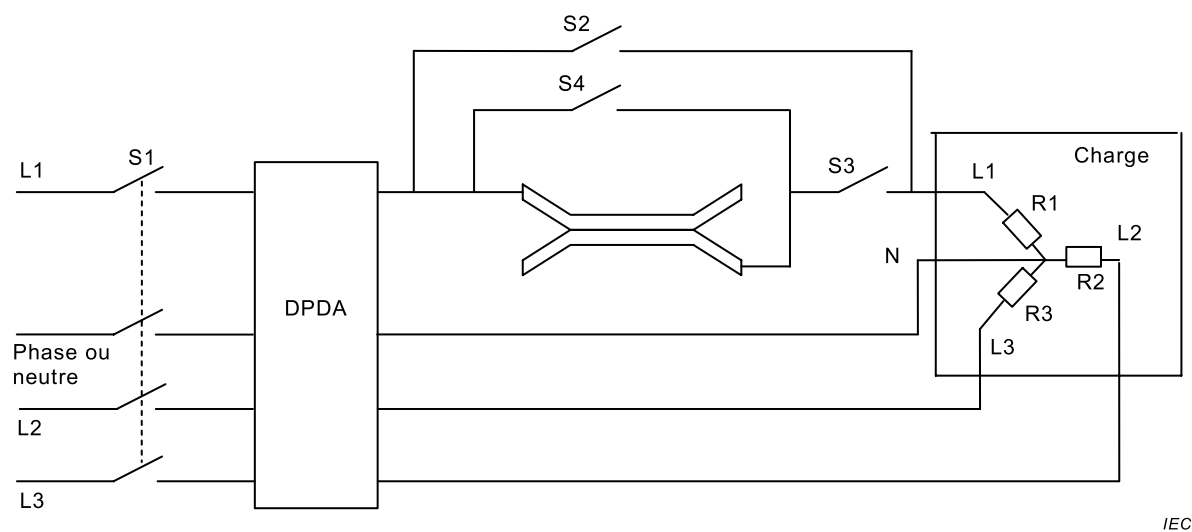


Figure 38 – Circuit d'essai pour arc en série dans un système triphasé avec une charge équilibrée et non équilibrée

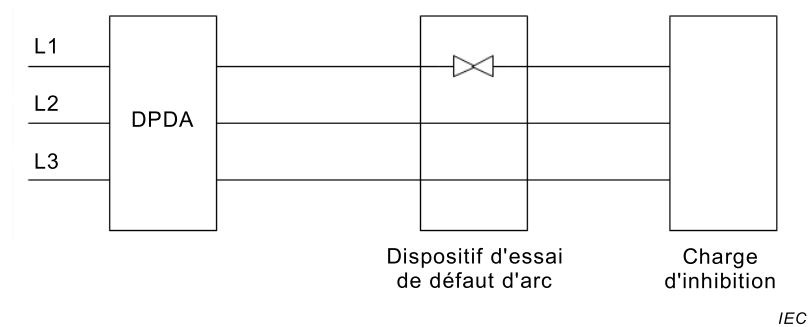


Figure 39 – Configuration d'essai pour essais d'aveuglement pour DPDA tripolaires et quadripolaires

Annexe A (normative)

Séquences d'essais et nombre d'échantillons à essayer en vue de la certification²

A.1 Séquences d'essais

Les essais sont effectués selon le Tableau A.1 de cette annexe, les essais de chaque séquence étant effectués dans l'ordre indiqué.

Pour les dispositifs classés selon 4.1.1, les séquences d'essais sont indiquées dans le Tableau A.1.

Pour les dispositifs classés selon 4.1.2, les DPDA doivent dans un premier temps être mis à essai conformément à l'IEC 60898-1, l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1, l'IEC 62423 ou l'IEC 60269, selon le cas. Les séquences d'essais supplémentaires sont données dans le Tableau A.2.

Si les séquences d'essais incluses dans cette norme sont également présentes dans l'IEC 60898-1, l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou l'IEC 62423, les essais les plus stricts parmi toutes les normes applicables doivent être appliqués une seule fois, mais les critères d'acceptation combinent les critères d'acceptation de toutes les normes applicables.

Pour les dispositifs classés selon 4.1.3, les DPDA doivent d'abord être assemblés avec le(s) dispositif(s) de protection déclaré(s), tel qu'indiqué par le constructeur.

La procédure d'essai indiquée dans la présente norme ainsi que les exigences supplémentaires et l'essai mentionné dans l'Annexe D doivent ensuite s'appliquer. Les séquences d'essais supplémentaires sont données dans le Tableau A.3.

En ce qui concerne les DPDA destinés à être assemblés à plusieurs dispositifs de protection, la procédure d'essai doit être répétée pour chaque dispositif de protection déclaré par le constructeur ou les essais les plus stricts parmi toutes les normes applicables doivent être appliqués une seule fois, mais les critères d'acceptation combinent les critères d'acceptation de toutes les normes applicables.

² Le terme "certification" recouvre, soit la Déclaration de Conformité par le constructeur, soit la Certification par Tierce Partie, par exemple par un laboratoire indépendant.

Tableau A.1 – Séquences d'essais pour les DPDA classés selon 4.1.1

Séquence d'essais		Article ou paragraphe	Essai (ou inspection)
A		6	Marquage
		8.2.1	Généralités
		8.2.2	Mécanisme
		9.3	Indélébilité du marquage
		8.2.3	Distances d'isolement et lignes de fuite (parties externes seulement)
		9.15	Mécanisme à déclenchement libre
		9.4	Sûreté des vis, partie transportant le courant et connexions
		9.5	Sûreté des bornes pour conducteurs externes
		9.6	Protection contre les chocs électriques
		9.13	Résistance à la chaleur
		8.2.3	Distances d'isolement et lignes de fuite (parties externes)
		9.16	Résistance à la rouille
A ₂		9.14	Résistance à la chaleur anormale et au feu
B		~~9.7~~	~~Essai des propriétés diélectriques~~
		9.7.7.4	Résistance de l'isolation des contacts ouverts et de l'isolation principale à une onde de surtension en usage normal
		9.7.7.5	Vérification du comportement des composants reliant l'isolation principale
		9.7.2	Résistance à l'humidité
		9.7.3	Résistance d'isolement du circuit principal
		9.7.4	Rigidité diélectrique du circuit principal
		9.7.5	Résistance d'isolement et rigidité diélectrique des circuits auxiliaires
		9.7.6	Tenue des circuits de commande connectés aux circuits principaux vis-à-vis des tensions continues élevées pendant les mesures d'isolement
		9.7.7.2	Vérification des distances d'isolement avec la tenue aux tensions de choc
		9.8	Echauffement
		9.19.3	Fiabilité à 40 °C
	9.20	Vieillessement des composants électroniques	
C		9.10	Endurance mécanique et électrique
D	D ₀	9.9.2	Caractéristiques de fonctionnement (défaut d'arc en série)
		9.9.3	Caractéristiques de fonctionnement (défaut d'arc en parallèle)
		9.23	Vérification du comportement en cas de perte partielle des raccordements à l'alimentation
	D ₁	9.9.4	Essai ~~de masquage~~ d'aveuglement
		9.9.5	Déclenchements ~~intempestifs~~ indésirables
		9.18	Comportement aux ondes de courant
		9.11.2.4 a) b)	Performances ~~avec~~ à I _{m1}
		9.12	~~Tenue aux contraintes~~ Résistance aux secousses mécaniques et aux chocs
		9.17	Courant de non-fonctionnement en cas de surintensité
	D ₂	9.11.2.4 c)	Vérification de l'aptitude à l'emploi en systèmes IT

Séquence d'essais	Article ou paragraphe	Essai (ou inspection)
E	9.11.2.5 a) 9.11.2.3	Coordination à I_{nc} Performances à I_m
F	9.11.2.5 b) 9.11.2.5 c)	Coordination à I_m Coordination à I_{nc1}
G	9.19.1	Fiabilité (essais climatiques)
H- ^a	IEC 61543:1995/AMD1:2004, Tableau-6 4 -T1.1 IEC 61543:1995/AMD1:2004 Tableau-6 4 -T1.2 9.21 Tableau 21 – T2.3	Harmoniques, interharmoniques Transmission de signaux sur le secteur Ondes de choc
I	9.21 Tableau 21 – T2.1 9.21 Tableau 21 – T2.5 9.21 Tableau 21 – T2.2	Tensions ou courants induits oscillatoires Champ électromagnétique rayonné Transitoires rapides (salves)
J	9.21 Tableau 21 – T2.6 9.21 Tableau 21 -T3.1	Perturbations conduites en mode commun dans la gamme de fréquence inférieure à 150 kHz Décharges électrostatiques
^a ~~Pour les dispositifs incorporant un oscillateur permanent, l'essai du CISPR 14-1 doit être effectué sur les échantillons avant les essais de cette séquence.~~ NOTE L'essai de la séquence B, en 9.7, peut être effectué sur des échantillons séparés.		

Tableau A.2 – Séquences d'essais pour les DPDA classés selon 4.1.2

Séquence d'essais		Article ou paragraphe	Essai (ou inspection)
A		6	Marquage
		8.2.1	Généralités
		8.2.2	Mécanisme
		9.3	Indélébilité du marquage
		8.2.3	Distances d'isolement et lignes de fuite (parties externes seulement)
		9.15	Mécanisme à déclenchement libre
		9.4	Sûreté des vis, partie transportant le courant et connexions
		9.5	Sûreté des bornes pour conducteurs externes
		9.6	Protection contre les chocs électriques
		9.13	Résistance à la chaleur
		8.2.3	Distances d'isolement et lignes de fuite (parties externes)
		9.16	Résistance à la rouille
A2		9.14	Résistance à la chaleur anormale et au feu
B		~~9.7~~	~~Essai des propriétés diélectriques~~
		9.7.7.4	Résistance de l'isolation des contacts ouverts et de l'isolation principale à une onde de surtension en usage normal
		9.7.7.5	Vérification du comportement des composants reliant l'isolation principale
		9.7.2	Résistance à l'humidité
		9.7.3	Résistance d'isolement du circuit principal
		9.7.4	Rigidité diélectrique du circuit principal
		9.7.5	Résistance d'isolement et rigidité diélectrique des circuits auxiliaires
		9.7.6	Tenue des circuits de commande connectés aux circuits principaux vis-à-vis des tensions continues élevées pendant les mesures d'isolement
		9.7.7.2	Vérification des distances d'isolement avec la tenue aux tensions de choc
		9.8	Echauffement
		9.19.3	Fiabilité à 40 °C
		9.20	Vieillessement des composants électroniques
C		9.10	Endurance mécanique et électrique
D	D ₀	9.9.2	Caractéristiques de fonctionnement (défaut d'arc en série)
		9.9.3	Caractéristiques de fonctionnement (défaut d'arc en parallèle)
		9.23	Vérification du comportement en cas de perte partielle des raccordements à l'alimentation
	D ₁	9.9.4	Essai ~~de masquage~~ d'aveuglement
		9.9.5	Déclenchements ~~intempestifs~~ indésirables
		9.18	Comportement aux ondes de courant
		9.12	~~Tenue aux contraintes~~ Résistance aux secousses mécaniques et aux chocs
		9.17	Courant de non-fonctionnement en cas de surintensité
	D ₂	9.11.1	Vérification des DPDA après la séquence C ₂ de l'IEC 60898-1, la séquence D ₂ de l'IEC 61008-1 ou la séquence C ₂ de l'IEC 61009-1

Séquence d'essais	Article ou paragraphe	Essai (ou inspection)
E	9.11.1	Vérification des DPDA après la séquence E ₁ de l'IEC 60898-1, la séquence F de l'IEC 61008-1 ou la séquence F ₀ de l'IEC 61009-1
F	9.11.1	Vérification des DPDA après la séquence E ₂ de l'IEC 60898-1, la séquence E de l'IEC 61008-1 ou la séquence F ₁ de l'IEC 61009-1
G	9.19.1	Fiabilité (essais climatiques)
H- ^a	IEC 61543:1995/AMD1:2004, Tableau-6 4 -T1.1	Harmoniques, interharmoniques
	IEC 61543:1995/AMD1:2004 Tableau-6 4 -T1.2	Transmission de signaux sur le secteur
	9.21 Tableau 21 – T2.3	Ondes de choc
I	9.21 Tableau 21 – T2.1	Tensions ou courants induits oscillatoires
	9.21 Tableau 21 – T2.5	Champ électromagnétique rayonné
	9.21 Tableau 21 – T2.2	Transitoires rapides (salves)
J	9.21 Tableau 21 – T2.6	Perturbations conduites en mode commun dans la gamme de fréquence inférieure à 150 kHz
	9.21 Tableau 21 -T3.1	Décharges électrostatiques
^a — ~~Pour les dispositifs incorporant un oscillateur permanent, l'essai du CISPR 14-1 doit être effectué sur les échantillons avant les essais de cette séquence.~~		

Tableau A.3 – Séquences d'essais pour les DPDA classés selon 4.1.3

Séquence d'essais	Article ou paragraphe	Essai (ou inspection)
A ^b	6, D.4	Marquage
	8.2.1, D.5.1	Généralités
	8.2.2	Mécanisme
	9.3	Indélébilité du marquage
	8.2.3	Distances d'isolement et lignes de fuite (parties externes seulement)
	9.15	Mécanisme à déclenchement libre
	9.4	Sûreté des vis, partie transportant le courant et connexions
	9.5	Sûreté des bornes pour conducteurs externes
	9.6	Protection contre les chocs électriques
	9.13	Résistance à la chaleur
	8.2.3	Distances d'isolement et lignes de fuite (parties externes)
	9.16	Résistance à la rouille
	~~D.6.4~~	~~Vérification des dispositifs déclarés désassemblés~~
A2	9.14	Résistance à la chaleur anormale et au feu
B	~~9.7~~	~~Essai des propriétés diélectriques~~
	9.7.7.4	Résistance de l'isolation des contacts ouverts et de l'isolation principale à une onde de surtension en usage normal
	9.7.7.5	Vérification du comportement des composants reliant l'isolation principale
	9.7.2	Résistance à l'humidité
	9.7.3	Résistance d'isolement du circuit principal
	9.7.4	Rigidité diélectrique du circuit principal
	9.7.5	Résistance d'isolement et rigidité diélectrique des circuits auxiliaires
	9.7.6	Tenue des circuits de commande connectés aux circuits principaux vis-à-vis des tensions continues élevées pendant les mesures d'isolement
	9.7.7.2	Vérification des distances d'isolement avec la tenue aux tensions de choc
	9.8	Echauffement
	9.19.3	Fiabilité à 40 °C
	9.20	Vieillessement des composants électroniques
C	9.10	Endurance mécanique et électrique
D	D ₀	~~D.6.4~~
		9.9.2
		9.9.3
		~~9.23~~
	D ₁	9.9.4
		9.9.5
		9.18
		9.12
		9.17
	D ₂	9.11.1
E	9.11.1	Vérification des DPDA après la séquence C ₂ de l'IEC 60898-1, la séquence D ₂ de l'IEC 61008-1 ou la séquence C ₂ de l'IEC 61009-1
F	9.11.1	Vérification des DPDA après la séquence E ₂ de l'IEC 60898-1, la

Séquence d'essais	Article ou paragraphe	Essai (ou inspection)
		séquence E de l'IEC 61008-1 ou la séquence F ₁ de l'IEC 61009-1
G	9.19.1	Fiabilité (essais climatiques)
H ^a	IEC 61543:1995/AMD1:2004, Tableau-6.4 -T1.1	Harmoniques, interharmoniques
	IEC 61543:1995/AMD1:2004 Tableau-6.4 -T1.2	Transmission de signaux sur le secteur
	9.21 Tableau 21 – T2.3	Ondes de choc
I	9.21 Tableau 21 – T2.1	Tensions ou courants induits oscillatoires
	9.21 Tableau 21 – T2.5	Champ électromagnétique rayonné
	9.21 Tableau 21 – T2.2	Transitoires rapides (salves)
J	9.21 Tableau 21 – T2.6	Perturbations conduites en mode commun dans la gamme de fréquence inférieure à 150 kHz
	9.21 Tableau 21 -T3.1	Décharges électrostatiques
^a ~~Pour les dispositifs incorporant un oscillateur permanent, l'essai du CISPR 14-1 doit être effectué sur les échantillons avant les essais de cette séquence.~~		
^b Les essais 9.3, 9.4, 9.5, 9.13, 9.14 et 9.15 sont également exécutés sur le Module PDA, conformément à D.6.2		

A.2 Nombre d'échantillons à soumettre à la procédure d'essai complète

Si un seul type de DPDA avec une valeur nominale de courant est mis à essai, le nombre d'échantillons à soumettre aux différentes séries d'essais est celui indiqué dans le Tableau A.4 où sont également indiqués les critères minimaux de performances.

Si tous les échantillons présentés selon la deuxième colonne du Tableau A.4 réussissent les essais, la conformité à la norme est satisfaite. Si le nombre minimal donné dans la troisième colonne satisfait uniquement aux essais, des échantillons supplémentaires comme indiqué dans la quatrième colonne doivent être soumis à essai et doivent alors satisfaire entièrement à la séquence d'essais.

Tableau A.4 – Nombre d'échantillons à soumettre à la procédure d'essai complète

Séquence d'essais a	Nombre d'échantillons	Nombre minimal d'échantillons acceptés b	Nombre d'échantillons pour les essais recommencés c
A	1	1	–
B	3	2	3
C	3	2	3
D ₀	3	2 ^d	3
D ₁	3	2 ^d	3
D ₂	3	3	3
E	3	2 ^d	3
F	3	2 ^d	3
G	3	2	3
H ^e	3	2	3
I ^e	3	2	3
J ^e	3	2	3

a Au total, un nombre maximum de trois séquences d'essais peut être recommencé.

b Il est supposé que tout échantillon qui n'a pas satisfait à un essai n'a pas répondu aux exigences en raison de défauts à la fabrication ou au montage qui ne sont pas représentatifs de la conception.

c Dans le cas des essais répétés, tous les résultats d'essai doivent être acceptables.

d Tous les échantillons doivent satisfaire aux exigences de 9.9.2, 9.9.3 et 9.11.2.4, selon le cas. De plus, un arc permanent ou un amorçage entre les pôles ou entre les pôles et les châssis ne doit se produire sur aucun échantillon pendant les essais des 9.11.2.3, 9.11.2.5 a), 9.11.2.5 b) ou 9.11.2.5 c).

e A la demande du fabricant, le même groupe d'échantillons peut être soumis à plusieurs de ces séquences d'essais.

A.3 Nombre d'échantillons à soumettre à des procédures d'essais simplifiées en cas de présentation simultanée d'une série de DPDA de même conception de base

A.3.1 Si une série de DPDA de même conception de base ou une extension à une telle série de DPDA est présentée pour la certification, le nombre d'échantillons à soumettre à essai peut être réduit suivant le Tableau A.5.

NOTE Pour le besoin de cette annexe, la même conception de base contient une série de courants assignés (I_n) et/ou des nombres de pôles différents.

Les DPDA peuvent être considérés comme ayant la même conception de base si toutes les conditions suivantes sont satisfaites:

- 1) ils dérivent du même modèle fondamental;
- 2) les organes de manœuvre possèdent un mécanisme de déclenchement identique;
- 3) les matériaux, finitions et dimensions des parties intérieures transportant le courant sont identiques hormis les variations explicitées en a) ci-dessous;
- 4) les bornes sont de conception similaire (voir b) ci-dessous);
- 5) la taille, la matière, la configuration et la méthode de fixation des contacts sont identiques;
- 6) le mécanisme de commande manuelle, les matériaux et les caractéristiques physiques sont identiques;
- 7) le moulage et les matériaux isolants sont identiques;

- 8) la méthode, les matériaux et la construction du système d'extinction de l'arc sont identiques;
- 9) la conception de base du dispositif de détection de courant est identique, pour un type de caractéristique donné, hormis les variations admises en c) ci-dessous;
- 10) la conception de base du dispositif d'essai, le cas échéant, est identique.

Les variations suivantes sont autorisées sous réserve que les DPDA satisfassent en tous autres points aux exigences détaillées ci-dessus:

- a) aire de la section droite des connexions internes transportant du courant et longueurs des connexions au tore;
- b) dimensions des bornes;
- c) nombre de spires et aire de section des enroulements, ainsi que dimension et matériau constitutif du noyau du capteur de courant.

A.3.2 Pour les DPDA présentant la même classification, selon la méthode de conception (4.1) et une valeur nominale de courant différente, le nombre d'échantillons à mettre à l'essai peut être réduit, conformément au Tableau A.5.

Tableau A.5 – Nombre d'échantillons pour la procédure d'essai simplifiée

Séquence d'essais	Nombre d'échantillons ^{a b}
A	1 valeur assignée max. I_n
A_2	3 valeur assignée max. I_n
B	3 valeurs assignées max. I_n
C	3 valeurs assignées max. I_n
D_0	3 valeurs assignées max. I_n
D_1	3 valeurs assignées max. I_n
D_2	3 valeurs assignées max. I_n
E	3 valeurs assignées max. I_n
F	3 valeurs assignées max. I_n 3 valeurs assignées min. I_n
G	3 valeurs assignées max. I_n 3 valeurs assignées min. I_n
H	3 échantillons de même caractéristique I_n choisis au hasard ^c
I	3 échantillons de même caractéristique I_n choisis au hasard ^c
J	3 échantillons de même caractéristique I_n choisis au hasard ^c
^a Si un essai doit être répété selon les critères de performances minimaux de l'Article A.2, un nouveau lot d'échantillons est utilisé pour l'essai correspondant. Dans les essais recommencés, tous les essais doivent être acceptables. ^b Applicable aussi aux DPDA unipolaires avec neutre non coupé et aux DPDA bipolaires avec 1 pôle protégé. ^c Seulement le nombre le plus élevé de voies de courant.	

Annexe B

(normative)

Détermination des distances d'isolement et des lignes de fuite

Pour la détermination des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite, il convient de tenir compte des points suivants.

B.1 Orientation et emplacement d'une ligne de fuite

Si nécessaire, le fabricant doit indiquer l'orientation prévue de l'équipement ou du composant de manière que les lignes de fuite ne soient pas malencontreusement détériorées par une accumulation de pollution pour laquelle elles n'étaient pas conçues.

B.2 Lignes de fuite lorsque plus d'un matériau est utilisé

Une ligne de fuite peut être divisée en plusieurs parties de différents matériaux et/ou peut avoir différents degrés de pollution si une des lignes de fuite est dimensionnée pour résister à la tension totale ou si la distance totale est dimensionnée en fonction du matériau ayant l'IRC le plus faible.

B.3 Lignes de fuite coupées par une partie conductrice flottante

Une ligne de fuite peut être divisée en plusieurs parties, dans le même matériau isolant, y compris ou séparée par des conducteurs flottants sous réserve que la somme des distances le long de chaque partie individuelle soit supérieure ou égale à la ligne de fuite exigée si la partie flottante n'existait pas.

La distance minimale X pour chaque partie individuelle de la ligne de fuite est donnée en 6.2 (voir aussi l'Exemple 11) de l'IEC 60664-1:2007.

B.4 Mesure des lignes de fuite et des distances d'isolement

Pour déterminer les lignes de fuite selon l'IEC 60664-1:2007, la dimension X spécifiée dans les exemples suivants a une valeur minimale de 1,0 mm pour un degré de pollution 2.

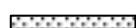
Si la distance d'isolement associée est inférieure à 3 mm, la largeur X minimale peut être réduite au tiers de la valeur de cette distance d'isolement.

Les méthodes de mesure des lignes de fuite et des distances d'isolement sont indiquées dans les Exemples 1 à 11 suivants. Ces exemples ne font pas de différence entre les intervalles et les rainures ou entre les types d'isolation.

Les suppositions suivantes ont été faites:

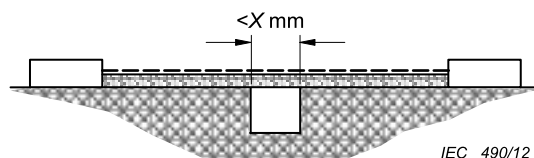
- tout puits est supposé être ponté par une liaison isolante de longueur égale à la largeur X spécifiée et placée dans la position la plus défavorable (voir l'Exemple 3);
- lorsque la distance au-dessus d'une rainure est supérieure ou égale à la largeur spécifiée X , la ligne de fuite est mesurée le long des contours de la rainure (voir l'Exemple 2);
- les lignes de fuite et les distances d'isolement mesurées entre les parties qui peuvent avoir différentes positions l'une par rapport à l'autre sont mesurées lorsque ces parties se trouvent dans leur position la plus défavorable.

----- Isolement



Ligne de fuite

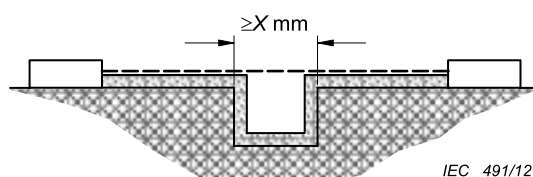
Exemple 1



Condition: ce chemin de ligne de fuite comprend une rainure à flancs parallèles ou convergents, de profondeur quelconque et de largeur inférieure à X mm.

Règle: la ligne de fuite et la distance d'isolement sont mesurées en ligne droite au-dessus de la rainure, comme indiqué ci-dessus.

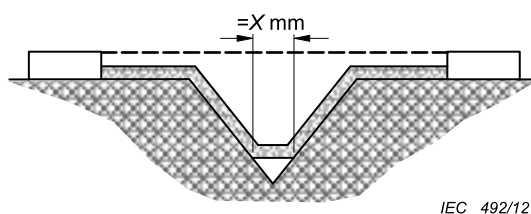
Exemple 2



Condition: ce chemin de ligne de fuite comprend une rainure à flancs parallèles, de profondeur quelconque et de largeur égale ou supérieure à X mm.

Règle: la distance d'isolement est la distance en ligne droite. Le chemin de la ligne de fuite longe le profil de la rainure.

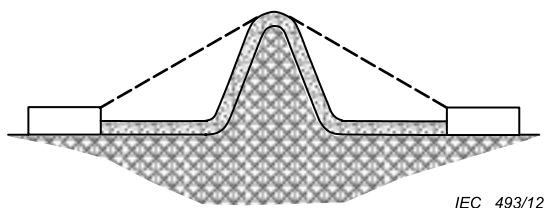
Exemple 3



Condition: ce chemin de ligne de fuite comprend une rainure en V dont la largeur est supérieure à X mm.

Règle: la distance d'isolement est la distance en ligne droite. Le chemin de la ligne de fuite longe le profil de la rainure, mais "court-circuite" le bas de la rainure par un tronçon de X mm.

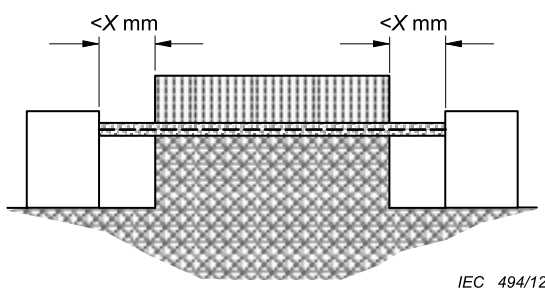
Exemple 4



Condition: ce chemin de ligne de fuite comprend une nervure.

Règle: la distance d'isolement est le chemin dans l'air le plus court par-dessus le sommet de la nervure. Le chemin de la ligne de fuite longe le profil de la nervure.

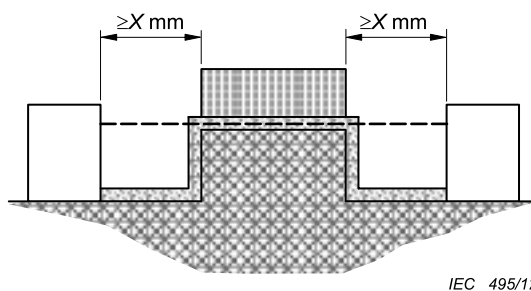
Exemple 5



Condition: ce chemin de ligne de fuite comprend deux parties non collées avec des rainures de largeur inférieure à X mm de chaque côté.

Règle: le chemin de la ligne de fuite et de la distance d'isolement est la distance en ligne droite indiquée ci-dessus.

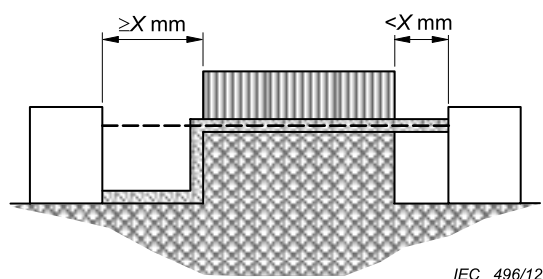
Exemple 6



Condition: ce chemin de ligne de fuite comprend deux parties non collées avec des rainures de largeur égale ou supérieure à X mm de chaque côté.

Règle: la distance d'isolement est la distance en ligne droite. Le chemin de la ligne de fuite longe le profil des rainures.

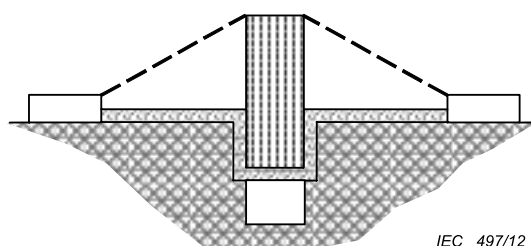
Exemple 7



Condition: ce chemin de ligne de fuite comprend deux parties non collées avec, d'un côté une rainure de largeur inférieure à X mm et, de l'autre côté, une rainure de largeur égale ou supérieure à X mm.

Règle: les chemins de la distance d'isolement et de la ligne de fuite sont indiqués ci-dessus.

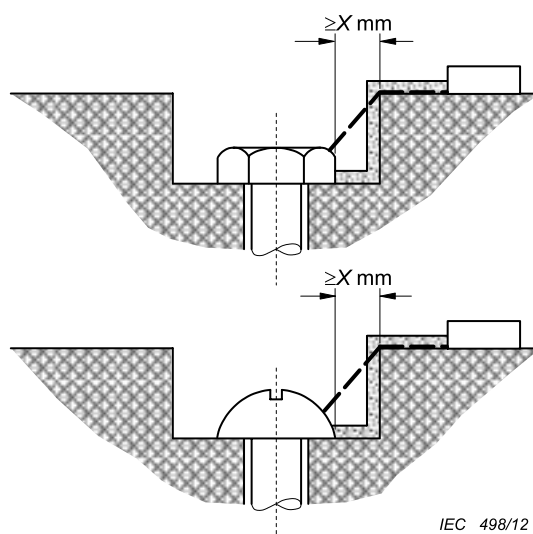
Exemple 8



Condition: la ligne de fuite à travers le joint non collé est inférieure à la ligne de fuite par-dessus la barrière.

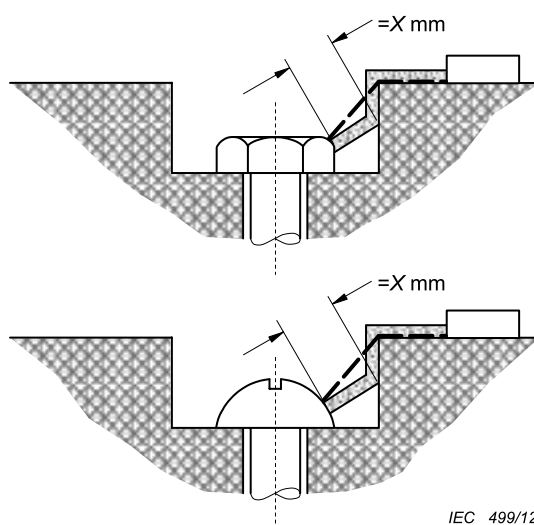
Règle: la distance d'isolement est le chemin dans l'air le plus court par-dessus le sommet de la barrière.

Exemple 9



Distance suffisante entre tête de vis et paroi du logement pour être prise en compte.

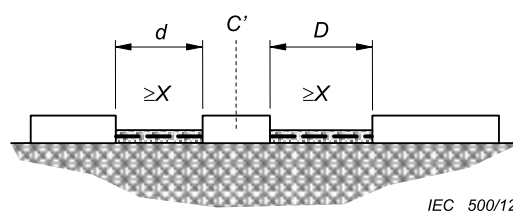
Exemple 10



Distance trop faible entre tête de vis et paroi du logement pour être prise en compte.

La mesure de la ligne de fuite s'effectue de la vis à la paroi quand la distance est égale à X mm.

Exemple 11



C' partie flottante

Distance d'isolement = $d + D$

Ligne de fuite aussi = $d + D$



Isolement



Ligne de fuite

Annexe C (normative)

Condition pour la détection de l'émission de gaz ionisés pendant les essais de court-circuit

L'appareil à mettre à l'essai est installé comme il est décrit à la Figure C.1, ce qui peut nécessiter une adaptation aux spécificités de l'appareil et en accord avec les instructions du constructeur.

Selon les besoins (c'est-à-dire pendant les manœuvres "O"), une feuille transparente de polyéthylène de $(0,05 \pm 0,01)$ mm, qui dépasse d'au moins 50 mm les dimensions hors tout de la face avant de l'appareil dans toutes les directions, mais non inférieure à 200 mm × 200 mm, est fixée et tendue de manière raisonnable dans un cadre, placé à 10 mm

- de la position la plus débordante de l'organe de manœuvre pour un appareil dont l'organe de manœuvre ne se trouve pas dans un renforcement;
- du bord du renforcement d'un appareil dont l'organe de manœuvre se trouve dans un renforcement.

Il convient que la feuille ait les propriétés physiques suivantes:

Masse volumique à 23 °C: $0,92 \text{ g/cm}^3 \pm 0,05 \text{ g/cm}^3$;

Point de fusion: 110°C to 120 °C

Lorsqu'elle est spécifiée, une barrière en matériau isolant, d'au moins 2 mm d'épaisseur, est placée, comme il est décrit à la Figure C.1, entre l'orifice d'échappement et la feuille de polyéthylène, pour empêcher qu'elle soit endommagée par des particules brûlantes projetées par cet orifice.

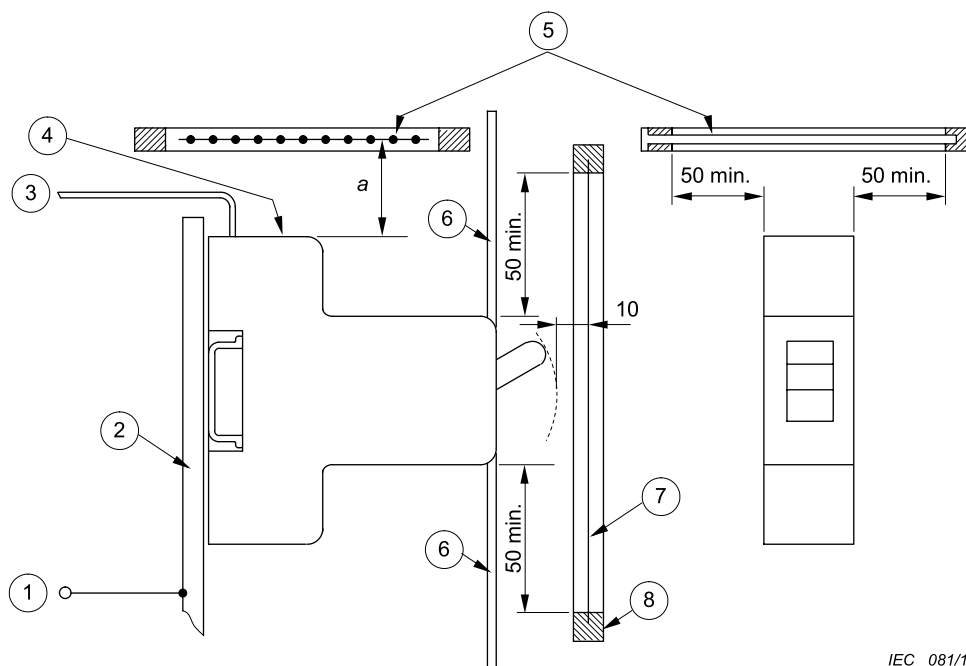
Lorsqu'elles sont spécifiées, une ou des grilles conformes à la Figure C.2 sont placées à une distance "a" mm de chaque orifice d'échappement de l'appareil.

Le circuit de grille (voir la Figure C.3) doit être connecté aux points B et C.

Les paramètres du circuit de grille sont les suivants:

Résistance R': 1,5 Ω

Fil de cuivre F': longueur 50 mm et diamètre selon 9.11.2.2 f)1).



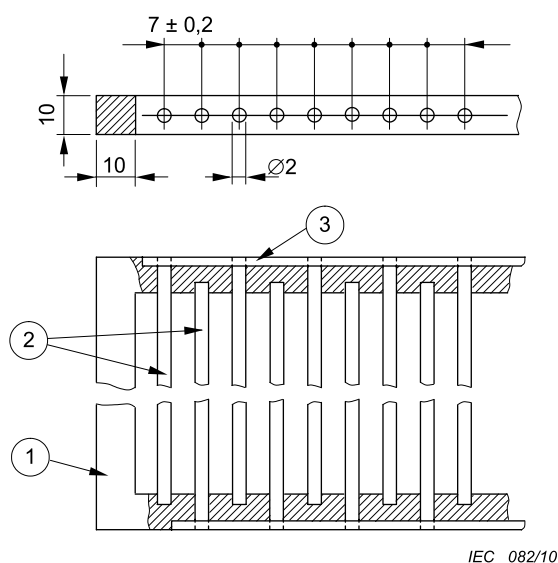
IEC 081/10

Dimensions en millimètres

Légende

- 1 Vers le fusible F
- 2 Plaque métallique
- 3 Câble
- 4 Orifice d'échappement
- 5 Grille
- 6 Barrière
- 7 Feuille de polyéthylène
- 8 Châssis

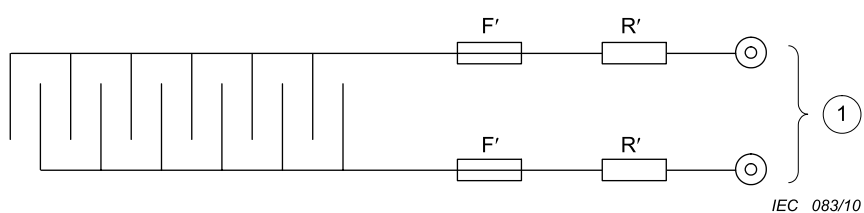
Figure C.1 – Condition d'essai



Légende

- 1 Châssis en matériau isolant
- 2 Fils de cuivre
- 3 Raccordement métallique des fils de cuivre

Figure C.2 – Grille



Légende

- 1 Raccordés aux points B et C

Figure C.3 – Circuit de grille

Annexe D

(normative)

Exigences et essais supplémentaires pour les DPDA conçus pour être assemblés sur site avec un dispositif de protection principal (disjoncteur, ID ou DD) selon la classification mentionnée en 4.1.3

D.1 Généralités

Le corps du texte de la présente norme s'applique en tous points aux dispositifs concernés par cette annexe, sauf spécification contraire.

D.2 Domaine d'application

La présente annexe s'applique aux DPDA comprenant un module pour la détection d'arcs (module PDA), qui peut inclure également une protection contre le courant différentiel, conçus pour être assemblés mécaniquement sur site, conformément aux instructions du constructeur, à un ou plusieurs dispositif(s) de protection déclaré(s), qui peut être un disjoncteur, conformément à l'IEC 60898-1, ou un DDR conformément à l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou l'IEC 62423.

Le constructeur doit déclarer quels types de modules PDA et de dispositifs de protection sont compatibles.

D.3 Termes et définitions

Vide

D.4 Marquage et autres informations sur le produit

D.4.1 Nom du constructeur ou marque de fabrique

D'après l'Article 6, point a) de la présente norme, le disjoncteur et/ou le DDR et le module PDA à assembler doivent porter le même nom de constructeur ou la même marque de fabrique.

D.4.2 Marquage

D.4.2.1 Marquage du disjoncteur ou DDR

Le marquage du disjoncteur doit être conforme à l'IEC 60898-1.

Le marquage du DDR doit être conforme à l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou l'IEC 62423, selon le cas.

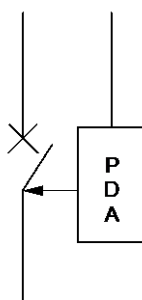
D.4.2.2 Marquage du module PDA

Le module PDA doit comporter le marquage suivant, d'après l'Article 6 du Tableau 5 de la présente norme:

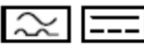
a), b), c), d) et g)

De plus, le module PDA doit comporter le marquage suivant:

- le courant assigné maximal du disjoncteur ou du DDR avec lequel elle peut être assemblée (par ex. 16 A max.)
- le symbole (PDA peut également être indiqué du côté gauche du disjoncteur)



Pour les modules PDA comprenant aussi une protection contre le courant différentiel, les éléments suivants doivent être marqués avec ce qui suit:

- courant différentiel de fonctionnement assigné (visible lorsque le dispositif est installé);
- symbole (S dans un carré) pour les appareils de type S (visible lorsque le dispositif est installé);
- indication que l'ID est fonctionnellement dépendant de la ligne d'alimentation, s'il y a lieu (à l'étude);
- organe de manœuvre du dispositif d'essai, repéré par la lettre T (visible lorsque le dispositif est installé);
- schéma de raccordement;
- caractéristiques de fonctionnement en cas de courants différentiels avec des composantes continues (visibles lorsque le dispositif est installé);
- ID de type AC avec le symbole  IEC 60417-6148 (2012-01);
- ID de type A avec le symbole  IEC 60417-6149 (2012-01);
- ID de type B avec le symbole  IEC 60417-6149 (2012-01) et IEC 60417-5031 (2002-10).

Il est recommandé que les références des disjoncteurs et/ou DDR auxquels le module PDA peut être assemblé soient marquées.

D.4.2.3 Marquage du disjoncteur, du DDR et du module PDA (DPDA) assemblés

Le marquage suivant, qui figure sur le module PDA, spécifié en D.3.2.2, ne doit pas être visible après assemblage:

- c);
- courant assigné maximal du disjoncteur avec lequel le module PDA peut être assemblée.

Le marquage h) du module PDA, selon le cas, doit rester visible après assemblage.

D.4.3 Instructions pour l'assemblage et le fonctionnement

Le constructeur doit fournir des instructions adéquates avec le module PDA. Ces instructions doivent concerner au moins ce qui suit:

- le(s) type(s) et numéro(s) de catalogue(s) qui indiquent notamment le courant et la tension assignés, le nombre de pôles du/des disjoncteur(s) ou DDR avec le(s)quel(s) le module PDA est destiné à être assemblée;

NOTE Le nombre de voies du disjoncteur ou du DDR correspond au nombre de voies du module PDA. Une borne de neutre ou connexion peut remplacer le pôle du neutre d'un disjoncteur ou DDR.

- facteur de déclassement, le cas échéant;
- méthode d'assemblage;
- besoin de vérifier le fonctionnement après assemblage afin de s'assurer du bon fonctionnement mécanique.

D.5 Exigences constructives

D.5.1 Généralités

La conception doit être telle qu'il soit possible d'assembler le DPDA sur site.

La conception peut être telle que le dispositif puisse être désassemblé sur site selon les instructions du fabricant.

Pour les dispositifs déclarés comme incompatibles avec un désassemblage, ce dernier doit engendrer des dommages visibles permanents.

La conformité est vérifiée conformément à D.6.4.

D.5.2 Degré de protection

D.5.2.1 Généralités

Le degré de protection du module PDA ne doit pas être inférieur à celui du disjoncteur ou du DDR auquel elle doit être assemblée.

D.5.2.2 Exigences mécaniques

Le disjoncteur ou le DDR et le module PDA doivent immédiatement s'emboîter correctement et la conception doit permettre d'éviter un assemblage incorrect.

Aucune partie desserrée ne doit être présente pour le couplage des mécanismes de déclenchement.

Les dispositifs de fixation pour l'assemblage doivent être captifs.

Les couvre-bornes, le cas échéant, ne sont pas concernés par cette exigence.

D.5.3 Compatibilité électrique

Il ne doit pas être possible d'utiliser un disjoncteur ou un DDR d'une tension assignée donnée avec un module PDA d'une tension assignée inférieure.

NOTE Une combinaison incorrecte peut être exclue par conception mécanique ou électrique.

Il ne doit pas être possible d'assembler un disjoncteur ou un DDR, avec un courant assigné donné, à un module PDA avec un marquage de courant maximal inférieur (voir en D.4.2.2).

Les bornes du module PDA doivent pouvoir être raccordées à l'ensemble des sections nominales des conducteurs, spécifiées dans le Tableau 7 de l'IEC 60898-1:2002 pour les courants assignés des disjoncteurs ou dans le Tableau 8 de l'IEC 61008-1:2008 pour les dispositifs auxquels elles sont conçues pour être assemblées.

Les interconnexions électriques entre le module PDA et le disjoncteur ou le DDR, auquel elle doit être assemblée, doivent faire partie du module PDA.

Il ne doit pas être possible d'assembler à un module PDA un disjoncteur ou un RDD avec un pouvoir de court-circuit assigné donné susceptible de ne pas nuire au fonctionnement en court-circuit.

La conformité est vérifiée par inspection et par un essai manuel.

D.6 Essais de type et vérifications

D.6.1 Essais sur les disjoncteurs et les DDR

Les disjoncteurs prévus pour être assemblés au module PDA doivent satisfaire aux essais de type de l'IEC 60898-1.

Les DDR prévus pour être assemblés au module PDA doivent satisfaire aux essais de type de l'IEC 61008-1, de l'IEC 61009-1 ou de l'IEC 62423, selon le cas.

D.6.2 Essais sur les modules PDA

Les modules PDA doivent satisfaire aux essais de type suivants, spécifiés dans le Tableau 10 de 9.1.2 de la présente norme: essais en 9.3, 9.4, 9.5, 9.13, 9.14 et 9.15.

D.6.3 Essais sur les DPDA assemblés

Les modules PDA dotées d'une protection contre le courant différentiel doivent dans un premier temps être soumises à essai conformément à l'IEC 61008-1, IEC 61009-1 ou à l'IEC 62423, selon le cas. Après avoir exécuté ces essais, les essais supplémentaires spécifiés dans le Tableau 10 de 9.1.2 de cette norme doivent être appliqués afin de démontrer la conformité à cette norme.

En ce qui concerne les modules PDA destinés à être assemblés à plusieurs dispositifs de protection ou les modules PDA dotés d'une protection contre le courant différentiel, la procédure d'essai doit être répétée pour chaque dispositif de protection déclaré par le constructeur ou les essais les plus stricts parmi toutes les normes applicables doivent être appliqués une seule fois, mais les critères d'acceptation combinent les critères d'acceptation de toutes les normes applicables.

Les essais de type spécifiés dans le Tableau 10 de 9.1.2 de cette norme s'appliquent aux DPDA concernés par cette annexe, sauf ce qui suit:

- 9.3, 9.5, 9.13 et 9.14 ne s'appliquent pas;
- 9.4: les essais doivent être exécutés au niveau des interconnexions entre le disjoncteur ou le DDR et le module PDA.

D.6.4 Vérification du marquage et des exigences de construction des DPDA

La conformité aux exigences mentionnées en D.4.1, D.4.2, D.4.3, D.5.1, D.5.2 et D.5.3 ~~et D.5.4~~ doit être vérifiée par inspection et essai manuel, selon le cas.

Pour les dispositifs déclarés compatibles avec un désassemblage, la conformité avec les exigences mentionnées en D.5.1 est vérifiée au moyen de l'essai suivant, à exécuter au début de la séquence d'essais D₀ du Tableau ~~A.4~~ A.3.

Le nombre d'échantillons doit être conforme à la séquence d'essais D₀ + D₁ au Tableau A.4.

Le module PDA et les disjoncteurs ou DDR compatibles, tels que déclarés par le fabricant, doivent être assemblés et désassemblés 5 fois. Le module PDA et le disjoncteur ou les DDR compatibles sont ensuite réassemblés et utilisés pour l'essai de la séquence d'essais D₀. Après chaque assemblage, le fonctionnement correct de la combinaison doit être vérifié pour

les DDR en utilisant le bouton d'essai et pour les disjoncteurs avec la limite supérieure du courant de déclenchement instantané. Le DPDA doit se déclencher à chaque fois.

D.7 Essais individuels de série du module PDA

L'Annexe E s'applique, mais les essais doivent être exécutés sur les modules PDA en association avec un disjoncteur ou un DDR d'essai réglé sur les conditions les plus sévères.

Annexe E (normative)

Essais individuels de série

E.1 Généralités

Les essais spécifiés dans la présente norme sont destinés à déceler, dans la mesure où la sécurité est en cause, les changements inacceptables de matière ou de fabrication.

En général, des essais supplémentaires doivent être effectués pour s'assurer que chaque DPDA est conforme aux échantillons qui ont supporté les essais de la présente norme, selon l'expérience acquise par le constructeur.

E.2 Essai de déclenchement

Le DPDA est connecté à un dispositif d'essai d'arc par vibrations et à une charge réglable, tel qu'indiqué dans l'Annexe F, Figure F3.

La valeur de la résistance ayant été réglée sur le courant d'essai le plus faible mentionné dans les Tableaux 1 et 2 (2,5 A pour un DPDA avec une tension assignée de 230 V et 5 A pour un DPDA avec une tension assignée de 120 V), le DPDA doit se déclencher en moins d'1 s.

Autrement, il convient d'autoriser toute méthode de vérification pertinente du bon déclenchement.

E.3 Essai de rigidité diélectrique

Une tension de 1 500 V, dont la forme est pratiquement sinusoïdale, avec une fréquence de 50 Hz/60 Hz, est appliquée pendant 1 s comme suit:

- a) le DPDA étant en position d'ouverture, entre les bornes électriquement reliées ensemble, lorsque le DPDA est en position de fermeture;
- b) le DPDA étant en position d'ouverture, entre toutes les bornes d'entrée des pôles à tour de rôle ou entre toutes les bornes de sortie des pôles à tour de rôle, en fonction de la position des composants électroniques.

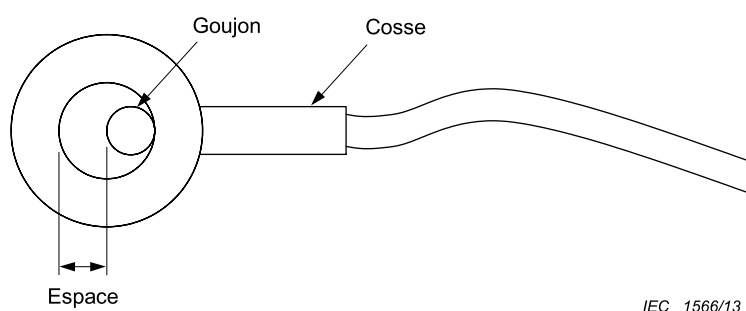
Il ne doit se produire ni contournement, ni perforation.

Annexe F (informative)

Description de l'essai d'arc par vibrations de 9.10.2

Installer deux goujons en cuivre sur deux surfaces conductrices fixées sur une table vibrante non conductrice.

Préparer un cavalier de fil en cuivre en utilisant un fil souple de 300 mm (12 in) de long et 10 mm² (AWG 8) terminé aux deux extrémités par des cosse en cuivre pour obtenir un espace d'environ 0,3 mm à 0,6 mm, tel que représenté sur les Figures F.1 et F.2.



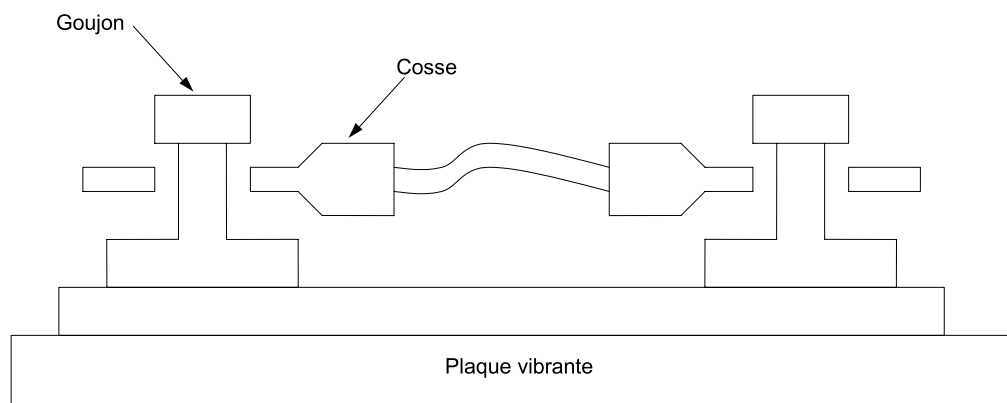
IEC 1566/13

Figure F.1 – Mesure d'écart

Former une boucle avec le cavalier de fil, du goujon jusqu'à la borne, tel que représenté sur la Figure F.2, afin d'obtenir une connexion en série d'une extrémité de la fixation à l'autre. Serrer un écrou de blocage sur les goujons uniquement jusqu'à ce que le mécanisme de verrouillage de l'écrou s'engage complètement (cet écrou est seulement utilisé pour s'assurer que la borne du fil ne vibre pas au point de sortir du goujon).

La hauteur entre l'écrou et la base du goujon est d'environ 3 mm. Ne pas serrer plus.

La borne du fil doit rester libre de vibrer tout en assurant un contact intermittent avec le goujon et l'écrou de blocage.



IEC 1567/13

Figure F.2 – Table d'essai d'arc par vibrations avec bornes desserrées

La fréquence de la plaque vibrante est comprise entre 30 Hz et 60 Hz.

La borne de phase du DPDA est connectée au fil à l'aide de goujons et de cosse jusqu'à la table d'essai d'arc par vibrations, tel que représenté sur la Figure F.3.

Avant les essais, le courant est ajusté à la moitié de la valeur du courant assigné avec S1. S1 est ensuite laissé ouvert. La production d'arc électrique déclenche le DPDA pendant l'essai.

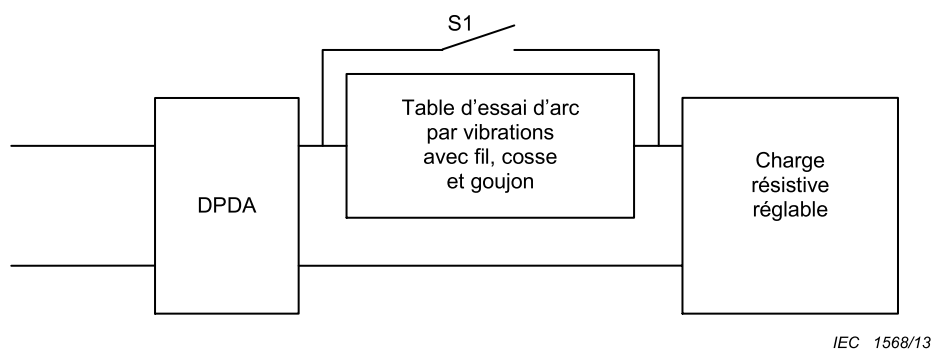


Figure F.3 – DPDA connecté à la table d'essai d'arc par vibrations pendant l'essai

Annexe IA (informative)

Méthodes de détermination du facteur de puissance d'un court-circuit

IA.1 Généralités

Il n'existe pas de méthode uniforme pouvant déterminer avec précision le facteur de puissance d'un court-circuit. Deux exemples de méthodes acceptables sont donnés dans la présente annexe.

Méthode I – Détermination d'après les composantes apériodiques

L'angle ϕ peut être déterminé d'après la courbe de la composante apériodique de l'onde du courant asymétrique entre l'instant du court-circuit et l'instant de la séparation des contacts comme suit:

IA.1 Formule de la composante continue

La formule de la composante continue est:

$$i_d = i_{do} \cdot e^{-Rt/L}$$

où

i_d est la valeur des composantes apériodiques à l'instant t ;

i_{do} est la valeur de la composante apériodique à l'instant choisi pour origine des temps;

L/R est la constante du temps du circuit, en secondes;

t est le temps, en secondes, compté à partir de l'instant initial;

e est la base des logarithmes népériens.

La constante de temps L/R peut être déterminée d'après la formule ci-dessus comme suit:

- mesure de la valeur de i_{do} à l'instant du court-circuit et la valeur de i_d à un autre instant t , avant la séparation des contacts;
- calcul de la valeur de $e^{-Rt/L}$ en divisant i_d par i_{do} ;
- d'après un tableau des valeurs de e^{-x} , détermination de la valeur de $-x$ correspondant au rapport de i_d/i_{do} ;
- la valeur x représente alors Rt/L , d'où L/R est obtenue.

IA.2 Déterminer l'angle

Déterminer l'angle à partir de:

$$\phi = \arctan \omega L/R$$

où ω est 2π fois la fréquence réelle.

Il convient de ne pas utiliser cette méthode lorsque les courants sont mesurés à l'aide des transformateurs de courant.

Méthode II – Détermination avec un générateur pilote

Lorsqu'il est fait usage d'un générateur pilote monté sur l'arbre du générateur d'essai, la tension du générateur pilote sur l'oscillogramme peut être comparée du point de vue de

l'angle de phase d'abord à celle du générateur d'essai et ensuite au courant du générateur d'essai.

La différence d'angle de phase entre la tension du générateur pilote et celle du générateur principal d'une part, et entre la tension du générateur pilote et le courant du générateur d'essai d'autre part, donne l'angle de phase entre la tension et le courant du générateur d'essai, à partir duquel on peut déterminer le facteur de puissance.

Annexe IB (informative)

Exemples de conceptions de bornes

Quelques exemples de réalisations de bornes sont donnés dans cette annexe (voir les Figures IB.1 à IB.4).

Le logement du conducteur doit avoir un diamètre suffisant pour recevoir les conducteurs rigides à âme massive, une section suffisante pour recevoir des conducteurs rigides à âme câblée (voir le Tableau 11 en 9.2).

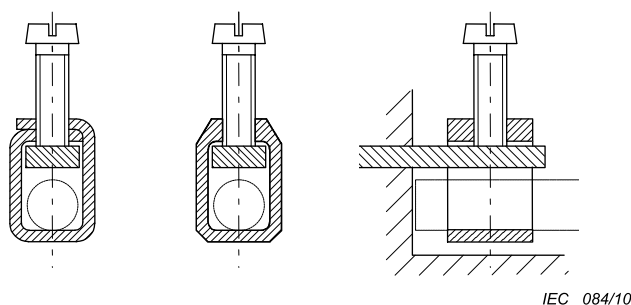


Figure IB.1a – Bornes avec étrier

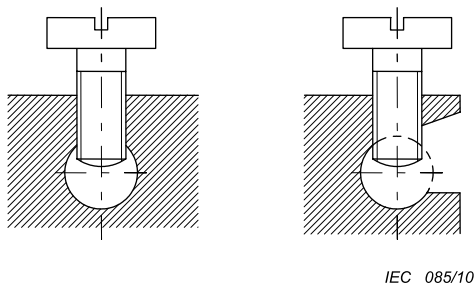


Figure IB.1b – Bornes sans plaque

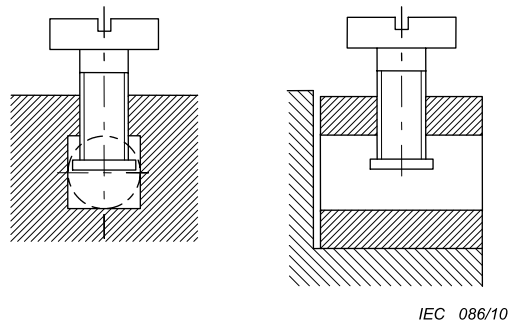


Figure IB.1c – Bornes avec plaque

La partie de la borne portant le trou taraudé et la partie de la borne contre laquelle le conducteur est serré par la vis peuvent être deux parties distinctes, comme dans le cas d'une borne à étrier.

Figure IB.1 – Exemples de bornes à trou

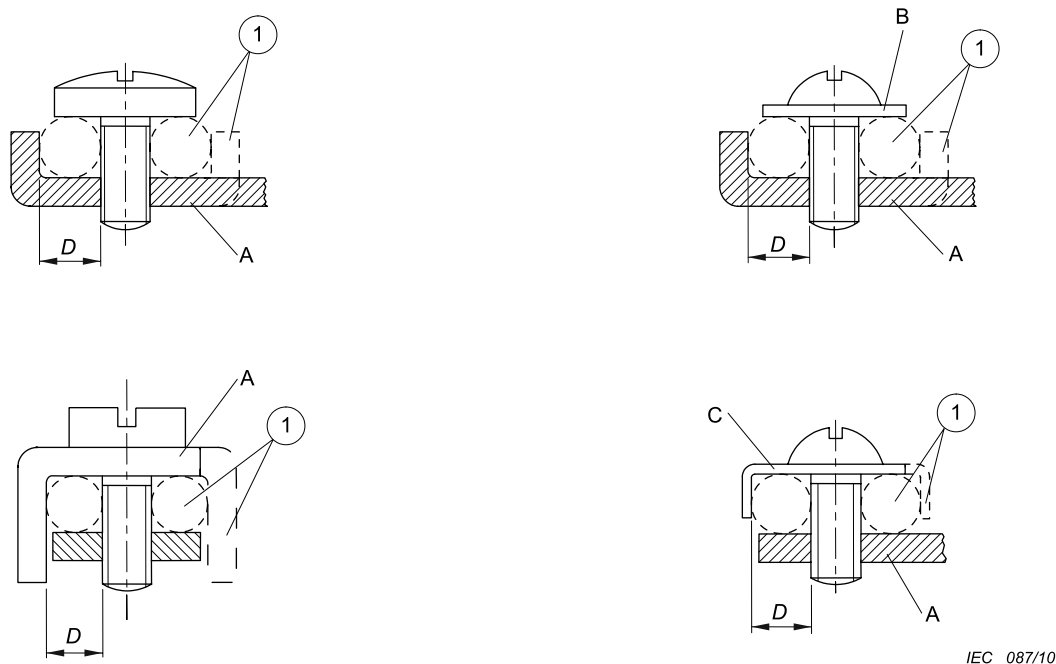


Figure IB.2a – Bornes à vis

Vis ne nécessitant pas de rondelle ou plaquette

Vis nécessitant une rondelle, plaquette ou dispositif empêchant le conducteur ou ses brins de s'échapper



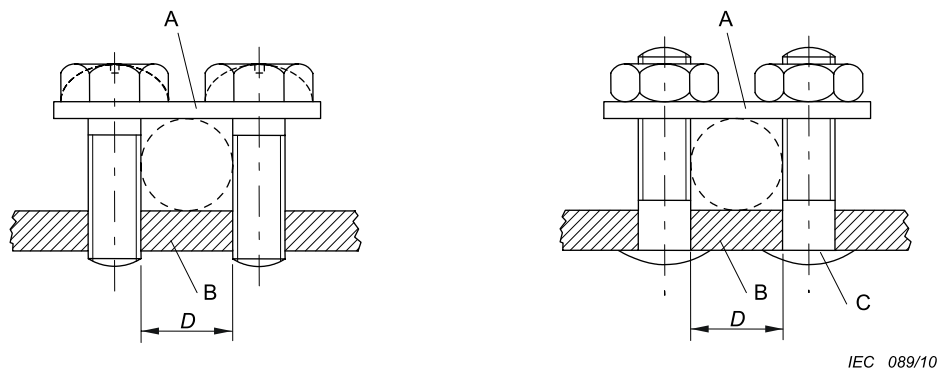
Figure IB.2b – Bornes à goujon fileté

Légende

- 1 Facultatif
- A Partie fixe
- B Rondelle ou plaquette
- C Dispositif empêchant le conducteur de s'échapper
- D Logement du conducteur
- E Goujon

La partie maintenant le conducteur en place peut être en matière isolante à condition que la pression nécessaire au serrage du conducteur ne se transmette pas par l'intermédiaire de ladite matière.

Figure IB.2 – Exemples de bornes à serrage sous tête de vis et bornes à goujon fileté



IEC 089/10

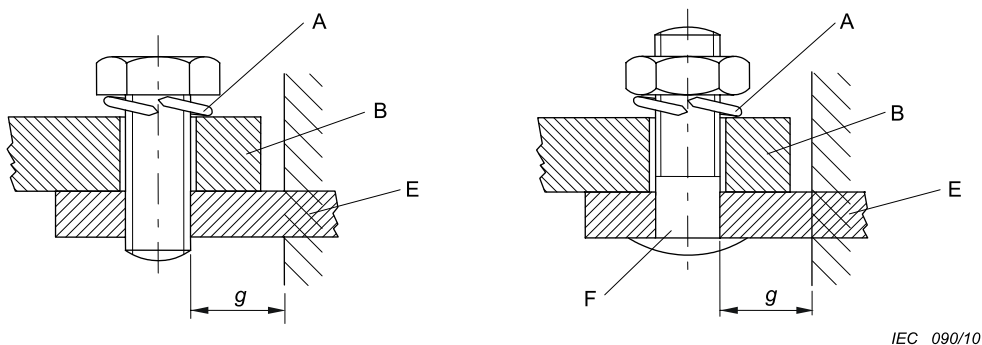
Légende

- A Plaquette
- B Partie fixe
- C Goujon
- D Logement du conducteur

Les deux faces de la plaquette peuvent être de forme différente pour loger soit des âmes de petite section soit des âmes de forte section, par retournement de la plaquette.

Les bornes peuvent avoir plus de deux vis ou goujons de serrage.

Figure IB.3 – Exemples de bornes à plaquette



IEC 090/10

Légende

- A Dispositif de blocage
- B Cosse ou barrette
- E Partie fixe
- F Goujon

Pour ce type de borne, une rondelle élastique ou un dispositif de blocage aussi efficace doit être prévu et la surface de la zone de serrage doit être lisse.

Pour certains types de matériel, l'emploi de bornes pour cosses et barrettes de numéros plus faibles que celui prescrit est admis.

Figure IB.4 – Exemples de bornes pour cosses

Annexe IC
(informative)

Correspondance entre les conducteurs de cuivre ISO et AWG

Dimension ISO mm ²	AWG	
	Taille	Section mm ²
1,0	18	0,82
1,5	16	1,3
2,5	14	2,1
4,0	12	3,3
6,0	10	5,3
10,0	8	8,4
16,0	6	13,3
25,0	3	26,7
35,0	2	33,6
50,0	0	53,5

En général les tailles ISO s'appliquent.

Sur demande du constructeur, les tailles AWG peuvent être utilisées.

Annexe ID (informative)

Programme d'essais de suivi pour les DPDA

ID.1 Généralités

Dans le but de garantir le maintien du niveau de qualité des produits, des procédures d'inspection de suivi du procédé de fabrication devront être mises en place par les constructeurs.

Cette annexe donne un exemple de procédure de suivi applicable pour la fabrication des DPDA.

Elle peut être utilisée comme guide par les constructeurs pour adapter leurs procédures spécifiques et leur organisation dans le but de maintenir le niveau de qualité de leur production.

En particulier, toutes dispositions de suivi des approvisionnements et de la fabrication peuvent être prises pour garantir la qualité des produits manufacturés dont dépend la sûreté de fonctionnement du dispositif à courant différentiel résiduel.

ID.2 Programme d'essais de suivi

Le programme d'essais de suivi comprend deux séries d'essais.

ID.2.1 Programme d'essais de suivi trimestriels

Voir le Tableau ID.1, séquence d'essais Q.

ID.2.2 Programme d'essais de suivi annuels

Voir le Tableau ID.1, séquences d'essais Y1 à Y3.

Les essais de suivi annuels peuvent être combinés avec les essais de suivi trimestriels.

Tableau ID.1 – Séquences d'essais pendant les inspections de suivi

Séquence d'essais	Article ou paragraphe	Essai	Commentaires
Q	9.9.2.2	Caractéristiques de fonctionnement du détecteur d'arc	Effectuée également entre chaque pôle tour à tour – Le DPDA est alimenté comme en usage normal, – Ensuite, le DPDA est fermé manuellement. L'équipement doit déclencher quand le bouton est pressé.
	9.9.2.4	Caractéristiques de fonctionnement du détecteur d'arc	
	9.7.6	Résistance de l'isolation aux ondes de surtension Vérification du bon fonctionnement du bouton de test le cas échéant	
Y1	9.9.2.5	Essai aux températures limites	
	9.7	Essai des propriétés diélectriques	
	9.10	Endurance mécanique et électrique	
Y2	9.19.1	Fiabilité (essai climatique)	
Y3	9.20	Vérification du vieillissement des composants électroniques	

ID.2.3 Mode de prélèvement

ID.2.3.1 Programme d'essais trimestriels

Pour le programme d'essais trimestriels, les niveaux d'inspection suivants sont appliqués:

- inspection normale;
- inspection renforcée.

Une inspection normale sera utilisée pour la première inspection de suivi.

Pour les inspections successives, on appliquera des inspections normales et renforcées, ou la production sera arrêtée en fonction des résultats des essais en cours.

Les critères suivants pour le passage d'un niveau d'inspection à l'autre doivent être appliqués:

- Maintien au niveau normal

Lorsque l'inspection normale est en vigueur, le niveau normal est maintenu si les six échantillons réussissent la séquence d'essais (voir le Tableau ID.2, séquence Q). Si cinq échantillons réussissent la séquence d'essais, l'inspection suivante est faite un mois après la précédente avec le même nombre d'échantillons et la même séquence d'essais.

- Passage du niveau normal au niveau renforcé

Lorsque l'inspection normale est en vigueur, l'inspection renforcée doit être appliquée lorsque quatre échantillons seulement réussissent la séquence d'essais.

- Passage du niveau normal à l'arrêt de la production

Lorsque l'inspection normale est en vigueur et que moins de quatre échantillons réussissent la séquence d'essais, la production doit être arrêtée en attendant une action d'amélioration de la qualité.

- Passage du niveau renforcé au niveau normal

Lorsque l'inspection renforcée est en vigueur, l'inspection normale doit être appliquée lorsque 12 échantillons au moins réussissent la séquence d'essais (voir le Tableau ID.2).

– Maintien au niveau renforcé

Au niveau renforcé, 10 ou 11 échantillons seulement réussissent la séquence d'essais, le niveau renforcé est maintenu et l'inspection suivante est faite un mois après la précédente avec le même nombre d'échantillons et la même séquence d'essais.

– Passage du niveau renforcé à l'arrêt de la production

Dans le cas où quatre inspections consécutives restent au niveau renforcé, ou lorsque moins de 10 échantillons réussissent la séquence d'essais lors d'une inspection, la production doit être arrêtée en attendant une action d'amélioration de la qualité.

– Redémarrage de la production

La production peut redémarrer après une action corrective appropriée et confirmée. Le redémarrage de la production doit être fait avec les conditions d'inspection renforcée.

ID.2.3.2 Programme d'essais annuels

Pour le programme d'essais annuels, les niveaux d'inspection suivants sont appliqués:

- inspection normale;
- inspection renforcée.

Une inspection normale sera utilisée pour la première inspection de suivi.

Pour les inspections successives, on appliquera des inspections normales ou renforcées en fonction des résultats des essais en cours.

Les critères suivants pour le passage d'un niveau d'inspection à l'autre doivent être appliqués:

– Maintien au niveau normal

Lorsque l'inspection normale est en vigueur, le niveau normal est maintenu si tous les échantillons réussissent la séquence d'essais. Si deux échantillons réussissent la séquence d'essais Y1, qu'aucun défaut n'apparaît pendant les séquences d'essais Y2 et Y3, l'inspection suivante est faite seulement trois mois après la précédente avec le même nombre d'échantillons et la même séquence d'essais.

– Passage du niveau normal au niveau renforcé

Lorsque l'inspection normale est en vigueur, l'inspection renforcée doit être appliquée lorsque:

- soit seulement un échantillon réussit la séquence Y1;
- soit un défaut survient pendant l'une quelconque des séquences d'essais Y2 ou Y3.

L'inspection suivante doit être effectuée dans les trois mois, au niveau renforcé pour les séquences en défaut et au niveau normal pour les autres séquences d'essais.

– Passage du niveau normal à l'arrêt de la production

Lorsque l'inspection normale est en vigueur et qu'aucun échantillon ne réussit la séquence d'essais Y1, ou que plus d'un défaut survient pendant les séquences d'essais Y2 ou Y3, la production doit être arrêtée en attendant une action d'amélioration de la qualité.

– Passage du niveau renforcé au niveau normal

Lorsque l'inspection renforcée est en vigueur, l'inspection normale doit être appliquée lorsque:

- au moins cinq échantillons réussissent la séquence d'essais Y1; et
- aucun défaut ne survient pendant les séquences d'essais Y2 ou Y3.

– Maintien au niveau renforcé

Au niveau renforcé, seulement quatre échantillons réussissent la séquence d'essais Y1 et qu'aucun défaut ne survient pendant les séquences d'essais Y2 ou Y3, le niveau renforcé est maintenu et l'inspection suivante est faite trois mois après la précédente avec le même nombre d'échantillons et les mêmes séquences d'essais.

- Passage du niveau renforcé à l'arrêt de la production

Dans le cas où quatre inspections consécutives restent au niveau renforcé ou lorsque lors d'une inspection annuelle l'une des situations suivantes se présente:

- soit moins de quatre échantillons réussissent la séquence d'essais Y1;
- soit plus d'un défaut survient pendant les séquences d'essais Y2 ou Y3;

la production doit être arrêtée en attendant une action d'amélioration de la qualité.

- Redémarrage de la production

La production peut redémarrer après une action corrective appropriée et confirmée. Le redémarrage de la production doit être fait avec les conditions d'inspection renforcée.

ID.2.4 Nombre d'échantillons à mettre à l'essai

Le nombre d'échantillons pour les différents niveaux d'inspection est donné dans le Tableau ID.2.

Tableau ID.2 – Nombre d'échantillons à mettre à l'essai

Séquence d'inspection	Nombre d'échantillons pour l'inspection normale	Nombre d'échantillons pour l'inspection renforcée
Q	6	13
Y1, Y2, Y3	3 pour chaque séquence	6 pour chaque séquence

Parmi chaque série de DPDA de la même conception de base un lot d'échantillons seulement est nécessaire pour les essais quelles que soient les caractéristiques assignées.

Pour les besoins du programme d'essai de suivi, les DPDA sont considérés comme étant de la même conception de base, s'ils appartiennent à la même classification, selon 4.1 et

- les organes de fonctionnement sous courant d'arc ont des mécanismes de déclenchement et des relais ou solénoïdes identiques excepté pour:
 - le nombre de tours et la section des enroulements;
 - la taille et le matériau du noyau du transformateur différentiel;
 - le courant différentiel résiduel assigné; et
- la partie électronique, s'il y a lieu, est de la même conception et utilise les mêmes composants à l'exception des variations permettant d'obtenir les valeurs de déclenchement au courant d'arc.

Annexe IE (informative)

DPCC pour les essais de court-circuit

IE.1 Introduction

Des essais de court-circuit doivent être effectués dans le but de vérifier les valeurs minimales de I^2t et I_p indiquées dans le Tableau 18 de 9.11.2.1 que doit supporter le DPDA. Les essais de court-circuit doivent être exécutés avec le dispositif de protection déclaré ou un fil d'argent utilisant l'appareil d'essai indiqué sur la Figure IE.1 ou avec n'importe quel autre moyen produisant les valeurs I^2t et I_p requises.

IE.2 Fils d'argent

Dans le but de vérifier les valeurs minimales de I^2t et I_p que doit supporter le DPDA afin d'obtenir des résultats d'essais reproductibles, le DPCC, s'il y a lieu, peut être un fil d'argent utilisant l'appareil d'essai indiqué sur la Figure IE.1.

Pour des fils d'argent purs à 99,9 % au moins, le Tableau IE.1 donne une indication des diamètres en fonction du courant assigné I_n et des courants conditionnels de court-circuit I_{nc} .

Tableau IE.1 – Indication des diamètres du fil d'argent en fonction des courants assignés et des courants de court-circuit

I_{nc}	I_n A					
	≤ 16	≤ 20	≤ 25	≤ 32	≤ 40	≤ 63
	Diamètre du fil d'argent ^a mm					
500	0,30	0,35	0,35	0,35		
1 000	0,30	0,35	0,40	0,50		
1 500	0,35	0,40	0,45	0,50	0,65	0,85
3 000	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,80
4 500	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,80
6 000	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,75
10 000	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,70

^a Les valeurs des diamètres du fil d'argent sont essentiellement fondées sur des considérations de courant de crête (I_p) (voir le Tableau 18).

Le fil d'argent doit être inséré dans la position appropriée de l'appareil d'essai indiqué sur la Figure IE.1, horizontalement et tendu. Le fil d'argent doit être remplacé après chaque essai.

IE.3 Dispositifs de protection déclarés

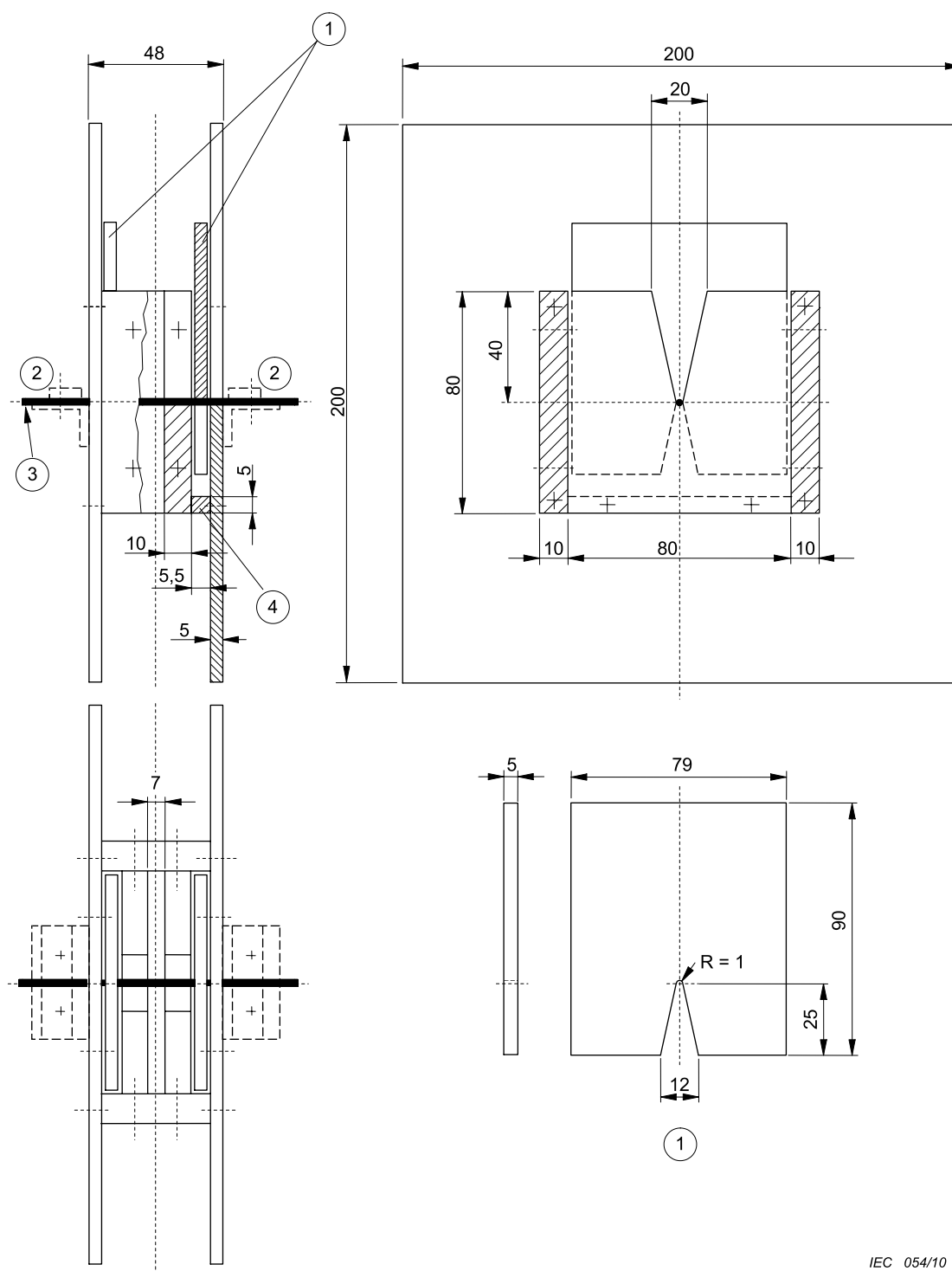
Dans le but de vérifier les valeurs minimales de I^2t et I_p que doit supporter le DPDA afin d'obtenir des résultats d'essais reproductibles, le DPCC, s'il y a lieu, peut être le dispositif de protection déclaré.

Les caractéristiques assignées du dispositif de protection déclaré ne doivent pas être inférieures aux caractéristiques assignées du DPDA. Les caractéristiques assignées supérieures des dispositifs de protection déclarés peuvent être utilisées pour obtenir les valeurs I^2t et I_p du Tableau 18.

NOTE En ce qui concerne les fusibles, des valeurs intermédiaires peuvent être obtenues en ajoutant des fusibles en parallèle.

IE.4 Autres moyens

D'autres moyens peuvent être utilisés si les valeurs du Tableau 18 sont respectées.



IEC 054/10

Légende

- 1 Plaque coulissante
- 2 Borne
- 3 Fil d'argent
- 4 Butoir pour plaque coulissante

Figure IE-1 – Appareil d'essai pour la vérification des valeurs minimales I^2t et I_p que le DPDA doit supporter

Annexe J (normative)

Prescriptions particulières pour les DPDA avec bornes sans vis pour conducteurs externes en cuivre

J.1 Domaine d'application

Cette annexe s'applique aux DPDA compris dans le domaine d'application de l'Article 1, munis de bornes sans vis, pour des courants ne dépassant pas 20 A, essentiellement adaptés au raccordement de conducteurs en cuivre non préparés (voir J.3.6) de section inférieure ou égale à 4 mm².

NOTE La limite supérieure de courant pour l'utilisation de bornes sans vis est de 16 A en AT, CZ, DE, DK, BE, NO et CH.

Dans cette annexe, les bornes sans vis sont appelées bornes et les conducteurs en cuivre sont appelés conducteurs.

J.2 Références normatives

L'Article 2 de la présente norme s'applique.

J.3 Termes et définitions

En complément de l'Article 3 de la présente norme, les définitions suivantes s'appliquent pour les besoins de la présente annexe.

J.3.1

organes de serrage

parties de la borne nécessaires pour le serrage mécanique et la connexion électrique du ou des conducteurs, y compris les parties qui sont nécessaires pour assurer une pression de contact correcte

J.3.2

borne sans vis

borne dont le raccordement et la déconnexion ultérieure sont obtenus directement ou indirectement au moyen de ressorts, de coins ou éléments similaires

Note 1 à l'article: Des exemples sont donnés à la Figure J 2.

J.3.3

borne universelle

borne pour le raccordement et la déconnexion de tous les types de conducteurs (rigides et souples)

Note 1 à l'article: Dans les pays suivants, seules les bornes sans vis du type universel sont acceptées: AT, BE, CN, DK, DE, ES, FR, IT, PT, SE et CH.

J.3.4

borne non universelle

borne pour le raccordement et la déconnexion de certains types de conducteurs seulement

EXEMPLE Conducteurs massifs seulement ou conducteurs rigides seulement (massifs ou câblés).

J.3.5

borne pousse-fil

borne non universelle dans laquelle la connexion est réalisée en introduisant un conducteur rigide (massif ou câblé)

J.3.6

conducteur non préparé

conducteur qui a été coupé et dont l'isolation a été retirée sur une certaine longueur pour son introduction dans une borne

Note 1 à l'article: Un conducteur dont la forme est adaptée pour l'introduction dans une borne ou dont les brins sont torsadés pour en consolider l'extrémité est considéré comme un conducteur non préparé.

Note 2 à l'article: Le terme "conducteur non préparé" signifie conducteur non préparé par étamage des fils du conducteur, utilisation de cosses, formation d'œillets, etc. mais inclut la remise en forme du conducteur avant son introduction dans la borne ou le torsadage d'un conducteur souple pour en consolider l'extrémité.

J.4 Classification

L'Article 4 de la présente norme s'applique.

J.5 Caractéristiques des DPDA

L'Article 5 de la présente norme s'applique.

J.6 Marquage

En addition à l'Article 6 de la présente norme, les prescriptions suivantes s'appliquent:

Bornes universelles:

- pas de marquage.

Bornes non universelles:

- les bornes prévues pour conducteurs massifs doivent être marquées par les lettres "sol";
- les bornes prévues pour conducteurs rigides (massifs ou câblés) doivent être marquées par la lettre "r";
- les bornes prévues pour conducteurs souples doivent être marquées par la lettre "f".

Il y a lieu que le marquage apparaisse sur le DPDA ou, si la place disponible est insuffisante, sur le plus petit emballage ou dans les informations techniques.

Un marquage approprié indiquant la longueur de l'isolation à retirer avant l'insertion du conducteur dans la borne doit figurer sur le disjoncteur.

Le constructeur doit aussi fournir dans sa documentation technique des informations sur le nombre maximal de conducteurs pouvant être serrés.

J.7 Conditions normales de fonctionnement en service

L'Article 7 de la présente norme s'applique.

J.8 Prescription de construction

J.8.1 Généralités

L'Article 8 de la présente norme s'applique avec les modifications suivantes:

En 8.2.5, seulement 8.5.1, 8.2.5.2, 8.2.5.3, 8.2.5.6 et 8.2.5.7 s'appliquent.

La vérification est effectuée par examen et par les essais de J.9.1 et J.9.2 de cette annexe au lieu de 9.4 et 9.5.

De plus, les prescriptions suivantes s'appliquent:

J.8.2 Connexion ou déconnexion des conducteurs

La connexion ou la déconnexion des conducteurs doit être effectuée

- par l'utilisation d'un outil d'usage courant ou par un dispositif approprié incorporé à la borne servant à l'ouvrir et à faciliter l'insertion ou le retrait des conducteurs (par exemple pour les bornes universelles);

ou, pour les conducteurs rigides

- par simple insertion. Pour la déconnexion des conducteurs, une manœuvre autre qu'une traction sur le conducteur doit être nécessaire (par exemple pour les bornes pousse-fil).

Les bornes universelles doivent pouvoir recevoir des conducteurs non préparés rigides (massifs ou câblés) et souples.

Les bornes non universelles doivent pouvoir recevoir les types de conducteurs déclarés par le fabricant.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais de J.9.1 et J.9.2.

J.8.3 Dimensions des conducteurs raccordables

Les dimensions des conducteurs raccordables sont données au Tableau J.1.

L'aptitude à raccorder ces conducteurs doit être vérifiée par examen et par les essais de J.9.1 et J.9.2.

Tableau J.1 – Conducteurs raccordables

Conducteurs raccordables et leur diamètre théorique									
Métriques					AWG				
Rigides			Souples		Rigides			Souples	
	Massifs	Câblés				Massifs ^a	Class B câblés ^a		Classes I, K, M, câblés ^b
mm ²	Ø mm	Ø mm	mm ²	Ø mm	gauge	Ø mm	Ø mm	gauge	Ø mm
1,0	1,2	1,4	1,0	1,5	18	1,02	1,16	18	1,28
1,5	1,5	1,7	1,5	1,8	16	1,29	1,46	16	1,60
2,5	1,9	2,2	2,5	2,3	14	1,63	1,84	14	2,08
4,0	2,4	2,7	4,0	2,9	12	2,05	2,32	12	2,70
NOTE Les diamètres des conducteurs souples et rigides les plus gros sont basés sur le Tableau 1 de la IEC 60228:2004 et, pour les conducteurs AWG, sur les publications ASTM B 172-71, ICEA S-19-81, S-66-524, S-68-516.									
^a Diamètre nominal + 5 %									
^b Diamètre le plus grand + 5 % pour l'une quelconque des classes I, K et M.									

J.8.4 Sections raccordables

Les sections nominales à serrer sont définies au Tableau J.2.

Tableau J.2 – Sections des conducteurs en cuivre raccordables aux bornes sans vis

Courant assigné A	Sections nominales à serrer mm ²
Jusqu'à 13 inclus	1 à 2,5 inclus
Au-dessus de 13 jusqu'à 20 inclus	1,5 à 4 inclus

La conformité est vérifiée par examen et par les essais de J.9.2 et J.9.3.

J.8.5 Introduction et déconnexion des conducteurs

L'introduction et la déconnexion des conducteurs doivent être effectuées suivant les instructions du fabricant

La conformité est vérifiée par examen.

J.8.6 Conception et construction des bornes

Les bornes doivent être conçues et construites de telle sorte que

- chaque conducteur soit serré individuellement;
- pendant la connexion et la déconnexion, les conducteurs puissent être connectés ou déconnectés soit en même temps soit séparément;
- la mauvaise introduction du conducteur soit évitée.

Il doit être possible de serrer efficacement n'importe quel nombre de conducteurs jusqu'au nombre maximal prévu.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais de J.9.2 et J.9.3.

J.8.7 Résistance au vieillissement

Les bornes doivent être résistantes au vieillissement.

La vérification est effectuée par l'essai de J.9.4.

J.9 Essais

J.9.1 Généralités

L'Article 9 de la présente norme s'applique, en remplaçant 9.4 et 9.5 par les essais suivants:

J.9.2 Essai de fiabilité des bornes sans vis

J.9.2.1 Fiabilité du système sans vis

L'essai est effectué sur trois bornes de pôles d'échantillons neufs avec des conducteurs en cuivre, de la section nominale en accord avec le Tableau J.2. Les types des conducteurs doivent être en accord avec J.8.2.

La connexion puis la déconnexion doivent être effectuées cinq fois avec le conducteur du plus petit diamètre et successivement cinq fois avec le conducteur du plus grand diamètre.

Des conducteurs neufs doivent être utilisés chaque fois, sauf pour la cinquième fois, où le conducteur utilisé pour la quatrième insertion est serré au même endroit. Avant l'insertion dans la borne, les brins des conducteurs rigides câblés doivent être remis en forme et les brins des conducteurs souples doivent être torsadés pour en consolider les extrémités.

Pour chaque insertion, les conducteurs sont soit poussés aussi profondément que possible dans la borne soit insérés de telle façon que le raccordement adéquat soit évident.

Après chaque insertion, le conducteur inséré est tourné de 90° autour de son axe au niveau de la section serrée puis déconnecté.

Après ces essais, la borne ne doit pas être endommagée à tel point que son utilisation ultérieure provoque une détérioration.

J.9.2.2 Essai de fiabilité du raccordement

Trois bornes de pôles d'échantillons neufs sont équipées de conducteurs de cuivre neufs du type et de la section assignée selon le Tableau J.2.

Les types des conducteurs doivent être en accord avec J.8.2.

Avant l'introduction dans la borne, les brins des conducteurs rigides câblés et des conducteurs souples doivent être remis en forme et les brins des conducteurs souples doivent être torsadés pour en consolider les extrémités.

Il doit être possible d'introduire le conducteur dans la borne sans effort excessif dans le cas des bornes universelles et avec l'effort nécessaire à la main dans le cas des bornes pousse-fil.

Le conducteur est soit enfoncé aussi profondément que possible dans la borne soit inséré de telle façon que le raccordement adéquat soit évident.

Après l'essai, aucun brin du conducteur ne doit s'être échappé de la borne.

J.9.3 Essais de sûreté des bornes pour conducteurs externes: résistance mécanique

Pour l'essai de traction, trois bornes de pôles d'échantillons neufs sont équipées de conducteurs neufs du type et des sections assignées minimales et maximales selon le Tableau J.2.

Avant l'introduction dans la borne, les brins des conducteurs rigides câblés et des conducteurs souples doivent être remis en forme et les brins des conducteurs souples doivent être torsadés pour en consolider les extrémités.

Chaque conducteur est alors soumis à une traction avec une force de la valeur indiquée au Tableau J.3. La traction est appliquée sans à-coups, pendant 1 min, dans la direction de l'axe du conducteur.

Tableau J.3 – Forces de traction

Section mm ²	Force de traction N
1,0	35
1,5	40
2,5	50
4,0	60

Pendant l'essai, le conducteur ne doit pas s'échapper de la borne.

J.9.4 Essai de cycle

L'essai est effectué avec des conducteurs neufs de cuivre ayant une section conforme à celle du Tableau 12

L'essai est effectué sur des échantillons neufs (un échantillon est un pôle) dont le nombre est défini ci-dessous en fonction du type de bornes:

- bornes universelles pour conducteurs rigides (massifs et câblés) et souples: 3 échantillons de chaque (6 échantillons);
- bornes non universelles pour conducteurs massifs seulement: 3 échantillons;
- bornes non universelles pour conducteurs rigides (massifs et câblés): 3 échantillons de chaque (6 échantillons);

NOTE Dans le cas de conducteurs rigides, des conducteurs massifs peuvent être utilisés (si, dans un pays donné, les conducteurs massifs ne sont pas disponibles, des conducteurs câblés peuvent être utilisés).

- bornes non universelles pour conducteurs souples seulement: 3 échantillons.

Un conducteur ayant la section définie au Tableau 12 est raccordé en série comme en usage normal à chacun des trois échantillons définis à la Figure J.1.

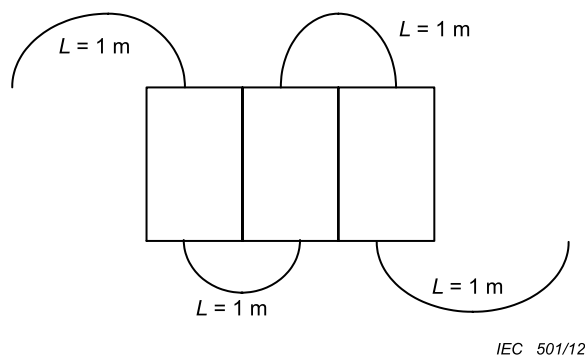


Figure J.1 – Échantillons à raccorder

L'échantillon est délivré avec un trou (ou équivalent) afin de mesurer la chute de tension dans la borne.

Tout le dispositif d'essai, y compris les conducteurs, est placé dans une étuve, dont la température initiale est de $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Pour éviter un déplacement quelconque du dispositif d'essai jusqu'à ce que tous les essais de chute de tension suivants aient été exécutés, il est recommandé de fixer les pôles sur un même support.

Un courant d'essai correspondant au courant assigné du disjoncteur est appliqué au circuit excepté pendant la période de refroidissement.

Les échantillons doivent alors être soumis à 192 cycles de température, chaque cycle ayant une durée approximative de 1 h, selon la procédure suivante:

La température de l'air dans l'enceinte est élevée à $40 ^\circ\text{C}$ en approximativement 20 min. Elle est maintenue à cette valeur $\pm 5 ^\circ\text{C}$ pendant approximativement 10 min.

Les échantillons sont alors laissés à refroidir en approximativement 20 min à une température d'environ $30 ^\circ\text{C}$, un refroidissement forcé étant admis. Ils sont maintenus à cette température pendant environ 10 min et, si cela est nécessaire pour la mesure de la chute de tension, il est permis de continuer à les refroidir à une température de $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

La chute de tension maximale mesurée sur chaque borne, à la fin du 192ème cycle avec le courant assigné ne doit pas être supérieure à la plus petite des deux valeurs suivantes:

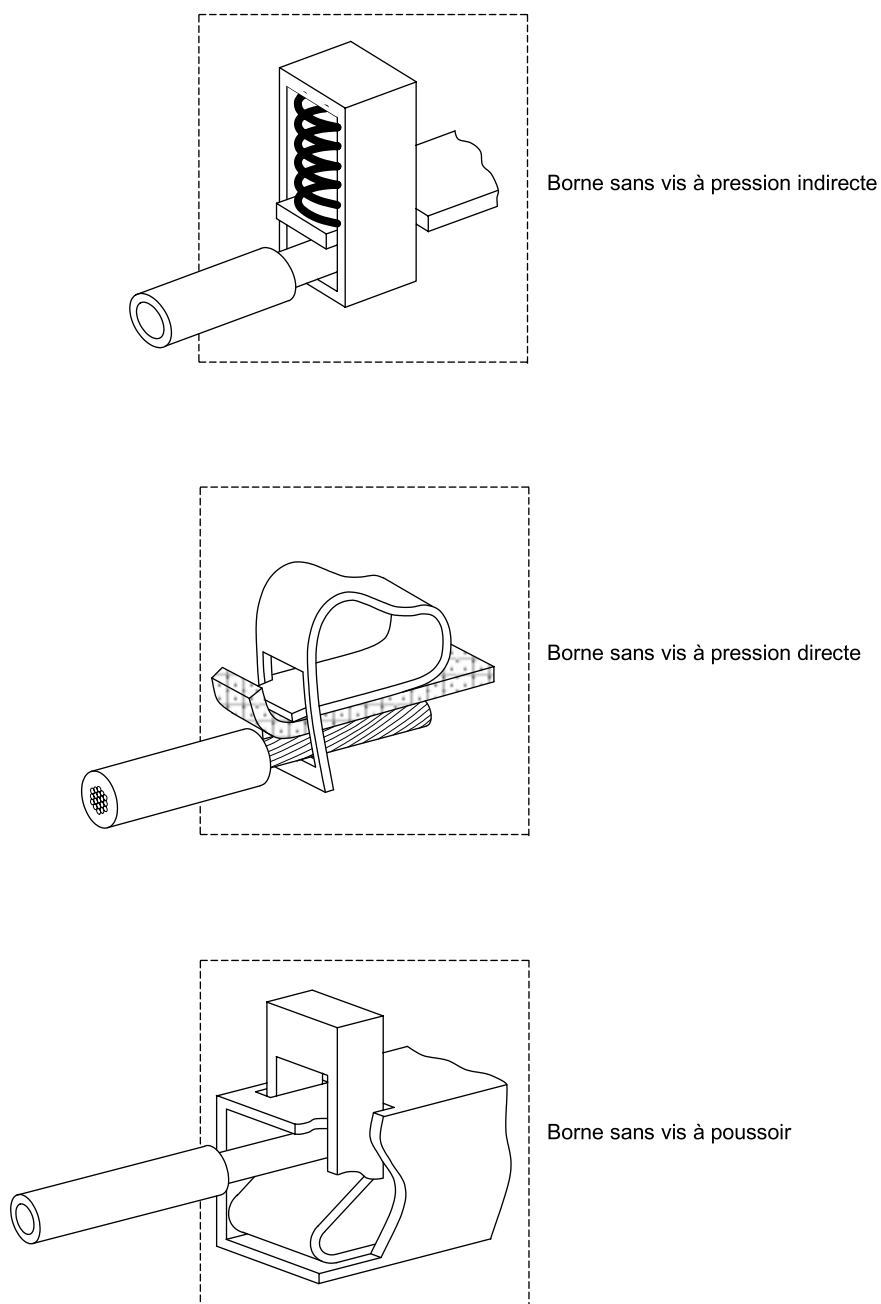
- soit 22,5 mV,
- soit 1,5 fois la valeur mesurée après le 24ème cycle.

Les mesures doivent être effectuées le plus près possible de la zone de contact sur la borne.

Si les points de mesure ne peuvent être positionnés tout près du point de contact, la chute de tension de la partie du conducteur entre le point de mesure idéal et le point de mesure réel doit être retranchée de la chute de tension mesurée.

La température dans l'enceinte thermique doit être mesurée à une distance d'au moins 50 mm des échantillons.

Après cet essai, un examen à l'œil nu, à vision normale ou corrigée, sans grossissement additionnel, ne doit pas déceler de changement évident compromettant un usage ultérieur, tels que craquelures, déformations ou phénomènes analogues.



IEC 502/12

Figure J.2 – Exemples de bornes sans vis

J.10 Documents de référence

IEC 60228:2004, *Ames des câbles isolés*

IEC 60998-1:2002, *Dispositifs de connexion pour circuits basse tension pour usage domestique et analogue – Partie 1: Règles générales*

IEC 60998-2-2:2002, *Dispositifs de connexion pour circuits basse tension pour usage domestique et analogue – Partie 2-2: Règles particulières pour dispositifs de connexion en tant que parties séparées avec organes de serrage sans vis*

IEC 60999 (toutes les parties), *Dispositifs de connexion – Conducteurs électriques en cuivre*
– *Prescriptions de sécurité pour organes de serrage à vis et sans vis*

Annexe K (normative)

Prescriptions particulières pour les DPDA avec bornes plates à connexion rapide

K.1 Domaine d'application

Cette annexe s'applique aux DPDA compris dans le domaine d'application de l'Article 1, équipés avec des bornes plates à connexion rapide constituées d'une languette (voir K.3.2) de largeur nominale 6,3 mm et d'épaisseur 0,8 mm, à utiliser avec un clip pour le raccordement électrique des conducteurs en cuivre selon les instructions du constructeur, pour des courants assignés inférieurs ou égaux à 16 A.

NOTE L'utilisation de DPDA avec bornes plates à connexion rapide pour des courants assignés jusqu'à 20 A inclus est acceptée en BE, FR, IT, ES, PT et US.

Les conducteurs en cuivre raccordables sont souples, de section inférieure ou égale à 4 mm², ou rigides câblés, de section inférieure ou égale à 2,5 mm² (AWG supérieur ou égal à 12).

Cette annexe s'applique exclusivement aux DPDA avec languettes intégrées.

K.2 Références normatives

En complément à l'Article 2 de la présente norme, la référence normative suivante s'applique:

IEC 61210, *Dispositifs de connexion – Bornes plates à connexion rapide pour conducteurs électriques en cuivre – Exigences de sécurité.*

K.3 Termes et définitions

En complément de l'Article 3 de la présente norme, les définitions suivantes s'appliquent pour les besoins de la présente annexe.

K.3.1

borne plate à connexion rapide

connexion électrique se composant d'une languette et d'un clip qui peut être inséré et retiré avec ou sans l'usage d'un outil

K.3.2

languette

partie d'une connexion rapide qui reçoit le clip

K.3.3

clip

partie d'une connexion rapide qui est poussée sur la languette

K.3.4

verrouillage

empreinte (creux) ou trou de la languette dans lequel s'engage une partie en protubérance du clip assurant un verrouillage de l'accouplement

K.4 Classification

L'Article 4 de la présente norme s'applique.

K.5 Caractéristiques des DPDA

L'Article 5 de la présente norme s'applique.

K.6 Marquage

L'Article 6 de la présente norme dans son intégralité s'applique, avec l'addition suivante après le point k).

Les informations suivantes concernant le clip selon l'IEC 61210 et le type de conducteur à utiliser doivent être données dans les instructions du fabricant:

- l) le nom du constructeur ou sa marque de fabrique;
- m) la référence du type;
- n) les informations sur les sections des conducteurs et le code de couleur des clips isolés (voir Tableau K.1 ci-dessous);
- o) l'utilisation exclusive d'alliages de cuivre recouverts d'argent ou d'étain.

Tableau K.1 – Tableau informatif concernant le code de couleur du clip en relation avec la section du conducteur

Section du conducteur mm ²	Code de couleur du clip
1	Rouge
1,5	Rouge ou bleu
2,5	Bleu ou jaune
4	Jaune

K.7 Conditions normales de fonctionnement en service

L'Article 7 de la présente norme s'applique.

K.8 Prescriptions de construction

K.8.1 Généralités

L'Article 8 de la présente norme s'applique avec les exceptions suivantes:

Remplacer 8.2.3 par:

K.8.2 Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite (voir annexe B)

8.2.3 s'applique, les clips étant assemblés sur les languettes du DPDA.

Remplacer 8.2.5 par:

K.8.3 Bornes pour conducteurs externes

K.8.2.1 Les languettes et les clips doivent être d'un métal d'une résistance mécanique, d'une conductivité électrique et d'une résistance à la corrosion appropriées à l'usage pour lequel ils sont prévus.

NOTE Des alliages recouverts d'argent ou d'étain sont des exemples de solutions adéquates.

K.8.2.2 La largeur nominale de la languette est de 6,3 mm et l'épaisseur de 0,8 mm, applicable aux courants assignés jusqu'à 16 A inclus.

NOTE 1 L'utilisation de courants assignés jusqu'à 20 A inclus est acceptée en BE, FR, IT, PT, ES et aux US.

Les dimensions des languettes doivent être conformes à celles spécifiées au tableau K.3 et aux figures K.2, K.3 K.4 et K.5, où les dimensions A, B, C, D, E, F, J, M, N et Q sont obligatoires.

Les dimensions du clip qui peut être raccordé sont données à la Figure K.6 et au Tableau K.4.

NOTE 2 Les formes des différentes parties peuvent être différentes de celles données sur les figures, pourvu que les dimensions spécifiées ne soient pas influencées et que les prescriptions d'essais soient satisfaites (par exemple languettes cannelées ou pliées, etc.).

La conformité est vérifiée par examen et par des mesures

K.8.2.3 Les languettes doivent être maintenues de façon sûre en position.

La conformité est vérifiée par l'essai de surcharge mécanique de K.9.2.

K.9 Essais

K.9.1 Généralités

L'Article 9 de la présente norme s'applique avec les modifications suivantes:

Remplacer 9.5 par:

K.9.2 Force de surcharge mécanique

Cet essai est effectué sur 10 bornes de DPDA montées comme en usage normal au moment du câblage.

La force axiale de poussée et, successivement, la force axiale de traction spécifiées au Tableau K.2 suivant sont appliquées graduellement à la languette équipant le DPDA, une seule fois à l'aide d'un appareil d'essai convenable.

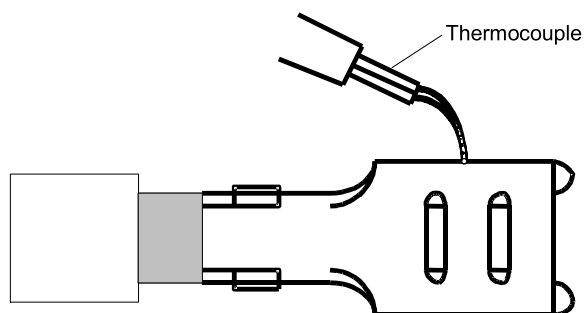
Tableau K.2 – Forces d'essai de surcharge

Poussée N	Traction N
96	88

La languette ou le DPDA dans lequel la languette est intégrée ne doit subir aucun dommage susceptible d'empêcher son usage ultérieur.

Ajout à 9.8.3:

Des thermocouples à fil fin doivent être placés de telle façon qu'ils n'influencent pas le contact ou la plage de raccordement. Un exemple de disposition est illustré à la Figure K.1.



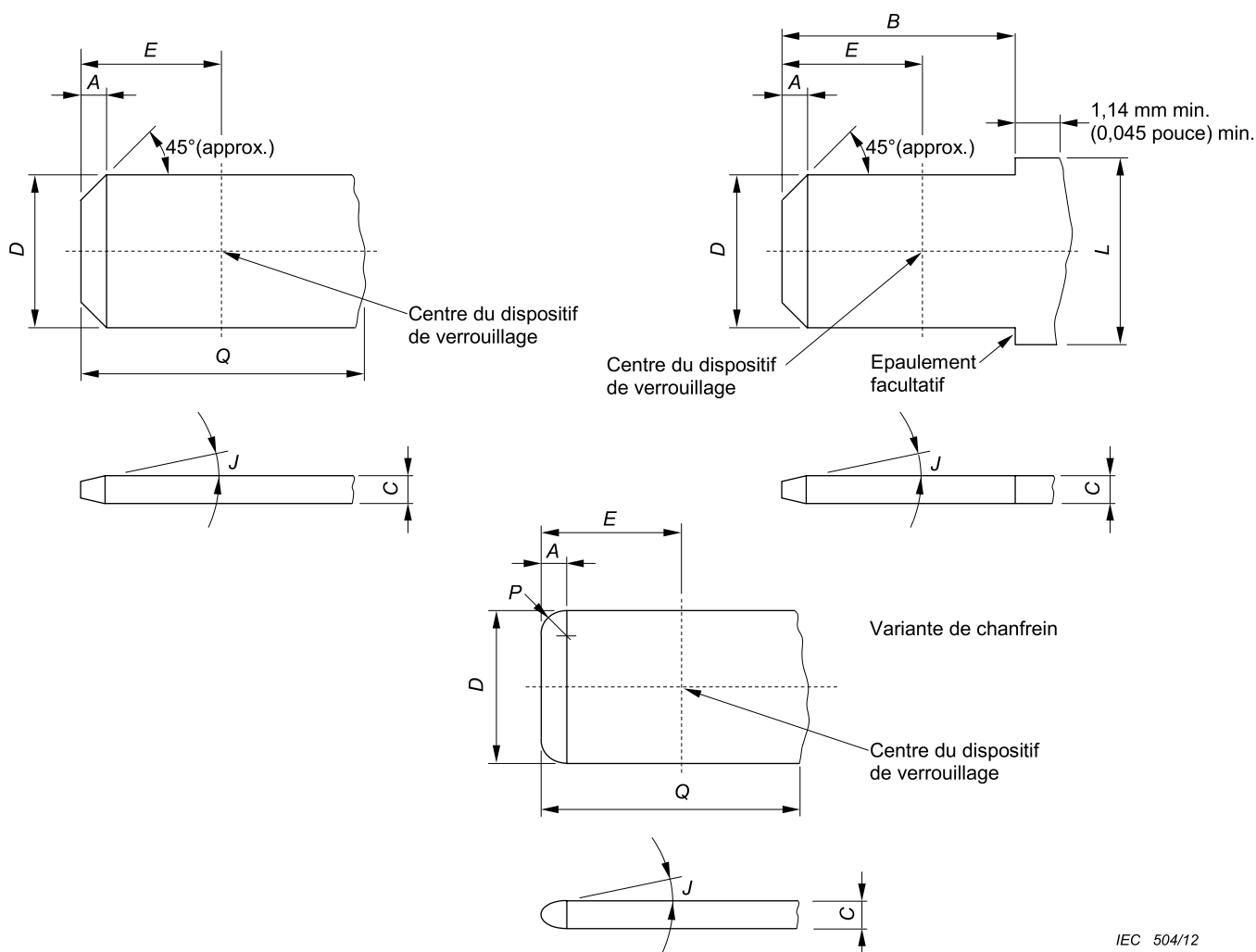
IEC 503/12

Figure K.1 – Exemple de position du thermocouple pour la mesure de l'échauffement

Tableau K.3 – Dimensions des languettes

Dimensions en millimètres

Taille nominale		A	B min	C	D	E	F	J	M	N	P	Q min
6,3 × 0,8	Empreinte	1,0		0,84	6,40	4,1	2,0	12°	2,5	2,0	1,8	
		0,7	7,8	0,77	6,20	3,6	1,6	8°	2,2	1,8	0,7	8,9
	Trou	1,0		0,84	6,40	4,7	2,0	12			1,8	
		0,5	7,8	0,77	6,20	4,3	1,6	8°			0,7	8,9
NOTE 1 Pour les dimensions A à Q, se référer aux Figures K.2 à K.5.												
NOTE 2 Lorsqu'il y a deux valeurs dans une colonne, elles indiquent les dimensions minimale et maximale.												



IEC 504/12

NOTE 1 Il n'est pas nécessaire que le chanfrein A à 45° suive une ligne droite s'il respecte les valeurs indiquées.

NOTE 2 La dimension L n'est pas spécifiée et peut varier selon les applications (par exemple la fixation).

NOTE 3 La dimension C des languettes peut être obtenue à partir de plus d'une couche de matériau pourvu que la languette ainsi obtenue satisfasse en tous points les prescriptions de cette norme.

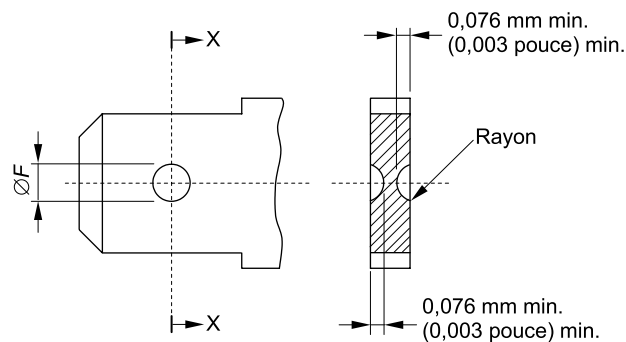
Un rayon sur le bord longitudinal de la languette est admis.

NOTE 4 Les dessins n'ont pas pour objet de définir la conception, à l'exception de ce qui concerne les dimensions indiquées.

NOTE 5 L'épaisseur C de la languette peut varier au-delà de Q ou au-delà de $B + 1,14 \text{ mm}$ (0,043 in).

NOTE 6 Toutes les parties des contacts représentées sont plates et exemptes de bavures ou saillies, à l'exception d'une saillie de 0,025 mm (0,001 pouces) par face au-dessus de l'épaisseur de la bande sur une surface définie par une ligne entourant l'emplacement du dispositif de verrouillage et distante de celui-ci de 1,3 mm (0,051 pouces).

Figure K.2 – Dimensions des languettes

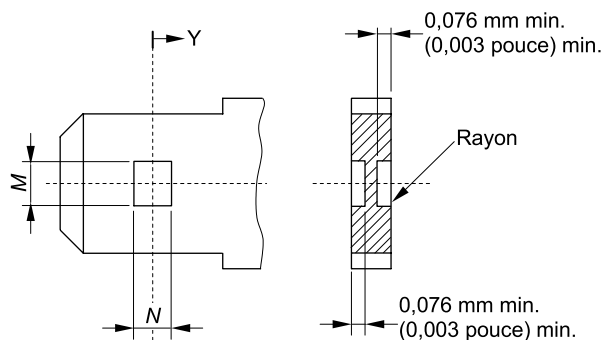


Coupe X-X

IEC 505/12

Le dispositif de verrouillage doit être à moins de 0,076 mm (0,003 in) de l'axe de la languette.

**Figure K.3 – Dimensions de l'empreinte sphérique
du dispositif de verrouillage (voir Figure K.2)**

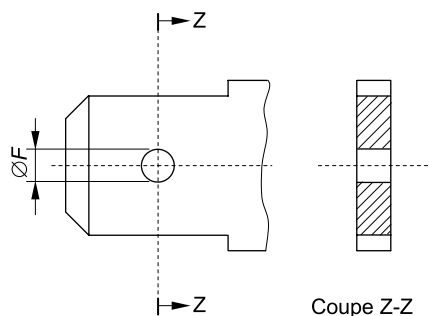


Coupe Y-Y

IEC 506/12

Le dispositif de verrouillage doit être à moins de 0,13 mm (0,005 in) de l'axe de la languette.

**Figure K.4 – Dimensions de l'empreinte rectangulaire
du dispositif de verrouillage (voir Figure K.2)**

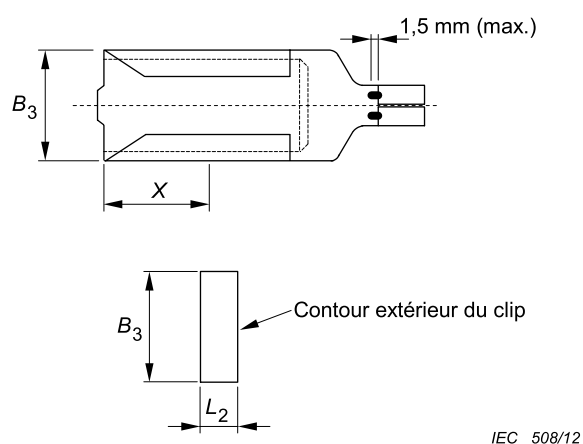


Coupe Z-Z

IEC 507/12

Le dispositif de verrouillage doit être à moins de 0,076 mm (0,003 in) de l'axe de la languette.

Figure K.5 – Dimensions du trou du dispositif de verrouillage



Les dimensions $B3$ et $L2$ sont obligatoires.

NOTE 1 Pour déterminer les dimensions du clip différant de $B3$ et $L2$, il est nécessaire de se référer aux dimensions de la languette de façon à s'assurer que les conditions d'engagement les plus mauvaises (et de verrouillage, s'il existe) entre la languette et le clip sont correctes.

NOTE 2 Si un verrouillage est fourni, la dimension X est à la discrétion du constructeur dans le but de satisfaire aux prescriptions des articles relatifs aux performances.

NOTE 3 Il convient que les clips soient conçus de façon telle que toute insertion non voulue du conducteur dans la zone de sertissage soit visible ou évitée par une butée pour éviter toute interférence entre le conducteur et une languette complètement introduite.

NOTE 4 Les dessins n'ont pas pour objet de définir la conception, à l'exception de ce qui concerne les dimensions indiquées.

Figure K.6 – Dimensions des clips

Tableau K.4 – Dimensions des clips

Taille de la languette mm	Dimensions du clip mm	
	$B3$ max	$L2$ max
6,3 × 0,8	7,80	3,50

Annexe L (normative)

Prescriptions particulières pour DPDA avec bornes à vis pour connexion de conducteurs externes en aluminium non traités et avec des bornes à vis en aluminium pour connexion de conducteurs externes en cuivre ou en aluminium

L.1 Domaine d'application

Cette annexe s'applique aux DPDA compris dans le domaine d'application de cette norme, munis de bornes à vis en cuivre – ou en alliages contenant au moins 58 % de cuivre (si travaillé chaud) ou au moins 50 % de cuivre (si travaillé autrement), ou encore constituées d'un autre métal ou d'un métal revêtu de façon appropriée, tout aussi résistant à la corrosion que le cuivre et dont les propriétés mécaniques sont aussi appropriées que celles du cuivre – utilisables avec des conducteurs en aluminium non traité, ainsi qu'avec des bornes à vis en aluminium utilisables avec des conducteurs en cuivre ou en aluminium.

Dans cette annexe les conducteurs en aluminium revêtu de cuivre ou de nickel sont considérés comme des conducteurs en aluminium.

NOTE En AT, en AU et en DE, l'utilisation de bornes à vis en aluminium n'est pas autorisée pour raccorder des conducteurs en cuivre.

- En AT, en CH et en DE, les bornes pour conducteurs en aluminium ne sont pas admises;
- En ES, l'utilisation de conducteurs en aluminium n'est pas autorisée dans les circuits finaux des installations domestiques et similaires, p.ex. bureaux, magasins;
- Au DK, la section minimale des conducteurs en aluminium est de 16 mm².

L.2 Références normatives

L'Article 2 de la présente norme s'applique.

L.3 Termes et définitions

En complément de l'Article 3 de la présente norme, les définitions suivantes s'appliquent pour les besoins de la présente annexe.

L.3.1

conducteur traité

surface de contact d'un conducteur dont les brins externes ont eu leurs couches d'oxyde enlevées par brossage et/ou ont reçu un produit déposé pour améliorer le contact et/ou prévenir la corrosion

L.3.2

conducteur non préparé

conducteur qui a été coupé et dont l'isolation a été retirée en vue de son insertion dans une borne

Note 1 à l'article: Un conducteur dont la forme est arrangée pour qu'il soit introduit dans une borne ou dont les torons sont torsadés pour en consolider l'extrémité est considéré comme un conducteur non préparé.

L.3.3

égaliseur

dispositif utilisé dans la boucle d'essai pour assurer un point équipotentiel et une densité de courant uniforme dans une âme câblée, sans effets indésirables sur la température du ou des conducteurs

L.3.4

conducteur de référence

longueur d'âme conductrice sans raccordement, de type et de taille identiques à ceux utilisés dans la boucle d'essai, et connectée en série dans le même circuit

Note 1 à l'article: Elle est utilisée pour déterminer la température de référence et, si nécessaire, la résistance électrique de référence

L.3.5

coefficient de stabilité

S_f

mesure de la stabilité de la température d'un organe de serrage au cours de l'essai de cycles thermiques

L.4 Classification

L'Article 4 de la présente norme s'applique.

L.5 Caractéristiques des DPDA

L'Article 5 de la présente norme s'applique.

L.6 Marquage

En addition à l'Article 6 de la présente norme, les prescriptions suivantes sont applicables:

Les marquages des bornes définis dans le Tableau L.1 doivent figurer sur le DPDA, à proximité des bornes.

Les autres informations concernant le nombre de conducteurs, les valeurs de couple de serrage (si elles diffèrent des valeurs du Tableau 12), et les sections raccordables doivent être indiquées sur le DPDA.

Tableau L.1 – Marquage des bornes

Types de conducteurs acceptés	Marquage
Cuivre seulement	Aucun
Aluminium seulement	Al
Aluminium ou Cuivre	Al/Cu

Le constructeur doit déclarer dans son catalogue que pour le serrage d'un conducteur en aluminium le couple de serrage doit être appliqué en utilisant des moyens appropriés.

L.7 Conditions normales de fonctionnement en service

L'Article 7 de la présente norme s'applique.

L.8 Exigences de construction

L'Article 8 de la présente norme est applicable avec les exceptions suivantes:

8.2.5.2 est complété par:

Pour le raccordement des conducteurs en aluminium, les DPDA doivent être équipés de bornes à vis permettant le raccordement de conducteurs dont les sections sont définies dans le Tableau L.2.

Les bornes pour le raccordement des conducteurs en aluminium et les bornes en aluminium pour le raccordement des conducteurs en cuivre ou en aluminium doivent avoir une résistance mécanique en mesure de supporter les essais de 9.4, avec les conducteurs d'essai serrés avec le couple indiqué dans le Tableau 13 ou avec le couple spécifié par le constructeur, qui ne doit pas être inférieur à celui spécifié dans le Tableau 13.

**Tableau L.2 – Sections des conducteurs en aluminium
pouvant être connectés aux bornes à vis**

Courant assigné ^a A	Plage des sections nominales à serrer mm ²
Jusqu'à 13 inclus	1 à 4
Au-dessus de 13 et jusqu'à 16 inclus	1 à 6
Au-dessus de 16 et jusqu'à 25 inclus	1,5 à 10
Au-dessus de 25 et jusqu'à 32 inclus	2,5 à 16
Au-dessus de 32 et jusqu'à 50 inclus	4 à 25
Au-dessus de 50 et jusqu'à 80 inclus	10 à 35
Au-dessus de 80 et jusqu'à 100 inclus	16 à 50
Au-dessus de 100 et jusqu'à 125 inclus	25 à 70
^a Il est exigé que, pour des courants assignés jusqu'à 50 A inclus, les bornes soient conçues pour serrer aussi bien des conducteurs massifs que des conducteurs câblés rigides; l'utilisation de conducteurs souples est autorisée. Toutefois, il est admis que les bornes pour conducteurs de section 1 mm ² à 10 mm ² soient conçues pour serrer seulement des conducteurs massifs.	
^b Sections maximales du Tableau 7, augmentées comme pour le tableau D.2 de l'IEC 61545.	

La conformité est vérifiée par examen, par des mesures, et en équipant tour à tour un conducteur de la plus faible et de la plus grande section spécifiée.

Le texte de 8.2.5.4 est remplacé par:

Les bornes doivent admettre les conducteurs sans préparation spécifique.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais de L.9.

L.9 Essais

L.9.1 Généralités

L'Article 9 de la présente norme s'applique avec les modifications/additions suivantes:

Pour les essais qui sont influencés par la matière de la borne et par le type du conducteur raccordable, on applique les conditions d'essai définies dans le Tableau L.3.

En addition l'essai de L.9.2 est effectué avec des bornes séparées du DPDA.

Tableau L.3 – Liste des essais selon la matière des conducteurs et des bornes

Matière des bornes		Matière selon 8.1.4.4 ^a	Al ^a	
Matière du conducteur (tableau L.1)		Al Utiliser les Tableaux L.2 et L.5	Cu Utiliser les Tableaux 6 et 10	Al Utiliser les Tableaux L.2 et L.5
9.4	Fiabilité des vis	Utiliser les Tableaux L.2, L.5 et 13	Utiliser les Tableaux 6, 10 et 13	Utiliser les Tableaux L.2, L.5 et 13
9.5.1	Essai de traction ^b	Utiliser les Tableaux L.2, L.5 et 13	Utiliser les Tableaux 6, 10 et 13	Utiliser les Tableaux L.2, L.5 et 13
9.5.2	Détérioration du conducteur	Utiliser les Tableaux L.2, L.5 et 13	Utiliser les Tableaux 6, 10 et 13	Utiliser les Tableaux L.2, L.5 et 13
9.5.3	Insertion du conducteur	Utiliser le Tableau L.4	Utiliser le Tableau 15	Utiliser le Tableau L.4
9.8	Elévation d'échauffement	Utiliser le Tableau L.5	Utiliser le Tableau 12	Utiliser le Tableau L.5
9.22	Vérification de la fiabilité	Utiliser le Tableau L.5	Utiliser le Tableau 12	Utiliser le Tableau L.5
L.9.2	Essai de cycles thermiques	Utiliser le Tableau 13	Utiliser le Tableau 13	Utiliser le Tableau 13
^a Utiliser les séquences d'essais A et B et le nombre d'échantillons défini dans l'annexe C. Pour les DPDA qui sont aptes à être raccordés à des conducteurs en Al ou en Cu, les séquences d'essais et le nombre d'échantillons doivent être doublés (une séquence d'essai pour les conducteurs en cuivre, l'autre pour les conducteurs en aluminium).				
^b Pour l'essai de traction 9.5.1, la valeur pour le câble de 70 mm ² est à l'étude.				

Tableau L.4 – Conducteurs raccordables et leur diamètre nominal

Métrique					AWG				
Rigide			Souple (cuivre seulement)		Rigide			Souple (cuivre seulement)	
S	Massif	Câblé	S			Massif ^a	Classe B Câblé ^a		Classes ^b I, K, M Câblé
mm ²	Ø mm	Ø mm	mm ²	Ø mm	Calibre	Ø mm	Ø mm	Calibre	mm
1,0	1,2	1,4	1,0	1,5	18	1,07	1,23	18	1,28
1,5	1,5	1,7	1,5	1,8	16	1,35	1,55	16	1,50
2,5	1,9	2,2	2,5	2,3 ^c	14	1,71	1,95	14	2,08
4,0	2,4	2,7	4,0	2,9 ^c	12	2,15	2,45	12	2,70
6,0	2,9	3,3	4,0	2,9 ^c	10	2,72	3,09		
10,0	3,7	4,2	6,0	3,9	8	3,43	3,89	10	3,36
16,0	4,6	5,3	10,0	5,1	6	4,32	4,91	8	4,32
25,0		6,6	16,0	6,3	4	5,45	6,18	6	5,73
35,0		7,9	25,0	7,8	2	6,87	7,78	4	7,25
					1	7,72	8,85		
50,0		9,1	35	9,2	0	8,51	9,64		12,08
70,0		12,0	50	12	00	9,266	10,64		
NOTE Les diamètres des conducteurs rigides et souples les plus gros sont basés sur le tableau 1 de l'IEC 60228: 2004, et pour les conducteurs AWG, sur les Publications ASTM B172-71, ICEA S-19-81, ICEA S-66-524, ICEA S-68-516.									
^a Diamètre nominal + 5 %.									
^b Diamètre le plus grand + 5 % pour l'une quelconque des classes I, K, M.									
^c Dimensions pour conducteurs souples de la classe 5 seulement suivant l'IEC 60228A.									

L.9.2 Conditions d'essais

Le paragraphe 9.1 de la présente norme est applicable, avec l'exception suivante: les conducteurs en aluminium à connecter sont extraits du Tableau L.5.

Tableau L.5 – Sections (S) des conducteurs d'essai en aluminium correspondant aux courants assignés

S mm ²	I_n A
1,5	$I_n \leq 6$
2,5	$6 < I_n \leq 13$
4	$13 < I_n \leq 20$
6	$20 < I_n \leq 25$
10	$25 < I_n \leq 32$
16	$32 < I_n \leq 50$
25	$50 < I_n \leq 63$
35	$63 < I_n \leq 80$
50	$80 < I_n \leq 100$
70	$100 < I_n \leq 125$

L.9.3 Essai de cycles thermiques**L.9.3.1 Généralités**

Cet essai vérifie la stabilité de la borne à vis par comparaison des températures atteintes avec celles atteintes par le conducteur de référence sous des conditions cycliques accélérées.

Cet essai est effectué avec des bornes séparées.

L.9.3.2 Préparation

L'essai est réalisé sur quatre échantillons, chacun constitué par un couple de bornes reliées d'une façon qui représente l'utilisation des bornes dans le DPDA (voir les exemples représentés sur les Figures L.2 à L.6). Les bornes à vis séparées du produit doivent être reliées à des parties conductrices de même section, forme, métal et finition que les parties sur lesquelles elles sont montées dans le produit. Les bornes à vis doivent être fixées aux parties conductrices de la même façon (position, couple de serrage, etc.) que sur le produit. Si un défaut est constaté sur un échantillon pendant l'essai, quatre autres échantillons devront être testés et aucun autre défaut n'est admis.

L.9.3.3 Disposition d'essai

La disposition générale des échantillons doit être conforme aux indications de la Figure L.1.

Pour les échantillons d'essai, on doit utiliser 90 % de la valeur du couple spécifié par le constructeur ou, si non spécifié, 90 % du couple choisi dans le Tableau 13.

L'essai est pratiqué avec des conducteurs selon le Tableau L.5. La longueur du conducteur d'essai mesurée entre le point d'entrée des échantillons de bornes à vis et l'égaliseur (voir L.3.3) doit être conforme au Tableau L.6.

Tableau L.6 – Longueur du conducteur d'essai

Section du conducteur mm ²	Taille du conducteur AWG	Longueur minimale du conducteur mm
$S \leq 10,0$	≤ 8	200
$16,0 \leq S \leq 25,0$	6 to 3	300
$35,0 \leq S \leq 70,0$	2 to 00	460

Les conducteurs d'essai sont connectés en série avec un conducteur de référence de même section.

La longueur du conducteur de référence doit être approximativement au moins le double de la longueur du conducteur d'essai.

Chaque extrémité libre des conducteurs d'essai et de référence non connectée à un échantillon de borne à vis doit être brasée ou soudée à un égaliseur consistant en une barre courte de même matière que le conducteur, et d'une section ne dépassant pas celle indiquée au Tableau L.7. Tous les brins du conducteur doivent être soudés ou brasés afin d'assurer une connexion électrique parfaite avec l'égaliseur.

Des connecteurs de type à sertissage par outillage sans soudage peuvent être utilisés pour l'égaliseur sous réserve de l'acceptation du constructeur et à condition que le niveau de performance soit maintenu.

Tableau L.7 – Dimension des égaliseurs et des barres de connexion

Domaine du courant d'essai A	Section maximale mm ²	
	Aluminium	Cuivre
0 – 50	45	45
51 – 125	105	85
126 – 225	185	155

L'espace entre les conducteurs de référence et d'essai doit être au moins de 150 mm.

L'échantillon d'essai doit être suspendu soit horizontalement soit verticalement à l'air libre, par fixation de l'égaliseur ou de la barre de connexion au moyen de supports non conducteurs, de façon à ce que la borne à vis ne soit pas soumise à un effort de traction. Des barrières thermiques doivent être installées à mi-distance entre les conducteurs, et doivent dépasser de $25 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ en largeur et de $150 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ en longueur depuis les bornes à vis (voir Figure L.1). Les barrières thermiques ne sont pas nécessaires si les spécimens sont séparés par une distance d'au moins 450 mm. Les spécimens doivent être situés à au moins 600 mm du plancher, des murs ou du plafond.

Les échantillons d'essai doivent être situés dans un environnement pratiquement exempt de vibrations ou de courants d'air, à une température ambiante comprise entre 20 °C et 25 °C. Une fois l'essai commencé, la variation ne doit pas dépasser $\pm 1 \text{ K}$ dans les limites permises.

L.9.3.4 Mesure de la température

Les mesures de température sont faites au moyen de thermocouples, en utilisant un fil de section maximale ne dépassant pas $0,07 \text{ mm}^2$ (approximativement 30 AWG).

Pour les bornes à vis, le thermocouple doit être situé du côté de l'ouverture de la borne à vis, à proximité de la surface de contact.

Les thermocouples du conducteur de référence doivent être placés au milieu de la longueur du conducteur, sous son isolation.

La mise en place des thermocouples ne doit endommager ni la borne à vis ni le conducteur de référence.

NOTE 1 On peut utiliser la méthode de fixation du thermocouple dans un perçage de petit diamètre à condition que les performances n'en soient pas affectées et que le constructeur l'accepte.

La température ambiante doit être mesurée avec deux thermocouples de telle manière qu'il soit possible d'obtenir une valeur moyenne stable dans le voisinage de la boucle d'essai, sans influence extérieure excessive. Les thermocouples doivent être placés sur un même plan horizontal coupant les échantillons, à une distance minimale de 600 mm.

NOTE 2 Une méthode satisfaisante pour obtenir une mesure stable consiste, par exemple, à fixer les thermocouples à une plaque de cuivre non revêtu d'environ 50 mm × 50 mm et ayant une épaisseur comprise entre 6 mm et 10 mm.

L.9.3.5 Méthode d'essai et critère d'acceptation

NOTE 1 L'évaluation des résultats de l'essai est basée à la fois sur la limite d'échauffement des bornes à vis et la variation de température pendant l'essai.

La boucle d'essai doit être soumise à 500 cycles constitués d'1 h sous courant et 1 h sans courant, en commençant avec un courant alternatif égal à 1,12 fois la valeur du courant d'essai déterminé dans le tableau L.8. Vers la fin de chaque période avec passage de courant lors des 24 premiers cycles, le courant doit être ajusté de façon à élever la température du conducteur de référence jusqu'à 75 °C.

Au 25ème cycle, le courant d'essai doit être ajusté pour la dernière fois et la température stable doit être enregistrée comme première mesure. Il ne doit y avoir aucun autre ajustement du courant d'essai pendant la suite de l'essai.

Les températures doivent être enregistrées au cours d'un cycle au moins chaque jour de travail, et après approximativement 25, 50, 75, 100, 125, 175, 225, 275, 350, 425 et 500 cycles.

La température doit être mesurée durant les dernières 5 min de la période sous courant. Si la taille du lot d'échantillons d'essai ou la vitesse du système d'acquisition de données ne permet pas d'effectuer la totalité des mesures dans les 5 min, la période sous courant devra être augmentée jusqu'à pouvoir terminer les mesures.

La période sans courant peut être raccourcie après les premiers 25 cycles d'essai à 5 min de plus que le temps maximal qui a été nécessaire pour que toutes les bornes atteignent une température comprise entre la température ambiante T_a et $T_a + 5$ K, durant la période sans courant. Une ventilation forcée peut être utilisée pour réduire la période sans courant si cette méthode est acceptée par le constructeur. Dans ce cas elle doit être appliquée à l'ensemble de la boucle d'essai et la température de l'air forcé ne doit pas être inférieure à la température ambiante.

Le coefficient de stabilité S_f pour chacune des 11 mesures de température est déterminé par soustraction algébrique de l'écart moyen de température D aux 11 valeurs de l'écart de température d .

L'écart de température d pour les 11 mesures individuelles est obtenu par soustraction de la température du conducteur de référence à la température de la borne à vis.

NOTE 2 La valeur de d est positive si la température de la borne à vis est plus élevée que la température du conducteur de référence, et négative dans le cas contraire.

Pour chaque borne à vis

- l'échauffement ne doit pas dépasser 110 K;
- le coefficient de stabilité S_f ne doit pas dépasser ± 10 °C.

Un exemple de calcul pour une borne à vis est indiqué dans le Tableau L 9.

Tableau L.8 – Courant d'essai en fonction du courant assigné

Tailles métriques			Tailles AWG		
Courant assigné A	Section du conducteur Al mm ²	Courant d'essai A	Courant assigné A	Section du conducteur Al N°	Courant d'essai A
$0 \leq I_n \leq 15$	2,5	26	$0 < I_n \leq 15$	12	30
$15 < I_n \leq 20$	4	35	$15 < I_n \leq 25$	10	40
$20 < I_n \leq 25$	6	46	$25 < I_n \leq 40$	8	53
$25 < I_n \leq 32$	10	60	$40 < I_n \leq 50$	6	69
$32 < I_n \leq 50$	16	79	$50 < I_n \leq 65$	4	99
$50 < I_n \leq 65$	25	99	$65 < I_n \leq 75$	3	110
$65 < I_n \leq 80$	35	137	$75 < I_n \leq 90$	2	123
$80 < I_n \leq 100$	50	171	$90 < I_n \leq 100$	1	152
$100 < I_n \leq 125$	70	190	$100 < I_n \leq 120$	0	190

Tableau L.9 – Exemple de calcul pour la détermination de l'écart moyen de température D

Mesures de la température	Nombre de cycles	Températures		Ecart de température $d = a - b$ K	Coefficient de stabilité $S_f = d - D$ K
		Borne à vis a °C	Conducteur de référence b °C		
1	25	79	78	1	0,18
2	50	80	77	3	2,18
3	75	78	78	0	-0,82
4	100	76	77	-1	-1,82
5	125	77	77	0	-0,82
6	175	78	77	1	0,18
7	225	79	76	3	2,18
8	275	78	76	2	1,18
9	350	77	78	-1	-1,82
10	425	77	79	-2	-2,82
11	500	81	78	3	2,18

$$\text{Ecart moyen de température } D = \frac{\sum d}{\text{nombre de mesures}} = \frac{9}{11} = 0,82$$

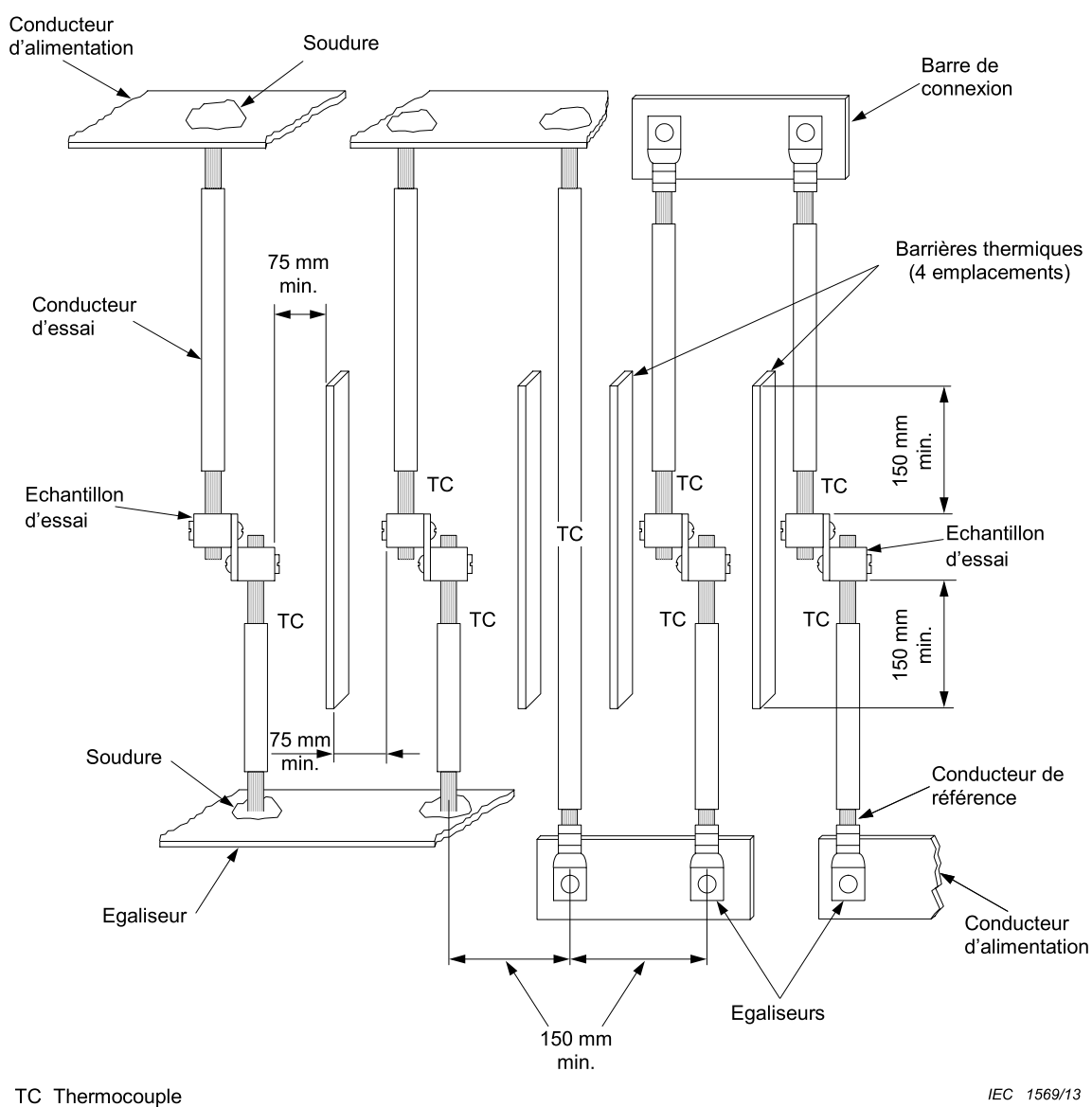
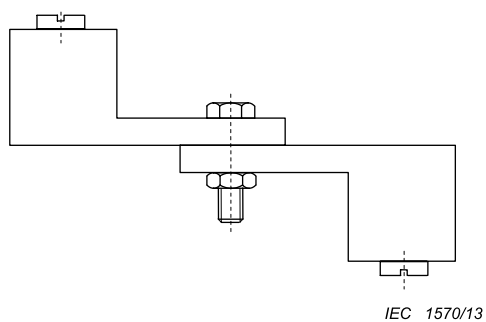


Figure L.1 – Disposition générale pour l'essai



La partie conductrice peut être boulonnée, brasée ou soudée.

Figure L.2 – Exemple de l'utilisation des bornes dans le DPDA

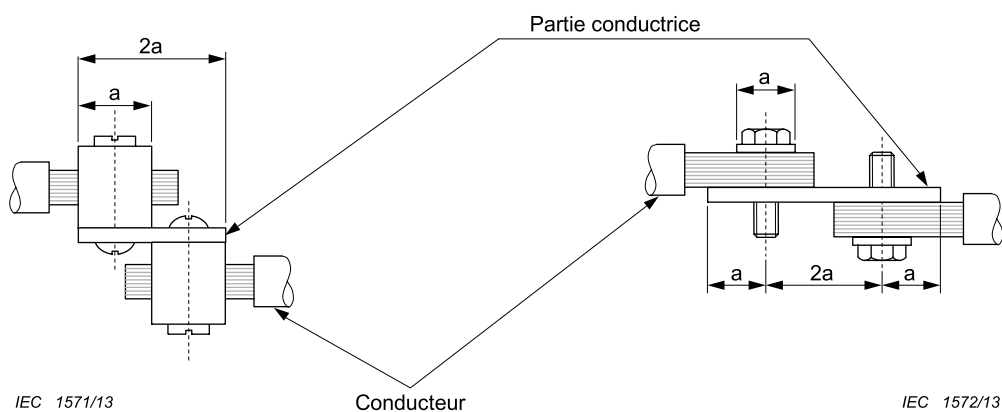


Figure L.3 – Exemple de l'utilisation des bornes dans le DPDA

Figure L.4 – Exemple de l'utilisation des bornes dans le DPDA

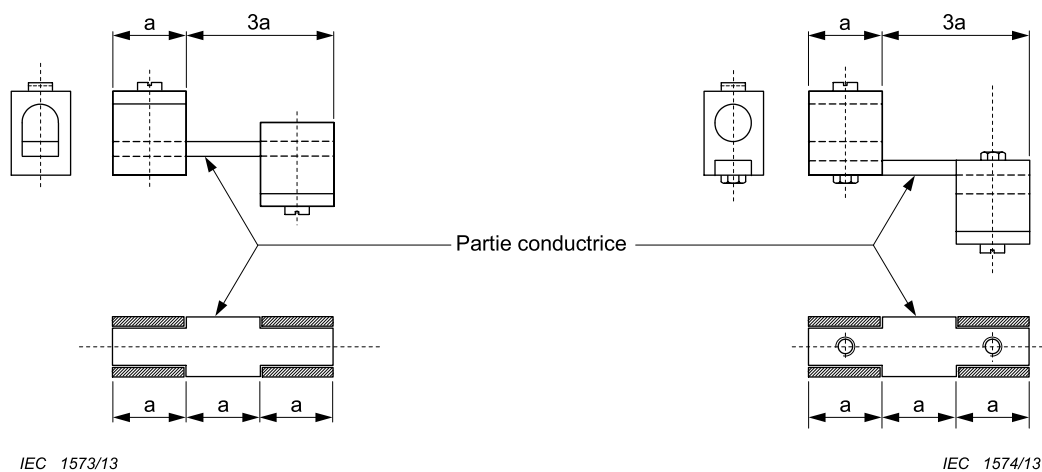


Figure L.5 – Exemple de l'utilisation des bornes dans le DPDA

Figure L.6 – Exemple de l'utilisation des bornes dans le DPDA

Bibliographie

IEC 60038, *Tensions normales de l'IEC*

IEC 60060-2, *Techniques des essais à haute tension – Partie 2: Systèmes de mesure*

IEC 60112:2003, *Méthode de détermination des indices de résistance et de tenue au cheminement des matériaux isolants solides*

IEC 60227-1, *Conducteurs et câbles isolés au polychlorure de vinyle, de tension nominale au plus égale à 450/750 V – Partie 1: Exigences générales*

IEC 60269-1:2006, *Fusibles basse tension – Partie 1: Exigences générales*

IEC 60364-5-53:2001, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-53: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Sectionnement, coupure et commande*

IEC 60617, *Symboles graphiques pour schémas*

IEC/TR 60664-2-1, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 2-1: Guide d'application – Explication de l'application de la série IEC 60664, exemples de dimensionnement et d'essais diélectriques*

IEC 60664-3, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 3: Utilisation de revêtement, d'emboîtement ou de moulage pour la protection contre la pollution*

IEC 60664-5, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 5: Méthode détaillée de détermination des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite inférieures ou égales à 2 mm*

IEC 60884-1, *Prises de courant pour usages domestiques et analogues – Partie 1: Règles générales*

IEC 61000-3-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3-2: Limites – Limites pour les émissions de courant harmonique (courant appelé par les appareils ≤ 16 A par phase)*

IEC 60695-2-11:2000, *Fire hazard testing – Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire flammability test method for end-products*

IEC 61000-4-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-2: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux décharges électrostatiques*

IEC 61000-4-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-3 : Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

IEC 61000-4-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-4: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves*

IEC 61000-4-5:2005, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux ondes de choc*

IEC 61000-4-6, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-6: Techniques d'essai et de mesure – Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques*

IEC 61000-4-16:1998, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-16: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux perturbations conduites en mode commun dans la gamme de fréquences de 0 Hz à 150 kHz*

Amendement 1:2001

Amendement 2:2009

IEC 61210, *Dispositifs de connexion – Bornes plates à connexion rapide pour conducteurs électriques en cuivre – Exigences de sécurité*

IEC 61545:1996, *Dispositifs de connexion – Dispositifs pour la connexion des câbles en aluminium dans des organes de serrage en matière quelconque et des câbles en cuivre dans des organes de serrage en aluminium*

ASTM D785-08, *Standard Test Method for Rockwell Hardness of Plastics and Electrical Insulating Materials* (disponible en anglais seulement)

BS 1363-1:1995, *13 A plugs, socket-outlets, adaptors and connection units. Specification for rewirable and non-rewirable 13 A fused plugs* (disponible en anglais seulement)

BS 1363-2:1995, *13 A plugs, socket-outlets, adaptors and connection units. Specification for 13 A switched and unswitched socket-outlets* (disponible en anglais seulement)

FINAL VERSION

VERSION FINALE



General requirements for arc fault detection devices

Exigences générales des dispositifs pour la détection de défaut d'arcs

CONTENTS

FOREWORD.....	9
INTRODUCTION.....	11
1 Scope.....	12
2 Normative references	13
3 Terms and definitions	14
4 Classification.....	17
4.1 According to the method of construction	17
4.2 According to the method of mounting and connection	17
4.3 According to the number of poles and current paths	17
4.4 AFDD providing monitoring information	17
5 Characteristics of AFDDs	17
5.1 Summary of characteristics and conditions to mitigate the risk of fire	17
5.2 Rated quantities and other characteristics	18
5.2.1 Rated voltage	18
5.2.2 Rated current (I_n)	18
5.2.3 Rated frequency	18
5.2.4 Rated making and breaking capacity (I_m)	18
5.2.5 Rated making and breaking capacity on one pole (I_{m1})	19
5.3 Standard and preferred values	19
5.3.1 Preferred values of rated voltage (U_n)	19
5.3.2 Preferred values of rated current (I_n)	19
5.3.3 Standard values of rated frequency	19
5.3.4 Minimum value of the rated making and breaking capacity (I_m)	19
5.3.5 Minimum value of the rated making and breaking capacity on one pole (I_{m1})	20
5.3.6 Standard and preferred values of the rated conditional short-circuit current (I_{nc}) and standard and preferred values of the rated conditional short circuit current for one pole (I_{nc1})	20
5.3.7 Limiting values of operating criteria for AFDDs for low and high arc currents	20
5.4 Standard value of rated impulse withstand voltage (U_{imp})	21
5.5 Coordination with short-circuit protective devices (SCPDs)	22
5.5.1 General	22
5.5.2 Rated conditional short-circuit current (I_{nc}) and rated conditional short-circuit on one pole (I_{nc1})	22
5.5.3 Operating characteristics of opening means for AFDDs according to 4.1.1	22
6 Marking and other product information.....	22
6.1 Marking	22
6.2 Additional marking for AFDDs according to 4.1.1	24
6.2.1 Marking of AFDDs	24
6.2.2 Instructions for wiring and operation	25
7 Standard conditions for operation in service and for installation.....	25
7.1 Standard conditions.....	25
7.2 Conditions of installation	26
7.3 Pollution degree	26
8 Requirements for construction and operation.....	26

8.1	General	26
8.2	Mechanical design.....	27
8.2.1	General	27
8.2.2	Mechanism	27
8.2.3	Clearances and creepage distances (see Annex B)	28
8.2.4	Screws, current-carrying parts and connections.....	32
8.2.5	Terminals for external conductors	32
8.3	Protection against electric shock	34
8.4	Dielectric properties and isolating capability	35
8.5	Temperature rise	35
8.5.1	Temperature-rise limits	35
8.5.2	Ambient air temperature	36
8.6	Operating characteristics.....	36
8.6.1	Operating characteristics of the protective device part.....	36
8.6.2	Operating characteristics	36
8.7	Mechanical and electrical endurance	37
8.8	Performance at short-circuits currents	37
8.9	Resistance to mechanical shock and impact.....	37
8.10	Resistance to heat.....	37
8.11	Resistance to abnormal heat and to fire	37
8.12	Behaviour of AFDDs in case of overcurrents in the main circuit	37
8.13	Behaviour of AFDDs in case of current surges caused by impulse voltages	38
8.14	Reliability	38
8.15	Electromagnetic compatibility (EMC)	38
8.16	Masking test for correct operation behaviour in presence of various appliances connected to the load side	38
8.17	Performance of the AFD test device	38
8.18	Performance in case of partial loss of supply connections	39
9	Testing procedure	39
9.1	General	39
9.1.1	General testing procedure for the different type of AFDDs	39
9.1.2	The characteristics of AFDDs are checked by means of type tests	40
9.1.3	For certification purposes, type tests are carried out in test sequences	40
9.1.4	Routine tests to be carried out by the manufacturer on each device	40
9.2	Test conditions	41
9.3	Test of indelibility of marking	42
9.4	Test of reliability of screws, current-carrying parts and connections	42
9.5	Test of reliability of terminals for external conductors	43
9.6	Verification of protection against electric shock	44
9.7	Test of dielectric properties	45
9.7.1	General	45
9.7.2	Resistance to humidity	45
9.7.3	Insulation resistance of the main circuit	46
9.7.4	Dielectric strength of the main circuit.....	46
9.7.5	Insulation resistance and dielectric strength of auxiliary circuits	47
9.7.6	Capability of control circuits connected to the main circuit in respect of withstanding high d.c. voltages due to insulation measurements.....	48
9.7.7	Verification of impulse withstand voltages (across clearances and across solid insulation) and of leakage current across open contacts	48

9.8	Test of temperature-rise	52
9.8.1	Ambient air temperature	52
9.8.2	Test procedure	52
9.8.3	Measurement of the temperature of parts	52
9.8.4	Temperature-rise of a part	52
9.9	Verification of the operating characteristics	53
9.9.1	General	53
9.9.2	Series arc fault tests	53
9.9.3	Parallel arc fault tests	56
9.9.4	Masking test, verification of correct operation	58
9.9.5	Unwanted tripping test	60
9.10	Verification of mechanical and electrical endurance	62
9.10.1	General test conditions	62
9.10.2	Test procedure	62
9.10.3	Condition of the AFDD after test	63
9.11	Verification of the behaviour of the AFDD under short-circuit conditions	63
9.11.1	General	63
9.11.2	Short-circuit tests for AFDDs according to 4.1.1	63
9.12	Verification of resistance to mechanical shock and impact	71
9.12.1	Mechanical shock	71
9.12.2	Mechanical impact	72
9.13	Test of resistance to heat	74
9.14	Test of resistance to abnormal heat and to fire	75
9.15	Verification of the trip-free mechanism	76
9.15.1	General test conditions	76
9.15.2	Test procedure	76
9.16	Test of resistance to rusting	77
9.17	Verification of limiting values of the non-operating current under overcurrent conditions	77
9.18	Verification of behaviour of AFDDs in case of current surges caused by impulse voltages	77
9.18.1	General	77
9.18.2	Verification of behaviour at surge currents up to 3 000 A (8/20 µs surge current test)	77
9.19	Verification of reliability	78
9.19.1	General	78
9.19.2	Climatic test	78
9.19.3	Test with temperature of 40 °C	80
9.20	Verification of ageing of electronic components	80
9.21	Electromagnetic compatibility (EMC)	81
9.21.1	General	81
9.21.2	EMC tests covered by other clauses of the present standard	81
9.21.3	EMC tests to be performed	81
9.21.4	AFDDs Performance criteria	83
9.22	Verification of protection due to overvoltage due to a broken neutral in a three phase system	83
9.23	Verification of the behaviour in case of partial loss of supply connections	83
Annex A (normative)	Test sequence and number of samples to be submitted for certification purposes	107
Annex B (normative)	Determination of clearances and creepage distances	116

Annex C (normative) Arrangement for the detection of the emission of ionized gases during short-circuit tests	121
Annex D (normative) Additional requirements and tests for AFDDs according to the classification 4.1.3 designed to be assembled on site together with a main protective device (circuit-breaker or RCCB or RCBO)	124
Annex E (normative) Routine tests	128
Annex F (informative) Description of the shaker arc test in 9.10.2	129
Annex IA (informative) Methods of determination of short-circuit power-factor	131
Annex IB (informative) Examples of terminal designs	133
Annex IC (informative) Correspondence between ISO and AWG copper conductors	136
Annex ID (informative) Follow-up testing program for AFDDs	137
Annex IE (informative) SCPDs for short-circuit tests	141
Annex J (normative) Particular requirements for AFDDs with screwless type terminals for external copper conductors	143
Annex K (normative) Particular requirements for AFDDs with flat quick-connect terminations	151
Annex L (normative) Specific requirements for AFDDs with screw-type terminals for external untreated aluminium conductors and with aluminium screw-type terminals for use with copper or with aluminium conductors	158
Bibliography	168
Figure 1 – Thread forming tapping screw	84
Figure 2 – Thread cutting tapping screw	84
Figure 3 – Standard test finger (9.6)	85
Figure 4 – Test circuit for series arc fault tests	86
Figure 5 – Arc generator	86
Figure 6 – Test circuit for parallel arc fault tests	86
Figure 7 – Test circuit for parallel arc cable cutting test	87
Figure 8 – Test apparatus	87
Figure 9 – Test for verification of correct operation in case of parallel arc to ground	87
Figure 10 – Test circuit for masking tests (inhibition and disturbing loads)	87
Figure 11 – Test configuration for masking tests	88
Figure 12 – EMI filter 1 for masking tests	88
Figure 13 – EMI filter 2 for masking tests	89
Figure 14 – EMI filter description installed in Figure 13	89
Figure 15 – Test circuit for masking tests with line impedance	89
Figure 16 – Cross talk test	90
Figure 17 – Void	90
Figure 18 – Void	90
Figure 19 – Typical diagram for all short circuit tests except for 9.11.2.4 c)	92
Figure 20 – Typical diagram for short circuit tests 9.11.2.4.c)	93
Figure 21 – Detail of impedance Z , Z_1 and Z_2	94
Figure 22 – Example of calibration record for short-circuit test (9.11.2.2 j)	94
Figure 23 – Mechanical shock test apparatus (9.12.1)	95
Figure 24 – Mechanical impact test apparatus (9.12.2.2)	96

Figure 25 – Striking element for pendulum impact test apparatus (9.12.2.2).....	97
Figure 26 – Mounting support for sample for mechanical impact test (9.12.2.2).....	98
Figure 27 – Example of mounting of unenclosed AFDD for mechanical impact test (9.12.2.2).....	99
Figure 28 – Example of mounting of panel mounting type AFDD for the mechanical impact test (9.12.2.2).....	100
Figure 29 – Application of force for mechanical test of rail mounted AFDD (9.12.2.3).....	101
Figure 30 – Ball-pressure test apparatus (9.13.2)	101
Figure 31 – Surge current impulse 8/20 μ s.....	102
Figure 32 – Test circuit for the surge current test at AFDDs	102
Figure 33 – Stabilizing period for reliability test (9.19.2.3).....	103
Figure 34 – Reliability test cycle (9.19.2.3)	104
Figure 35 – Example for test circuit for verification of ageing of electronic components (9.20).....	105
Figure 36 – Preparation of the cable specimens (9.9.2.6)	105
Figure 37 – Example of arc voltage and current waveform obtained with cable specimen	106
Figure 38 – Test circuit for series arc in a three-phase system with balanced and unbalanced load	106
Figure 39 – Test configuration for masking tests for three-pole and four-pole AFDDs.....	106
Figure C.1 – Test arrangement	122
Figure C.2 – Grid	123
Figure C.3 – Grid circuit.....	123
Figure F.1 – Gap Measurement.....	129
Figure F.2 – Shaker arc test table with Loose Terminals	129
Figure F.3 – AFDD connected to the shaker arc table during test.....	130
Figure IB.1 – Examples of pillar terminals	133
Figure IB.2 – Examples of screw terminals and stud terminals	134
Figure IB.3 – Examples of saddle terminals	135
Figure IB.4 – Examples of lug terminals	135
Figure IE-1 – Test apparatus for the verification of the minimum I^2t and I_p values to be withstood by the AFDD	142
Figure J.1 – Connecting samples	148
Figure J.2 – Examples of screwless-type terminals	150
Figure K.1 – Example of position of the thermocouple for measurement of the temperature-rise	154
Figure K.2 – Dimensions of male tabs.....	155
Figure K.3 – Dimensions of round dimple detents (see Figure K.2)	156
Figure K.4 – Dimensions of rectangular dimple detents (see Figure K.2).....	156
Figure K.5 – Dimensions of hole detents	156
Figure K.6 – Dimensions of female connectors	157
Figure L.1 – General arrangement for the test.....	166
Figure L.2 – Example for the use of the terminals in the AFDD	166
Figure L.3 – Example for the use of the terminals in the AFDD	167
Figure L.4 – Example for the use of the terminals in the AFDD	167

Figure L.5 – Example for the use of the terminals in the AFDD	167
Figure L.6 – Example for the use of the terminals in the AFDD	167
Table 1 – Limit values of break time for $U_n = 230$ V and 400 V AFDDs	20
Table 2 – Limit values of break time for $U_n = 120$ V AFDDs	21
Table 3 – Maximum allowed number of arcing half-cycles within 0,5 s	21
Table 4 – Rated impulse withstand voltage as a function of the nominal voltage of the installation	21
Table 5 – Marking and position of marking	23
Table 6 – Standard conditions for operation in service	25
Table 7 – Minimum clearances and creepage distances (1 of 2)	30
Table 8 – Connectable cross-sections of copper conductors for screw-type terminals	33
Table 9 – Temperature-rise values	36
Table 10 – List of type tests	40
Table 11 – Test copper conductors corresponding to the rated currents	41
Table 12 – Screw thread diameters and applied torques	42
Table 13 – Pulling forces	44
Table 14 – Test voltage of auxiliary circuits	47
Table 15 – Test voltage for verification of impulse withstand voltage	50
Table 16 – Test voltage for verifying the suitability for isolation, referred to the rated impulse withstand voltage of the AFDD and the altitude where the test is carried out	50
Table 17 – Tests to be made to verify the behaviour of AFDDs under short-circuit conditions	64
Table 18 – Minimum values of I^2t and I_p	65
Table 19 – Power factors for short-circuit tests	67
Table 20 – Tests already covered in this standard	81
Table 21 – Tests to be applied for EMC	81
Table 22 – Preferred values of rated voltage	19
Table A.1 – Test sequences for AFDDs classified according to 4.1.1	108
Table A.2 – Test sequences for AFDDs classified according to 4.1.2	110
Table A.3 – Test sequences for AFDDs classified according to 4.1.3	112
Table A.4 – Number of samples for full test procedure	114
Table A.5 – Number of samples for simplified test procedure	115
Table ID.1 – Test sequences during follow-up inspections	137
Table ID.2 – Number of samples to be tested	140
Table IE.1 – Indication of silver wire diameters as a function of rated currents and short-circuit currents	141
Table J.1 – Connectable conductors	145
Table J.2 – Cross-sections of copper conductors connectable to screwless-type terminals	146
Table J.3 – Pull forces	147
Table K.1 – Informative table on colour code of female connectors in relationship with the cross section of the conductor	152
Table K.2 – Overload test forces	153
Table K.3 – Dimensions of tabs	154

Table K.4 – Dimensions of female connectors.....	157
Table L.1 – Marking for terminals.....	159
Table L.2 – Connectable cross-sections of aluminium conductors for screw-type terminals.....	160
Table L.3 – List of tests according to the material of conductors and terminals	161
Table L.4 – Connectable conductors and their theoretical diameters	161
Table L.5 – Cross sections (S) of aluminium test conductors corresponding to the rated currents	162
Table L.6 – Test conductor length	163
Table L.7 – Equalizer and busbar dimensions	163
Table L.8 – Test current as a function of rated current	165
Table L.9 – Example of calculation for determining the average temperature deviation D	165

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

GENERAL REQUIREMENTS FOR ARC FAULT DETECTION DEVICES

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

DISCLAIMER

This Consolidated version is not an official IEC Standard and has been prepared for user convenience. Only the current versions of the standard and its amendment(s) are to be considered the official documents.

This Consolidated version of IEC 62606 bears the edition number 1.1. It consists of the first edition (2013-07) [documents 23E/785/FDIS and 23E/797/RVD] and its corrigendum 1 (2013-11), and its amendment 1 (2017-02) [documents 23E/993/FDIS and 23E/1003/RVD]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.

This Final version does not show where the technical content is modified by amendment 1. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.

International Standard IEC 62606 has been prepared by subcommittee 23E: Circuit-breakers and similar equipment for household use, of IEC technical committee 23: Electrical accessories.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

In this standard, the following print types are used:

- *compliance statements: in italic type.*

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendment will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IMPORTANT – The “colour inside” logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this publication using a colour printer.

INTRODUCTION

This International Standard aims to provide necessary requirements and testing procedures for devices to be installed by skilled people in households and similar uses to mitigate the risk of igniting an electrical fire downstream of the device.

Residual Current Devices (RCDs) are recognised as efficient to reduce the risk of fire by detection of leakage current and arcing to ground as a consequence of tracking currents within an electrical installation. However, RCDs as fuses or circuit-breakers are not able to reduce the risk of electrical fire due to series or parallel arcing between live conductors.

During a series arc fault, there is no leakage to ground therefore RCDs cannot detect such a fault. Moreover, the impedance of the series arc fault reduces the load current, which will keep the current below the tripping threshold of the circuit-breaker and the fuse. In the case of a parallel arc between phase and neutral conductor, the current is only limited by the impedance of the installation. In the worst cases of sporadic arcs, the conventional circuit breakers were not designed for that purpose.

Experience and information available confirmed that the r.m.s. current value of an earth fault current caused by an arcing fault, which is able to ignite a fire, is not limited to the rated power supply frequency of 50/60 Hz, but may contain a much higher frequency spectrum that is not taken into account for the testing of RCDs.

It has been recognised that the risk of igniting a fire within an electrical installation can also be a consequence of an overvoltage due to a broken neutral in a three phase installation.

This standard covers devices designed to be installed in a distribution board at the origin of one or several final circuits of a fixed installation.

GENERAL REQUIREMENTS FOR ARC FAULT DETECTION DEVICES

1 Scope

This International Standard applies to arc fault detection devices (AFDDs) for household and similar uses, intended to be used in a.c. circuits, for rated voltages not exceeding 440 V a.c., with rated frequencies of 50 Hz, 60 Hz or 50/60 Hz and rated currents not exceeding 63 A.

NOTE 1 In the USA, Arc Fault Circuit Interrupters (AFCI) are considered similar to AFDDs.

An AFDD is designed by the manufacturer:

- either as a single device having opening means able to open the protected circuit in specified conditions; or
- as a single device integrating a protective device; or
- as a separate unit, according to Annex D assembled on site with a declared protective device.

The integrated protection device is either a circuit-breaker in accordance with IEC 60898-1 or an RCD in accordance with IEC 61008-1, IEC 61009-1 or IEC 62423.

These devices are intended to mitigate the risk of fire in a final circuit of a fixed installation due to the effect of arc fault currents that pose a risk of fire ignition under certain conditions if the arcing persists.

Protection against fire ignition due to overvoltage due to a broken neutral within a three phase installation to be included in this type of equipment as an additional option is under consideration in 9.22.

NOTE 2 Tracking current leads to arcing and therefore may ignite fire.

This International Standard applies to devices performing simultaneously the detection and discrimination of arcing current with regards to fire hazards and defines operating criteria under specified conditions for the opening of the circuit when the arcing current exceeds the limit values given in this standard.

AFDDs complying with this standard, with the exception of those with an uninterrupted neutral, are suitable for use in IT systems.

AFDDs energised from batteries or a circuit other than the protected circuit are not covered by this standard.

AFDDs provide isolation, they are intended to be operated by uninstructed persons and do not require maintenance.

Particular requirements may be necessary for:

- AFDDs incorporated in or intended only for association with plugs and socket-outlets or with appliance couplers for household or similar general purposes;
- AFDDs intended to be used at frequencies other than 50 Hz or 60 Hz.

NOTE 3 For AFDDs incorporated in, or intended only for socket-outlets the requirements of this standard can be used, as far as applicable, in conjunction with the requirements of IEC 60884-1 or the national requirements of the country where the product is placed on the market.

NOTE 4 In the UK, the plug part and the socket-outlet part(s) need not comply with any IEC 60884-1 requirements. In the UK, the plug part shall comply with BS 1363-1 and the socket-outlet part(s) shall comply with BS 1363-2.

Special precautions (e.g. surge protective devices) may be necessary when excessive overvoltages are likely to occur on the supply side.

The requirements of this standard apply for standard conditions of temperature and environment. They are applicable to AFDDs intended for use in an environment with pollution degree 2. Additional requirements may be necessary for devices used in locations having more severe environmental conditions.

NOTE 5 AFDD for d.c. applications are under consideration.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60068-2-30:2005, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic (12 + 12 h cycle)*

IEC 60068-3-4:2001, *Environmental testing – Part 3-4: Supporting documentation and guidance – Damp heat tests*

IEC 60228, *Conductors of insulated cables*

IEC 60364 (all parts), *Low-voltage electrical installations*

IEC 60364-4-44:2007, *Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment*, available from: <<http://www.graphical-symbols.info/equipment>>

IEC 60479 (all parts), *Effects of current on human beings and livestock*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60664-1:2007, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60695-2-10:2000, *Fire hazard testing – Part 2-10: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire apparatus and common test procedure*

IEC/TR 60755, *General requirements for residual current operated protective devices*

IEC 60898-1:2002, *Electrical accessories – Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations – Part 1: Circuit-breakers for a.c. operation*

IEC 61000-3-2:2014, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-2: Limits – Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)*

IEC 61008-1:2010, *Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCBs) – Part 1: General rules*

IEC 61009-1:2010, *Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBOs) – Part 1: General rules*

IEC 61543:1995, *Residual current-operated protective devices (RCDs) for household and similar use – Electromagnetic compatibility*

IEC 61543:1995/AMD1:2004

IEC 61543:1995/AMD2:2005

IEC 62423, *Type F and type B residual current operated circuit-breakers with and without integral overcurrent protection for household and similar uses*

CISPR 14-1:2009, *Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus – Part 1: Emission*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC/TR 60755, IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1, IEC 62423 and the following apply.

NOTE Where the terms "voltage" or "current" are used, they imply r.m.s. values, unless otherwise specified.

3.1

arc

arcing

luminous discharge of electricity across an insulating medium, usually accompanied by the partial volatilization of the electrodes

Note 1 to entry: A complete sinusoidal current half cycle is not considered to be an arcing half cycle.

3.2

arc fault

arcing fault

dangerous unintentional arc

3.3

arc fault detection device

AFDD

device intended to mitigate the effects of arcing faults by disconnecting the circuit when an arc fault is detected

3.4

arc fault detection unit

AFD unit

part of the AFDD ensuring the function of detection and discrimination of dangerous earth, parallel and series arc faults and initiating the operation of the device to cause interruption of the current

Note 1 to entry: The interruption of the current can either be provided by opening means (see 4.1.1) or by a protective device integrating an AFD unit (see 4.1.2) or by a protective device assembled with an AFD unit (see 4.1.3).

3.5

detection

function consisting in sensing the presence of an arc fault current

3.6 **interruption**

function consisting in bringing automatically the main contacts of the AFDD from the closed position into the open position, thereby interrupting the arc fault current(s) flowing through them

3.7 **earth arc fault**

arc fault where the current is flowing from active conductor to the earth

Note 1 to entry: The earth arc current may have a value close to the parallel arc current in some installations (e.g. TN installation).

3.8 **parallel arc fault**

arc fault where the arc current is flowing between active conductors in parallel with the load of the circuit.

3.9 **series arc fault**

arc fault where the current is flowing through the load(s) of the final circuit protected by an AFDD

3.10 **closed position**

position in which the predetermined continuity of the main circuit of the AFDD is secured

3.11 **open position**

position in which the predetermined clearance between open contacts in the main circuit of the AFDD is secured

3.12 **pole**

that part of an AFDD associated exclusively with one electrically separated conducting path of its main circuit provided with contacts intended to connect and disconnect the main circuit itself and excluding those portions which provide a means for mounting and operating the poles together

3.13 **switched neutral pole**

pole only intended to switch the neutral and not intended to have a short-circuit capacity

3.14 **isolation** **isolating function**

function intended to cut off the supply from the whole installation or a discrete section of it by separating it from every source of electrical energy for reasons of safety

[SOURCE: IEC 60947-1:2007, 2.1.19]

3.15 **isolating distance**

clearance between open contacts, meeting the safety requirements specified for isolation purposes

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-35, modified – "disconnectors" has been replaced by "isolation purposes".]

3.16

making capacity

value of the a.c. component of a prospective current that an AFDD is capable of making at a stated voltage under prescribed conditions of use and behaviour

3.17

breaking capacity

value of the a.c. component of a prospective current that an AFDD is capable of breaking at a stated voltage under prescribed conditions of use and behaviour

3.18

conditional short-circuit current

I_{nc}

value of the a.c. component of a prospective current, which an AFDD, protected by a suitable short-circuit protective device (SCPD) in series can withstand under specified conditions of use and behaviour

3.19

prospective current

current that would flow in the circuit, if each main current path of the AFDD were replaced by a conductor of negligible impedance

Note 1 to entry: The prospective current may be qualified in the same manner as an actual current, for example: prospective breaking current, prospective peak current, etc.

3.20

maximum prospective peak current (of an a.c. circuit)

prospective peak current, when the initiation of the current takes place at the instant which leads to the highest possible value

3.21

short-circuit (making and breaking) capacity

alternating component of the prospective current, expressed by its r.m.s. value, which the AFDD is designed to make, to carry for its opening time and to break under specified conditions

3.22

thread forming tapping screw

tapping screw having an uninterrupted thread

Note 1 to entry: It is not a function of this thread to remove material from the hole.

Note 2 to entry: An example of a thread forming tapping screw is shown in Figure 1.

3.23

thread cutting tapping screw

tapping screw having an interrupted thread

Note 1 to entry: It is a function of this thread to remove material from the hole.

Note 2 to entry: An example of a thread cutting tapping screw is shown in Figure 2.

4 Classification

4.1 According to the method of construction

4.1.1 AFDD as one single device, comprising an AFD unit and opening means not providing overcurrent or residual current protection.

4.1.2 AFDD as one single device, comprising an AFD unit integrated in a protective device complying with one or more of the following standards IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1 or IEC 62423.

4.1.3 AFDD according to Annex D, comprised of an AFD unit and a declared protective device, intended to be assembled on site.

4.2 According to the method of mounting and connection

Panel board type AFDDs, also referred to as distribution board types, can be connected as follows:

- a) AFDDs the connections of which are not associated with the mechanical mounting;
- b) AFDDs the connections of which are associated with the mechanical mounting, for example:
 - 1) plug-in type;
 - 2) bolt-on type.

NOTE Some AFDDs of the plug-in type or bolt-on type on the line side only, the load terminals being usually suitable for wiring connection.

4.3 According to the number of poles and current paths

- Single-pole AFDD with two current paths (one pole plus one uninterrupted neutral);
- Two-pole AFDD;
- Three-pole AFDD;
- Four-pole AFDD.

NOTE 1 In China uninterrupted neutral AFDDs are not allowed.

4.4 AFDD providing monitoring information

AFDD providing monitoring information are under consideration

Under consideration.

5 Characteristics of AFDDs

5.1 Summary of characteristics and conditions to mitigate the risk of fire

An AFDD shall ensure detection for:

- earth arc fault (see 3.7); and
- parallel arc fault (see 3.8); and
- series arc fault (see 3.9).

The characteristics of an AFDD shall be stated in the following terms:

- rated current I_n (see 5.2.2);
- rated voltage U_n (see 5.2.1);

- rated frequency (see 5.2.3);
- rated making and breaking capacity I_m (see 5.2.4);
- rated making and breaking capacity on one pole I_{m1} (see 5.2.5);
- degree of protection (see IEC 60529);
- rated conditional short-circuit current I_{nc} (see 5.3.6 and 5.5.2);
- rated conditional short-circuit current on one pole I_{nc1} (see 5.3.6 and 5.5.2);
- method of connection (see 4.2).

5.2 Rated quantities and other characteristics

5.2.1 Rated voltage

5.2.1.1 Rated operational voltage (U_n)

The rated operational voltage (hereafter referred to as "rated voltage") of an AFDD is the value of voltage, assigned by the manufacturer, to which its performance is referred.

The same AFDD may be assigned for a number of rated voltages.

5.2.1.2 Rated insulation voltage (U_i)

The rated insulation voltage of an AFDD is the value of voltage, assigned by the manufacturer, to which dielectric test voltages and creepage distances are referred.

Unless otherwise stated, the rated insulation voltage is the value of the maximum rated voltage of the AFDD. In no case shall the maximum rated voltage exceed the rated insulation voltage.

5.2.1.3 Rated impulse withstand voltage (U_{imp})

The rated impulse withstand voltage of an AFDD shall be equal to or higher than the standard values of rated impulse withstand voltage according to Table F.1 of IEC 60664-1:2007 and Table 4 of this standard.

5.2.2 Rated current (I_n)

The value of current, assigned to the AFDD by the manufacturer, which the AFDD can carry in uninterrupted duty.

5.2.3 Rated frequency

The rated frequency of an AFDD is the power frequency for which the AFDD is designed and to which the values of the other characteristics correspond.

The same AFDD may be assigned a number of rated frequencies.

5.2.4 Rated making and breaking capacity (I_m)

The r.m.s. value of the a.c. component of prospective current, assigned by the manufacturer, which an AFDD can make, carry and break under specified conditions.

The conditions are those specified in 9.11.2 for AFDDs classified according to 4.1.1 and in the standard of the declared protective device (e.g. IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1, IEC 62423) for AFDDs classified according to 4.1.2 and 4.1.3.

5.2.5 Rated making and breaking capacity on one pole (I_{m1})

The r.m.s. value of the a.c. component of prospective current, assigned by the manufacturer, which an AFDD can make, carry and break with one pole, under specified conditions.

5.3 Standard and preferred values

5.3.1 Preferred values of rated voltage (U_n)

Preferred values of rated voltage are as indicated in Table 22.

Table 22 – Preferred values of rated voltage

AFDD	Circuit supplying the AFDD	Rated voltage of AFDDs for use in systems 230 V or 230/400 V or 400 V V	Rated voltage of AFDDs for use in systems 120/240 V or 240 V V
Single-pole (with two current paths)	Single phase (phase to earthed middle conductor or phase to neutral)	230	120
Two-pole	Single phase (phase to neutral or phase to phase or phase to earthed middle conductor)	230, 400	120, 240
Three-pole	Three phases (3-wire or 4-wire) (400 V or 230/400 V or 230 V-system)	230 400	
Four-pole	Three phases (4-wire) (230/400 V-system)	400	
NOTE 1 In IEC 60038 the network voltage value of 230/400 V has been standardized. This value is likely to progressively supersede the values of 220/380 V and 240/415 V.			
NOTE 2 Wherever in this standard there is a reference to 230 V or 400 V, they can be read as 220 V or 240 V, 380 V or 415 V, respectively.			
NOTE 3 Wherever in this standard there is a reference to 120 V or 120/240 V or 240 V, they can be read as 100 V, 100/200 V or 200 V, respectively.			
NOTE 4 Wherever in this standard there is a reference to 240 V three phases, it can be read as 100 V or 120/208 V.			

NOTE In Japan, the phase to neutral conductor and phase to earthed conductor (grounded conductor) are considered in a different way because single phase 2-wire systems supplied from a 2-wire system source do not have a neutral point.

5.3.2 Preferred values of rated current (I_n)

Preferred values of rated current are:

6 – 8 – 10 – 13 – 16 – 20 – 25 – 32 – 40 – 50 – 63 A.

5.3.3 Standard values of rated frequency

Standard values of rated frequency are 50 Hz, 60 Hz and 50/60 Hz.

5.3.4 Minimum value of the rated making and breaking capacity (I_m)

The minimum value of the rated making and breaking capacity I_m is 10 I_n or 500 A, whichever is the greater.

The associated power factors are given in 9.11.2 for AFDDs classified according to 4.1.1 and in the standard of the declared protective device for AFDDs classified according to 4.1.2 and 4.1.3.

5.3.5 Minimum value of the rated making and breaking capacity on one pole (I_{m1})

The minimum value of the rated making and breaking capacity on one pole I_{m1} is 10 I_n or 500 A, whichever is the greater.

The associated power factors are given in 9.11.2 for AFDDs classified according to 4.1.1 and in the standard of the declared protective device for AFDDs classified according to 4.1.2 and 4.1.3.

5.3.6 Standard and preferred values of the rated conditional short-circuit current (I_{nc}) and standard and preferred values of the rated conditional short circuit current for one pole (I_{nc1})

5.3.6.1 General

The standard and preferred values of the rated conditional short-circuit current I_{nc} and I_{nc1} are specified as follows:

5.3.6.2 Values up to and including 10 000 A

Up to and including 10 000 A, the standard values of the rated conditional short-circuit current I_{nc} and I_{nc1} are:

3 000 – 4 500 – 6 000 – 10 000 A.

The associated power factors are given in 9.11.2 for AFDDs classified according to 4.1.1 and in the standard of the declared protective device for AFDDs classified according to 4.1.2 and 4.1.3.

NOTE In Korea, the values of 1 000 A, 1 500 A, 2 000 A, 2 500 A, 7 500 A, 9 000 A are also considered as standard values.

5.3.6.3 Values above 10 000 A

For values above 10 000 A up to and including 25 000 A, a preferred value is 20 000 A.

The associated power factors are given in 9.11.2 for AFDDs classified according to 4.1.1 and in the standard of the declared protective device for AFDDs classified according to 4.1.2 and 4.1.3.

Values above 25 000 A are not considered in this standard.

5.3.7 Limiting values of operating criteria for AFDDs for low and high arc currents

5.3.7.1 Limit values of operating criteria for AFDDs at low arc currents up to 63 A

Table 1 – Limit values of break time for $U_n = 230$ V and 400 V AFDDs

Test arc current (r.m.s. values)	2,5 A	5 A	10 A	16 A	32 A	63 A
Maximum break time	1 s	0,5 s	0,25 s	0,15 s	0,12s	0,12 s

NOTE Low arc currents can occur due to insulation faults phase to earth or series arcing

Table 2 – Limit values of break time for $U_n = 120$ V AFDDs

Test arc current (r.m.s. values)	5 A	10 A	16 A	32 A	63 A
Maximum break time	1 s	0,4 s	0,28 s	0,14 s	0,14 s

When the test current to which the AFDD is exposed is not one of the values in Tables 1 or 2, the allowable break time shall be determined by linear interpolation between the break time values above and below the actual test current.

5.3.7.2 Limit values of operating criteria for AFDDs at high arc currents above 63 A

Table 3 – Maximum allowed number of arcing half-cycles within 0,5 s

Test arc current ^a (r.m.s. values)	75 A	100 A	150 A	200 A	300 A	500 A
N ^b	12	10	8	8	8	8

^a This test current is the prospective current before arcing in the testing circuit.
^b N is the number of half cycles at the rated frequency.

NOTE High arc currents can occur due to insulation faults phase to earth or parallel arcing.

5.4 Standard value of rated impulse withstand voltage (U_{imp})

Table 4 gives the standard value of rated impulse withstand voltages as a function of the nominal voltage of the installation.

Table 4 – Rated impulse withstand voltage as a function of the nominal voltage of the installation

Rated impulse withstand voltage U_{imp} kV	Nominal voltage of the installation	
	Three-phase systems V	Single-phase system with mid-point earthed V
2,5 ^a		120/240 ^b
4 ^a	230/400	120/240, 240 ^c

NOTE 1 For test voltages to check the insulation, see Table 15.
NOTE 2 For test voltages to check the isolation distance across open contacts, see Table 16.

^a The values 3 kV and 5 kV respectively are used for verifying the isolating distances across open contacts at the altitude of 2 000 m (see Table 16).
^b For installation practice in Japan.
^c For installation practice in North American countries.

In case an AFDD is intended to be connected (see 4.1.1) or integrated (see 4.1.2) or assembled (see 4.1.3) with one or several declared protective devices whose standard values of rated impulse withstand voltage are more severe than those mentioned in Table 4, the standard conditions for operation in service and for installation of the most severe protective device standard shall apply.

5.5 Coordination with short-circuit protective devices (SCPDs)

5.5.1 General

AFDDs shall be protected against short-circuits by means of circuit-breakers or fuses complying with their relevant standards according to the installation rules of the IEC 60364 series.

Coordination between AFDDs and the SCPD shall be verified under the general conditions of 9.11 to verify that there is an adequate protection of the AFDDs against short-circuit currents up to the conditional short-circuit current I_{nc} .

5.5.2 Rated conditional short-circuit current (I_{nc}) and rated conditional short-circuit on one pole (I_{nc1})

The r.m.s. value of prospective current, assigned by the manufacturer, which an AFDD, protected by a SCPD, can withstand under specified conditions without undergoing alterations impairing its functions.

The conditions are those specified in 9.11.

5.5.3 Operating characteristics of opening means for AFDDs according to 4.1.1

5.5.3.1 General

Opening means shall meet all applicable requirements of this standard.

The following acronyms I_{m1} and I_{nc1} are used for testing on one pole only.

5.5.3.2 Rated making and breaking capacity (I_m and I_{m1})

The conditions for the rated making and breaking capacity (I_m and I_{m1}) in 5.2.4 and 5.2.5 are those specified in 9.11.2.3 and in 9.11.2.4.

The associated power factors for the minimum value of the rated making and breaking (I_m and I_{m1}) given in 5.3.4 and 5.3.5 are specified in Table 19 of 9.11.2.2.

5.5.3.3 Rated conditional short-circuit capacity (I_{nc} and I_{nc1})

The conditions for the rated conditional short circuit capacity (I_{nc} and I_{nc1}) in 5.3.6 are those specified in 9.11.2.5.

The associated power factors are specified in Table 19 of 9.11.2.2.

6 Marking and other product information

6.1 Marking

Each AFDD shall be marked in a durable manner with all or, for small apparatus, part of the following data:

Table 5 – Marking and position of marking

	Marking or Information item	Position of the marking or information		
		Visible on product when installed	On the product	In a Leaflet
a	the manufacturer's name or trade mark;		X	X
b	type designation, catalogue number or serial number		X	X
c	rated voltage(s)	X		X
d	rated frequency; AFDDs with more than one rated frequency (e.g. 50/60 Hz) shall be marked accordingly		X	X
e	rated current	X		X
f	rated making and breaking capacity		X	X
g	the position of use, if necessary			X
h	the degree of protection (only if different from IP20);			X
i	wiring diagram		X	X
j	standard reference		X	X

The marking shall be on the AFDD itself or on a nameplate or nameplates attached to the AFDD and shall be located so that it is legible when the AFDD is installed.

The suitability for isolation, which is provided by all AFDDs of this standard, may be indicated by the symbol  (IEC 60617-7:2001-07) on the device. When affixed, this marking may be included in a wiring diagram, where it may be combined with symbols of other functions.

NOTE In Australia this marking is mandatory but is not required to be visible after installation.

When the symbol is used on its own (i.e. not in a wiring diagram), combination with symbols of other functions is not allowed.

If a degree of protection higher than IP20 according to IEC 60529 is marked on the device, it shall comply with it, whichever the method of installation. If the higher degree of protection is obtained only by a specific method of installation, and/or with the use of specific accessories (e.g. terminal covers, enclosures, etc.), this shall be specified in the manufacturer's literature.

If, for small devices, the space available does not allow all the above data to be marked, at least the information under c and e shall be marked and visible when the device is installed. The information under a, b, d, f, i and j may be marked on the side or on the back of the device and be visible only before the device is installed. Alternatively the information under i may be on the inside of any cover which has to be removed in order to connect the supply wires. Any remaining information not marked shall be given in the manufacturer's catalogues.

The open position shall be indicated by the symbol "O" (IEC 60417-5008:2002-10) and the closed position by the symbol "I" (a short straight vertical line, IEC 60417-5007:2002-10). Additional national symbols for this indication are allowed. Provisionally the use of national indications only is allowed. These indications shall be readily visible when the AFDD is installed.

Alternatively, a button remaining in its depressed position is sufficient to indicate the closed position. On the other hand, if the button does not remain depressed, an additional means indicating the position of the contacts shall be provided.

If it is necessary to distinguish between the supply and the load terminals, they shall be clearly marked (e.g. by "line" and "load" placed near the corresponding terminals or by arrows indicating the direction of power flow).

Terminals exclusively intended for the connection of the neutral circuit shall be indicated by the letter N.

Terminals intended for the protective conductor, if any, shall be indicated by the symbol  (IEC 60417-5019:2006-08).

The marking shall be indelible, easily legible and not be placed on screws, washers or other removable parts.

The terminal shall be suitable for all types of conductors: rigid (solid or stranded) and unless otherwise specified by the manufacturer also for flexible.

For universal terminals (for rigid-solid, rigid-stranded and flexible conductors):

- no marking.

For non-universal terminals:

- terminals declared for rigid-solid conductors only shall be marked by the letters "s" or "sol";
- terminals declared for rigid (solid and stranded) only conductors shall be marked by the letter "r";

The markings should appear on the AFDD or, if the space available is not sufficient, on the smallest package unit or in technical information.

For devices according to 4.1.2, the marking required in Clause 6 of IEC 60898-1:2002 or IEC 61008-1:2010 or IEC 61009-1:2010 shall be indicated, as applicable.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.3, according to the testing procedure given in 9.1.1

6.2 Additional marking for AFDDs according to 4.1.1

6.2.1 Marking of AFDDs

AFDDs shall be marked with:

- Maximum rated current of the main protective device with which it may be connected (e.g. 32 A max.) for short-circuit protection. If this value depends on the declared protective devices the lowest value is marked;
- Rated making and breaking capacity on one pole (I_{m1});
- Rated conditional short circuit current (I_{nc});
- Rated conditional short-circuit current on one pole (I_{nc1}).

It is recommended that the references of the main protective device with which the AFDD can be connected in series be marked.

The manufacturer shall state the Joule integral I^2t and the peak current I_p withstand capabilities of the AFDD. Where these are not stated, minimum values as given in Table 18.

For AFDDs intended to be wired with several protective devices the highest values of I^2t and I_p peak of the protective devices declared by the manufacturer is applied.

Compliance is checked by inspection and by the tests of 9.3 of this standard.

6.2.2 Instructions for wiring and operation

The AFDD manufacturer's data sheet and catalogue shall mention with which declared and standardised protective device according to IEC 60898-1 and/or IEC 61009-1 and/or IEC 62423 and/or IEC 60269 it can be connected with.

The manufacturer shall provide adequate instructions with the AFDD.

These instructions shall cover at least the following:

- reference to the type(s) and catalogue number(s), covering current and voltage ratings etc. of the declared protective device(s) with which the AFDD is designed to be wired with;
- derating factor(s), if any.

7 Standard conditions for operation in service and for installation

7.1 Standard conditions

AFDDs complying with this standard shall be capable of operating under the following standard conditions shown in Table 6.

Table 6 – Standard conditions for operation in service

Influencing quantity	Standard range of application	Reference value	Test tolerances ^f
Ambient temperature ^{a g}	–5 °C to +40 °C ^b	20 °C	± 5 °C
Altitude	Not exceeding 2 000 m		
Relative humidity maximum value 40 °C	50 % ^c		
External magnetic field	Not exceeding 5 times the earth's magnetic field in any direction	Earth's magnetic field	^d
Position	As stated by the manufacturer, with a tolerance of 2° in any direction ^e	As stated by the manufacturer	2 ° in any direction
Frequency	Reference value ± 5 % ^f	Rated value	± 2 %
Sinusoidal wave distortion	Not exceeding 5 %	Zero	5 %
^a The maximum value of the mean daily temperature is +35 °C. ^b Values outside the range are admissible where more severe climatic conditions prevail, subject to agreement between manufacturer and user. ^c Higher relative humidities are admitted at lower temperature (for example 90 % at 20 °C). ^d When an AFDD is installed in proximity of a strong magnetic field, supplementary requirements may be necessary. ^e The device shall be fixed without causing deformation liable to impair its functions. ^f The tolerances given apply unless otherwise specified in the relevant test. ^g Extreme limits of –20 °C and +60 °C are admissible during storage and transportation, and should be taken into account in the design of the device.			

In case an AFDD is connected (see 4.1.1) or integrated (see 4.1.2) or assembled (see 4.1.3) with one or several associated declared protective devices whose standard conditions for operation in service and for installation are more severe than those mentioned in Table 6, the

standard conditions for operation in service and for installation of the most severe protective device standard shall apply.

7.2 Conditions of installation

AFDDs shall be installed in accordance with the manufacturer's instructions.

7.3 Pollution degree

AFDDs complying with this standard are intended for environment with pollution degree 2, i.e. normally, only non-conductive pollution occurs; occasionally, however, a temporary conductivity caused by condensation may be expected

8 Requirements for construction and operation

8.1 General

The AFD unit shall not reduce the main operating characteristics of the declared protective device. The AFD unit within an AFDD according to 4.1.3 and the protective device shall be from the same manufacturer or being affixed with the same trade mark.

As a consequence, the manufacturer shall declare both with which protective device the AFD unit can be associated and which AFD unit is suitable with the protective device.

An AFDD shall not be designed in such a way that the AFD unit provides a current between a phase and the neutral or protective conductor within the installation having the purpose to trip another device.

AFDDs shall be so designed and constructed that, in normal use, their performance is safe, reliable and without danger to the user or the environment.

AFDDs shall comply with this standard in accordance with the scope and the relevant classifications.

AFDDs classified according to 4.1.1 shall comply with the requirements and tests given in this standard (in particular see 6.2, 9.11.2 and 9.18.1).

In the case of AFDDs intended to be wired with several protective devices, a selection of the most stringent tests among all applicable protective device standards shall be applied.

The degree of protection of AFDDs according to 4.1.1 shall not be less than the degree of protection of the declared protective device which it is to be wired with.

Where an AFDD can be wired with several declared protective devices, the highest degree of protection of all applicable standards including this one applies.

AFDDs classified according to 4.1.2 shall comply with the relevant standard of the protective device with which it is integrated (IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1, or IEC 62423 as applicable) and additionally to the requirements and tests given in this standard.

Where tests included in this standard are also included in IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1, or IEC 62423, a selection of the most stringent requirements and tests among all applicable standards shall be applied only once.

AFDDs classified according to 4.1.3 shall comply with the requirements given in this standard and additionally to the requirements and tests given in Annex D as applicable.

In case of AFDDs intended to be assembled with several protective devices, a selection of the most stringent tests among all applicable standards shall be applied.

8.2 Mechanical design

8.2.1 General

The arcing current detection and release with regards to fire hazard shall be located between the incoming and outgoing terminals of the AFDD.

It shall not be possible to alter the operating characteristics of the AFDD by means of external interventions.

It shall not be possible to disable or inhibit the AFDD function by any means.

The instructions shall state that it is not allowed to wire a circuit-breaker or an overcurrent protective device of a given rated short-circuit capacity with an AFDD according to 4.1.1 so as to result in a lower short-circuit performance.

Compliance is checked by the documentation.

8.2.2 Mechanism

The moving contacts of all poles of multipole AFDDs shall be so mechanically coupled that all poles except the switched neutral, if any, make and break substantially together, whether operated manually or automatically.

A switched neutral pole of a four pole AFDD shall not close after and shall not open before the other pole(s).

AFDDs shall have a trip-free mechanism.

It shall be possible to switch the AFDD on and off by hand.

AFDDs shall be so constructed that the moving contacts can come to rest only in the closed position or in the open position, even when the operating means is released in an intermediate position.

AFDDs shall provide in the open position an isolation distance in accordance with the requirements necessary to satisfy the isolating function.

Indication of the position of the main contacts shall be provided by one or both of the following means:

- the position of the actuator (this being preferred), or
- a separate mechanical indicator.

If a separate mechanical indicator is used to indicate the position of the main contacts, this shall show the colour red for the closed position and the colour green for the open position.

NOTE In the USA, the colours red and green are not used for contact position indication.

The means of indication of the contact position shall be reliable.

AFDDs shall be designed so that the actuator, front plate or cover can only be fitted in a manner which ensures correct indication of the contact position.

When means are provided or specified by the manufacturer to lock the operating means in the open position, locking in that position shall only be possible when the main contacts are in the open position.

Locking of the operating means in the closed position is permitted for particular applications.

Where the operating means is used to indicate the position of the contacts, the operating means, when released, shall automatically take up the position corresponding to that of the moving contacts; in this case, the operating means shall have two distinct rest positions corresponding to the position of the contacts, but, for automatic opening, a third distinct position of the operating means may be provided, in which case it shall be necessary to reset the AFDD manually before reclosing is possible.

The action of the mechanism shall not be influenced by the position of enclosures or covers and shall be independent of any removable part.

A cover sealed in position by the manufacturer is considered to be a non-removable part.

If the cover is used as a guiding means for push-buttons, it shall not be possible to remove the buttons from the outside of the AFDD.

Operating means shall be securely fixed on their shafts and it shall not be possible to remove them without the aid of a tool.

Operating means directly fixed to covers are allowed. If the operating means has an "up-down" movement, when the AFDD is mounted as in normal use, the contacts shall be closed by the up movement.

Compliance with the above requirements is checked by inspection, by manual test and, for the trip-free mechanism, by the tests of 9.11 and 9.15 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.2.3 Clearances and creepage distances (see Annex B)

The minimum required clearances and creepage distances are given in Table 7 which is based on the AFDD being designed for operating in an environment with pollution degree 2.

Compliance for item 1 in Table 7 is checked by measurement and by the tests of 9.7.7.4.1 and 9.7.7.4.2. The test is carried out with samples not submitted to the humidity treatment described in 9.7.2.

The clearances of items 2 and 4 may be reduced provided that the measured clearances are not shorter than the minimum allowed in IEC 60664-1:2007 for homogenous field conditions; in which case, after the humidity treatment described in 9.7.2, compliance for items 2 and 4 and arrangements of 9.7.3 items b), c), d) and e) is checked in the following order:

- tests according to 9.7.3 to 9.7.6 as applicable;
- tests according to 9.7.7.2 is applied with test voltages given in Table 15 with test arrangements of 9.7.3 items b), c), d), e).

If measurement does not show any reduced clearance, test 9.7.7.2 is not applied.

Compliance for item 3 in Table 7 is checked by measurement.

NOTE 1 All measurements required in 8.2.3 are carried out in test sequence A on 1 sample and the tests according to 9.7.7.2 are carried out on 3 samples of test sequence B.

Parts of PCBs connected to the live parts protected against pollution by the use of a type 2 protection according to IEC 60664-3 are exempt from this verification.

The insulating materials are classified into material groups on the basis of their comparative tracking index (CTI) according to 4.8.1 of IEC 60664-1:2007.

Table 7 – Minimum clearances and creepage distances (1 of 2)

	Minimum clearances mm			Minimum creepage distances ^{e, f} mm											
				Group IIIa ^h (175 V ≤ CTI < 400 V) ^d				Group II (400 V ≤ CTI < 600 V) ^d				Group I (600 V ≤ CTI) ^d			
	Rated voltage V			Working voltage ^e V											
	<i>U_{imp}</i>														
	2,5 kV	4 kV	4 kV												
Description	120/240 120	120/240 240	230/400 230 400	> 25 ≤ 50 ⁱ	120	250	400	> 25 ≤ 50 ⁱ	120	250	400	> 25 ≤ 50 ⁱ	120	250	400
1. between live parts which are separated when the main contacts are in the open position ^a	2,0	4,0	4,0	1,20	2,00	4,0	4,0	0,90	2,00	4,0	4,0	0,60	2,00	4,0	4,0
2. between live parts of different polarity ^a	1,5	3,0	3,0	1,20	1,50	3,0	4,0	0,90	1,50	3,0	3,0	0,60	1,50	3,0	3,0
3. between circuits supplied from different sources, one of which being PELV or SELV ^g	3,0	6,0	8,0		3,0	6,0	8,0		3,0	6,0	8,0		3,0	6,0	8,0
				Rated voltage V											
				120 / 240		230 / 400		120 / 240		230 / 400		120 / 240		230 / 400	
4. between live parts and – accessible surfaces of operating means – screws or other means for fixing covers which have to be removed when mounting the AFDD – surface on which the AFDD is mounted ^b – screws or other means for fixing the AFDD ^b – metal covers or boxes ^b – other accessible metal parts ^c – metal frames supporting flush-type AFDDs	1,50	3,0	3,0	1,50	4,0	1,50	3,0	1,50	3,0	1,50	3,0				
NOTE 1 The values given for 400 V are also valid for 440 V.															
NOTE 2 The parts of the neutral path, if any, are considered to be live parts.															
NOTE 3 Care should be taken to provide adequate clearances and creepage distances between live parts of different polarity of AFDDs, e.g. of the plug-in type mounted close to one another. If the clearance and creepage distances requirements are not fulfilled to all the surfaces adjacent to the AFDD, appropriate information will be provided for installation purposes.															

Table 7 (2 of 2)

a	For auxiliary and control contacts the values are given in the relevant standard.
b	The values are doubled if clearances and creepage distances between live parts of the device and the metallic screen or the surface on which the AFDD is mounted are not dependent on the design of the AFDD only, so that they can be reduced when the AFDD is mounted in the most unfavourable condition.
c	Including a metal foil in contact with the surfaces of insulating material which are accessible after installation for normal use. The foil is pushed into corners, grooves, etc., by means of a straight unjointed test finger according to 9.6 (see Figure 3).
d	See IEC 60112:2003.
e	Interpolation is allowed in determining creepage distances corresponding to voltage values intermediate to those listed as working voltage. When interpolating, linear interpolation shall be used and values shall be rounded to the same number of digits as the values picked up from the tables. For determination of creepage distances, see Annex B.
f	Creepage distances cannot be less than the associated clearances.
g	To cover all different voltages including ELV in an auxiliary contact.
h	For material group IIIb ($100\text{ V} \leq \text{CTI} < 175\text{ V}$), the values for material group IIIa multiplied by 1,6 apply.
i	For working voltages up to and including 25 V, reference may be made to IEC 60664-1:2007.

NOTE 2 Information on the requirements for design of solid insulation and appropriate testing is provided in IEC 60664-1:2007, 5.3 and 6.1.3.

NOTE 3 For clearances on printed wiring material, the following Note 3 Table F.2 in IEC 60664-1:2007 can be used: "For printed wiring material, the values for pollution degree 1 apply except that the value shall not be less than 0,04 mm, as specified in Table F.4." For creepage distances on printed wiring material, distances in Table F.4 in IEC 60664-1:2007 can be used if protected with a coating meeting IEC 60664-3 requirements and tests.

NOTE 4 The dimensioning of clearances and creepage distances for spacings equal to or less than 2 mm for printed wiring board can be optimised under certain conditions in case of use of IEC 60664-5. Only humidity levels HL 2 and HL3 are considered.

8.2.4 Screws, current-carrying parts and connections

8.2.4.1 Connections, whether electrical or mechanical, shall withstand the mechanical stresses occurring in normal use.

Screws operated when mounting the AFDD during installation shall not be of the thread-cutting type.

NOTE 1 Screws (or nuts) which are operated when mounting the AFDD include screws for fixing covers or cover-plates, but not connecting means for screwed conduits and for fixing the base of an AFDD.

Compliance is checked by the test of 9.4 according to the testing procedure given in 9.1.1.

NOTE 2 Screwed connections are considered as checked by the tests of 9.8, 9.11, 9.12, and 9.20.

8.2.4.2 For screws in engagement with a thread of insulating material and which are operated when mounting the AFDD during installation, correct introduction of the screw into the screw hole or nut shall be ensured.

Compliance is checked by inspection and by manual test.

NOTE The requirement with regard to correct introduction is met if introduction of the screw in a slanting manner is prevented, for example, by guiding the screw by the part to be fixed by a recess in the female thread or by the use of a screw with the leading thread removed.

8.2.4.3 Electrical connections shall be so designed that contact pressure is not transmitted through insulating material other than ceramic, pure mica or other material with characteristics no less suitable, unless there is sufficient resilience in the metallic parts to compensate for any possible shrinkage or yielding of the insulating material.

Compliance is checked by inspection.

NOTE The suitability of the material is considered in respect of the stability of the dimensions.

8.2.4.4 Current-carrying parts including parts intended for protective conductors, if any, shall be made of a metal having, under the conditions occurring in the equipment, mechanical strength, electrical conductivity and resistance to corrosion adequate for their intended use.

Examples of suitable materials are given below:

- copper;
- an alloy containing at least 58 % copper for parts worked cold, or at least 50 % copper for other parts;
- other metal or suitably coated metal, no less resistant to corrosion than copper and having mechanical properties no less suitable.

In case of using ferrous alloys or suitably coated ferrous alloys, compliance to resistance to corrosion is checked by a test of resistance to rusting (see 9.16).

The requirements of this subclause 8.2.4.4 do not apply to contacts, magnetic circuits, heater elements, bimetals, shunts, parts of electronic devices or to screws, nuts, washers, clamping plates, similar parts of terminals and parts of the test circuit.

8.2.5 Terminals for external conductors

8.2.5.1 Terminals for external conductors shall be such that the conductors may be connected so as to ensure that the necessary contact pressure is maintained permanently.

Connection arrangements intended for busbar connection are admissible, provided they are not used for the connection of cables.

Such arrangements may be either of the plug-in or of the bolt-on type.

The terminals shall be readily accessible under the intended conditions of use.

Compliance is checked by the test of 9.5 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.2.5.2 AFDDs shall be provided with terminals which shall allow the connection of copper conductors having nominal cross-sectional areas as shown in Table 8.

NOTE Examples of possible designs of terminals are given in Annex IB.

The terminals of the AFDD according to 4.1.1 shall be able to clamp the range of nominal cross-sections of conductors specified in the standard of all declared protective devices for the rated currents of the declared protective devices with which it is designed to be wired.

Compliance is checked by inspection, by measurement and by fitting in turn one conductor of the smallest and one of the largest cross-sectional area as specified.

Table 8 – Connectable cross-sections of copper conductors for screw-type terminals

Rated current ^b A		Range of nominal cross-section to be clamped ^a mm ²	
Greater than	Up to and including	Rigid (solid or stranded) conductors	Flexible conductors
–	13	1 to 2,5	1 to 2,5
13	16	1 to 4	1 to 4
16	25	1,5 to 6	1,5 to 6
25	32	2,5 to 10	2,5 to 6
32	50	4 to 16	4 to 10
50	80	10 to 25	10 to 16

NOTE For AWG cross-sections, see Annex IC.

^a It is required that, for current ratings up to and including 50 A, terminals be designed to clamp solid conductors as well as rigid stranded conductors. Nevertheless, it is permitted that terminals for conductors having cross-sections from 1 mm² up to 6 mm² be designed to clamp solid conductors only.

^b A range of AFDDs having the same fundamental design and construction of terminals, the terminals are fitted with copper conductors of the smallest cross-section for the minimum rated current and largest cross-section for the maximum rated current, as specified, solid and stranded, as applicable.

8.2.5.3 The means for clamping the conductors in the terminals shall not serve to fix any other component, although they may hold the terminals in place or prevent them from turning.

Compliance is checked by inspection and the test of 9.5 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.2.5.4 Terminals for rated currents up to and including 32 A shall allow the conductors to be connected without special preparation.

Compliance is checked by inspection.

NOTE The term "special preparation" covers soldering of wire of the conductor, use of cable lugs, formation of eyelets, etc., but not the reshaping of the conductor before its introduction into the terminal or the twisting of a flexible conductor to consolidate the end.

8.2.5.5 Terminals shall have adequate mechanical strength.

Screws and nuts for clamping the conductors shall have a metric ISO thread or a thread comparable in pitch and mechanical strength.

Compliance is checked by inspection and by the tests of 9.4 and 9.5.1 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.2.5.6 Terminals shall be so designed that they clamp the conductor without undue damage to the conductor.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.5.2 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.2.5.7 Terminals shall be so designed that they clamp the conductor reliably and between metal surfaces.

Compliance is checked by inspection and by the tests of 9.4 and 9.5.1 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.2.5.8 Terminals shall be so designed or positioned that neither a rigid solid conductor nor a wire of a stranded conductor can slip out while the clamping screws or nuts are tightened.

This requirement does not apply to lug terminals.

Compliance is checked by the test of 9.5.3 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.2.5.9 Terminals shall be so fixed or located that, when the clamping screws or nuts are tightened or loosened, their fixings do not become loose.

These requirements do not imply that the terminals shall be so designed that their rotation or displacement is prevented, but any movement shall be sufficiently limited so as to prevent non-compliance with the requirements of this standard.

The use of sealing compound or resin is considered to be sufficient for preventing a terminal from working loose, provided that:

- the sealing compound or resin is not subject to stress during normal use;
- the effectiveness of the sealing compound or resin is not impaired by temperatures attained by the terminal under the most unfavourable conditions specified in this standard.

Compliance is checked by inspection, by measurement and by the test of 9.4 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.2.5.10 Clamping screws or nuts of terminals intended for the connection of protective conductors shall be adequately secured against accidental loosening and it shall not be possible to unclamp them without a tool.

Compliance is checked by manual test.

In general, the designs of terminals of which examples are shown in Annex IB provide sufficient resilience to comply with this requirement; for other designs special provisions, such as the use of an adequately resilient part which is not likely to be removed inadvertently, may be necessary.

8.2.5.11 Screws and nuts of terminals intended for the connection of external conductors shall be in engagement with a metal thread and the screws shall not be of the tapping screw type.

8.3 Protection against electric shock

AFDDs shall be so designed that, when they are mounted and wired as for normal use, live parts are not accessible.

NOTE The term "normal use" implies that AFDDs be installed according to the manufacturer's instructions.

A part is considered to be "accessible" if it can be touched by the standard test finger (see 9.6).

For AFDDs other than those of the plug-in type, external parts, other than screws or other means for fixing covers and labels, which are accessible when AFDDs are mounted and wired as in normal conditions of use, shall either be of insulating material, or be lined throughout with insulating material, unless the live parts are within an internal enclosure of insulating material.

Linings shall be fixed in such a way that they are not likely to be lost during installation of AFDDs. They shall have adequate thickness and mechanical strength and shall provide adequate protection at places where sharp edges occur.

Inlet openings for cables or conduits shall either be of insulating material or be provided with bushings or similar devices of insulating material. Such devices shall be reliably fixed and shall have adequate mechanical strength.

For plug-in AFDDs external parts other than screws or other means for fixing covers, which are accessible for normal use, shall be of insulating material.

Metallic operating means shall be insulated from live parts and their conductive parts, which otherwise would be "exposed conductive parts", shall be covered by insulating material, with the exception of means for coupling insulated operating means of several poles.

Metal parts of the mechanism shall not be accessible. In addition, they shall be insulated from accessible metal parts, from metal frames supporting the base of flush-type AFDDs, from screws or other means for fixing the base to its support and from metal plates used as support.

It shall be possible to replace plug-in AFDDs easily without touching live parts.

Lacquer and enamel are not considered to provide adequate insulation for the purpose of this subclause.

Compliance is checked by inspection and by the test of 9.6 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.4 Dielectric properties and isolating capability

AFDDs shall have adequate dielectric properties and shall ensure isolation.

Control circuits connected to the main circuit shall not be damaged by high d.c. voltage due to insulation measurements which are normally carried out after AFDDs are installed.

Compliance is checked by the tests of 9.7 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.5 Temperature rise

8.5.1 Temperature-rise limits

The temperature-rises of the parts of an AFDD specified in Table 9, measured under the conditions specified in 9.8.2, shall not exceed the limiting values stated in Table 9.

The AFDD shall not suffer damage impairing its functions and its safe use.

Table 9 – Temperature-rise values

Parts ^{a, b}	Temperature-rise K
Terminals for external connections ^c	65
External parts liable to be touched during manual operation of the AFDD, including operating means of insulating material and metallic means for coupling insulated operating means of several poles	40
External metallic parts of operating means	25
Other external parts, including that face of the AFDD in direct contact with the mounting surface	60
^a No value is specified for the contacts, since the design of most AFDDs is such that a direct measurement of the temperature of those parts cannot be made without the risk of causing alterations or displacement of parts likely to affect the reproducibility of the tests. The test of reliability (see 9.19) is considered to be sufficient for checking indirectly the behaviour of the contacts with respect to undue temperature-rises in service. ^b No value is specified for parts other than those listed, but no damage shall be caused to adjacent parts of insulating materials, and the operation of the AFDD shall not be impaired. ^c For plug-in type AFDDs the terminals of the base on which they are installed.	

In case an AFDD is wired (see 4.1.1) or integrated (see 4.1.2) or assembled (see 4.1.3) with one or several associated declared protective devices whose standard conditions for temperature rise are more severe than those mentioned in Table 9, the standard conditions for operation in service and for installation of the most severe protective device standard shall apply (IEC 60898, IEC 61008, IEC 61009 and IEC 62423).

8.5.2 Ambient air temperature

The temperature-rise limits given in Table 9 are applicable only if the ambient air temperature remains between the limits given in Table 6.

8.6 Operating characteristics

8.6.1 Operating characteristics of the protective device part

AFDDs classified according to 4.1.2 shall comply with the operating characteristics of the relevant standard of the protective device in which it is integrated (IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1, or IEC 62423 as applicable).

Compliance is checked by carrying out all the relevant tests of the specified relevant standard.

AFDDs classified according to 4.1.3 shall comply with the operating characteristics of the relevant standard of the protective device to which it is assembled (IEC 60898, IEC 61008-1, IEC 61009-1, or IEC 62423 as applicable).

Compliance is checked by carrying out all the relevant tests provided in the specified relevant standard and in Annex D.

8.6.2 Operating characteristics

8.6.2.1 General

The operating characteristics of AFDDs shall comply with the following requirements.

Compliance of the following subclauses is checked by the tests given in 9.9.

8.6.2.2 Operation in case of a series arc fault

The operation of AFDDs to an arc fault current shall be in accordance with breaking time shown in Table 1 or 2 as applicable

Compliance is checked by the tests of 9.9.2.

8.6.2.3 Operation in case of a parallel arc fault

The operation of AFDDs in case of a parallel arc fault shall be in accordance with the number of arcing half cycles in Table 3.

Compliance is checked by the tests of 9.9.3.

8.7 Mechanical and electrical endurance

AFDDs shall be capable of performing an adequate number of mechanical and electrical operations.

Compliance is checked by the test of 9.10 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.8 Performance at short-circuits currents

AFDDs shall be capable of performing a specified number of short-circuit operations during which they shall neither endanger the operator nor initiate a flashover between live conductive parts or between live conductive parts and earth.

Compliance is checked by the tests of 9.11 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.9 Resistance to mechanical shock and impact

AFDDs shall have adequate mechanical behaviour so as to withstand the stresses imposed during installation and use.

Compliance is checked by the test of 9.12 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.10 Resistance to heat

AFDDs shall be sufficiently resistant to heat.

Compliance is checked by the test of 9.13 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.11 Resistance to abnormal heat and to fire

External parts of AFDDs made of insulating material shall not be liable to ignite and to spread fire if current-carrying parts in their vicinity, under fault or overload conditions, attain a high temperature. The resistance to abnormal heat and to fire of the other parts made of insulating material is considered as checked by the other tests of this standard.

Compliance is checked by the test of 9.14 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.12 Behaviour of AFDDs in case of overcurrents in the main circuit

AFDDs shall fulfil the specified conditions of overcurrents.

Compliance is checked by the test of 9.17 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.13 Behaviour of AFDDs in case of current surges caused by impulse voltages

AFDDs shall adequately withstand the current surges to earth due to the loading of the capacitances of the installation and the current surges to earth due to flashover in the installation.

Compliance is checked by the tests of 9.18 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.14 Reliability

AFDDs shall operate reliably even after long service, taking into account the ageing of their components.

Compliance is checked by the tests of 9.19 and 9.20 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.15 Electromagnetic compatibility (EMC)

AFDDs shall comply with relevant EMC requirements.

Compliance is checked by the tests of 9.21 according to the testing procedure given in 9.1.1.

8.16 Masking test for correct operation behaviour in presence of various appliances connected to the load side

AFDDs shall not be blinded and shall be able to continue to detect arc faults in case of various appliances connected to the load side

Compliance is checked by the tests of 9.9.4.

8.17 Performance of the AFD test device

An AFDD shall be provided with a manual or an automatically initiated test function or both that checks the arc detection circuit.

The automatic test function shall be performed at every switch on and at intervals not exceeding at least once a day.

During automatic testing, it is not required to open the contacts by performing the test.

NOTE 1 The mechanical parts of the mechanism are verified by the endurance tests and the contacts are verified by the short circuit tests. For that reason these parts are expected to be high reliable and need not to be included in a periodic test.

In case of manual test, the device shall trip.

NOTE 2 Additional requirements and testing procedure for testing the performance manually or automatically are under consideration.

In case a malfunction is detected during automatic testing, the AFDD shall trip and indicate the result.

AFDDs including an RCD function need a test device according to the relevant product standard.

The protective conductor of the installation shall not become live (the touch current and/or the touch voltage shall be limited below the dangerous levels according to IEC 60364 and IEC 60479 series of standards) during the function test.

For verification, the manufacturer shall provide the necessary documentation of the test function circuit.

8.18 Performance in case of partial loss of supply connections

Three-pole AFDDs and four-pole AFDDs shall also perform as required for series, parallel and earth arc fault when connected as follows:

- for three-pole AFDD, with two phases only;
- for four-pole AFDD: with three phases without neutral, with two phases only, and one phase and neutral.

Compliance is checked by the tests of 9.23.

9 Testing procedure

9.1 General

9.1.1 General testing procedure for the different type of AFDDs

AFDDs classified according to 4.1.1 shall be connected in series with the declared protective device(s) which complies with IEC 60898-1 or IEC 61009-1 or IEC 62423 or IEC 60269, for the testing in 9.11.2.5.

For AFDDs intended to be wired with several protective devices, the testing procedure is applied with the highest values of I^2t and I peak of the protective devices declared by the manufacturer.

The declared protective device(s) shall comply with the type tests of:

- IEC 60898-1 for circuit-breakers;
- IEC 61009-1 or IEC 62423 for RCBs;
- IEC 60269 series for fuses;

as applicable.

AFDDs classified according to 4.1.2 shall first be tested according to IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1, or IEC 62423, as applicable.

After completion of the tests given either in IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1, or IEC 62423, the additional tests given in this standard shall be applied in order to show conformity to this standard

In case tests included in this standard were also included in IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1, or IEC 62423, the most severe tests among all applicable standards shall be applied only once but the acceptance criteria combines the acceptance criteria of all applicable standard

AFDDs classified according to 4.1.3 shall first be assembled as declared by the manufacturer with the declared protective device(s) (according to manufacturers' instructions) which complies/comply with IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1, or IEC 62423, as applicable.

Afterward, the testing procedure given in this standard together with the additional requirements and test given in Annex D shall be applied.

In case of AFDDs intended to be assembled with several protective devices, the testing procedure has to be either repeated with each protective device declared by the manufacturer

or the most stringent tests among all applicable standards shall be applied only once but the acceptance criteria combines the acceptance criteria of any applicable standard.

Annex A provides the test sequence and number of samples for testing the AFDDs.

9.1.2 The characteristics of AFDDs are checked by means of type tests

Type tests required by this standard are listed in Table 10:

Table 10 – List of type tests

Test	Subclause
– Indelibility of marking	9.3 ^a
– Reliability of screws, current-carrying parts and connections	9.4 ^a
– Reliability of terminals for external conductors	9.5 ^a
– Protection against electric shock	9.6 ^a
– Dielectric properties	9.7 ^a
– Temperature-rise	9.8
– Operating characteristics	9.9
– Mechanical and electrical endurance	9.10 ^a
– Behaviour under short-circuit conditions	9.11
– Resistance to mechanical shock and impact	9.12 ^a
– Resistance to heat	9.13 ^a
– Resistance to abnormal heat and to fire	9.14 ^a
– Verification of the trip-free mechanism	9.15
– Test of resistance to rusting	9.16
– Verification of limiting values of the non-operating current under overcurrent conditions	9.17
– Behaviour in case of surges caused by impulse voltage	9.18
– Verification of reliability	9.19
– Verification of ageing of electronic components	9.20
– Electromagnetic compatibility	9.21
– Verification of protection due to overvoltage due to a broken neutral in a three phase system	9.22
– Verification of the behaviour in case of partial loss of supply connections	9.23
^a For AFDDs classified according to 4.1.2, these tests are already covered by the tests according to the relevant standard for RCDs or circuit breakers and need not to be repeated here.	

9.1.3 For certification purposes, type tests are carried out in test sequences.

NOTE The term "certification" denotes either:

- the manufacturer's declaration of conformity; or
- third-party certification, for example by an independent certification body.

The test sequences and the number of samples to be submitted are stated in Annex A.

Unless otherwise specified, each test sequence is made on a new AFDD, the influencing quantities having their normal reference values (see Table 6).

9.1.4 Routine tests to be carried out by the manufacturer on each device

Routine tests of AFDDs are given in Annex E.

The routine test of the operating characteristics of declared protective devices for AFDDs classified 4.1.2 and 4.1.3 shall be tested according to declared protective device standards IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1 or IEC 62423, as applicable.

9.2 Test conditions

The AFDD is mounted individually according to manufacturer's instructions and in free air, at an ambient temperature between 20 °C and 25 °C, unless otherwise specified, and is protected against undue external heating or cooling.

AFDDs designed for installation in individual enclosures are tested in the smallest of such enclosures specified by the manufacturer.

NOTE 1 An individual enclosure is an enclosure designed to accept one device only.

Unless otherwise specified due to the declared protective device, the AFDD is wired with the appropriate cable having the cross-section specified in Table 11 and is fixed on a dull black painted plywood board of not less than 20 mm, the method of fixing shall comply with the requirements relating to the indications of the manufacturer concerning mounting.

Table 11 – Test copper conductors corresponding to the rated currents

Rated current I_n A	$I_n \leq 6$	$6 < I_n \leq 13$	$13 < I_n \leq 20$	$20 < I_n \leq 25$	$25 < I_n \leq 32$	$32 < I_n \leq 50$	$50 < I_n \leq 63$
S mm ²	1	1,5	2,5	4	6	10	16

NOTE 2 For AWG copper conductors, see Annex IC.

Where tolerances are not specified, type tests are carried out at values not less severe than those specified in this standard. Unless otherwise specified, tests are carried out at the rated frequency $\pm 5\%$.

During the tests no maintenance or dismantling of the samples are allowed.

For the tests of 9.8, 9.9, 9.19.3 and 9.20, the AFDD is connected as follows:

- the connections are made by means of single-core, PVC-insulated copper cables;
- the connections are in free air and spaced not less than the distance existing between the terminals;
- the minimum length of each temporary connection from terminal to terminal is:
 - 1 m for cross-sections $\leq 10 \text{ mm}^2$;
 - 2 m for cross-sections $> 10 \text{ mm}^2$.

The tightening torques to be applied to the terminal screws are two-thirds of those specified in Table 12.

For AFDDs with dependent manual operation, an operating speed of $0,1 \text{ m/s} \pm 25\%$ shall be used during actuation for the tests of 9.10 and 9.11. The speed is measured at the extremity when and where the operating means of the test apparatus touches the actuating means of the AFDD under test. For rotary knobs, the angular velocity shall correspond substantially to the above conditions, referred to the speed of the operating means (at its extremities) of the AFDD under test.

9.3 Test of indelibility of marking

The test is made by rubbing the marking by hand for 15 s with a piece of cotton soaked with water and again for 15 s with a piece of cotton soaked with aliphatic solvent hexane (with a content of aromatics of maximum 0,1 % volume, a kauributanol value of 29, initial boiling point approximately 65 °C, dry point approximately 69 °C and specific gravity of 0,68 g/cm³).

NOTE Aliphatic solvent hexane having both the main composition required by the standards and CAS No. 110-54-3 is acceptable.

Marking made by impressing, moulding or engraving is not subjected to this test.

After this test, the marking shall be easily legible. The marking shall also remain easily legible after all the tests of this standard.

It shall not be possible to easily remove labels and they shall show no curling.

9.4 Test of reliability of screws, current-carrying parts and connections

Compliance with the requirements of 8.2.4 is checked by inspection and, for screws and nuts which are operated when mounting and connecting the AFDD, by the following test.

The screws or nuts are tightened and loosened:

- 10 times for screws in engagement with a thread of insulating material;
- 5 times in all other cases.

Screws or nuts in engagement with a thread of insulating material are completely removed and reinserted each time.

The test is made by means of a suitable test screwdriver or spanner applying a torque as shown in Table 12.

The screws and nuts shall be tightened in one smooth and continuous motion.

The test is made with rigid conductors only, having the largest cross-sectional areas specified in Table 8, solid or stranded, whichever is the most unfavourable. The conductor is moved each time the screw or nut is loosened.

Table 12 – Screw thread diameters and applied torques

Nominal diameter of thread mm		Torque Nm		
Greater than	Up to and including	I	II	III
–	2,8	0,2	0,4	0,4
2,8	3,0	0,25	0,5	0,5
3,0	3,2	0,3	0,6	0,6
3,2	3,6	0,4	0,8	0,8
3,6	4,1	0,7	1,2	1,2
4,1	4,7	0,8	1,8	1,8
4,7	5,3	0,8	2,0	2,0
5,3	6,0	1,2	2,5	3,0
6,0	8,0	2,5	3,5	6,0
8,0	10,0	–	4,0	10,0

Column I applies to screws without heads if the screw, when tightened, does not protrude from the hole, and to other screws which cannot be tightened by means of a screwdriver with a blade wider than the diameter of the screw.

Column II applies to other screws which are tightened by means of a screwdriver.

Column III applies to screws and nuts which are tightened by means other than a screwdriver.

Where a screw has a hexagonal head with a slot for tightening with a screwdriver and the values in columns II and III are different, the test is carried out twice, first applying to the hexagonal head the torque specified in column III and then, on another sample, applying the torque specified in column II by means of a screwdriver. If the values in columns II and III are the same, only the test with the screwdriver is carried out.

During the test, the screwed connections shall not become loose and there shall be no damage, such as breakage of screws or deterioration to the head slots, threads, washers or stirrups, which will impair the further use of the AFDD.

Moreover, enclosures and covers shall not be damaged.

9.5 Test of reliability of terminals for external conductors

9.5.1 The terminals are fitted with copper conductors of the same type (solid, stranded or flexible) of the smallest and largest cross-sections specified in Table 8.

The terminal shall be suitable for all types of conductors: rigid (solid or stranded) and flexible, unless otherwise specified by the manufacturer.

Terminals shall be tested with the minimum and maximum cross-section of each type of conductors on new terminals as follows:

- Tests for solid conductors shall use conductors having cross-sections from 1 mm² up to 6 mm², as applicable;
- Tests for stranded conductors shall use conductors having cross-sections from 1,5 mm² up to 25 mm², as applicable;
- Tests for flexible conductors shall use conductors having cross-sections from 1 mm² up to 16 mm², as applicable.

The conductor is inserted into a new terminal for the minimum distance prescribed or, where no distance is prescribed, until it just projects from the far side, and in the position most likely to assist the wire to escape.

The clamping screws are then tightened with a torque equal to two-thirds of that shown in the appropriate column of Table 12.

Each conductor is then subjected to a pull of the value, in Newton, shown in Table 13, according to the relevant cross-section of the tested conductor.

The pull is applied without jerks, for 1 min, in the direction of the axis of the conductor space.

When it is necessary, the tested values, for the different cross-sections with the relevant pulling force, shall be clearly indicated in the test report.

Table 13 – Pulling forces

Cross-section of the conductor inserted in the terminal mm ²	1 up to and including 4	Above 4 up to and including 6	Above 6 up to and including 10	Above 10 up to and including 16	Above 16 up to and including 50
Pull N	50	60	80	90	100

During the test, the conductor shall not move noticeably in the terminal.

9.5.2 The terminals are fitted with copper conductors of the smallest and largest cross-sections specified in Table 8, solid or stranded, whichever is the more unfavourable, and the terminal screws are tightened with a torque equal to two-thirds of that shown in the appropriate column of Table 12.

The terminal screws are then loosened and the part of the conductor which may have been affected by the terminal is inspected.

The conductors shall show no undue damage or severed wires.

NOTE Conductors are considered to be unduly damaged if they show deep or sharp indentations.

During the test, terminals shall not become loose and there shall be no damage, such as breakage of screws or damage to the head slots, threads, washers or stirrups, which will impair the further use of the terminal.

9.5.3 The terminals are fitted with the largest cross-section area specified in Table 8, for stranded and/or flexible copper conductors.

Before insertion in the terminal, the strands of the conductor are suitably reshaped.

The conductor is inserted into the terminal until the conductor reaches the bottom of the terminal or just projects from the far side of the terminal and in the position most likely to permit a strand (or strands) to escape. The clamping screw or nut is then tightened with a torque equal to two-thirds of that shown in the appropriate column of Table 12.

After the test, no strand of the conductor shall have escaped outside the retaining device.

9.6 Verification of protection against electric shock

This requirement is applicable to those parts of AFDDs which are exposed to the operator when mounted as for normal use.

The test is made with the standard test finger shown in Figure 3, on the AFDD mounted as for normal use (see note of 8.3) and fitted with conductors of the smallest and largest cross-sections which may be connected to the AFDD.

The standard test finger shall be so designed that each of the jointed sections can be turned through an angle of 90° with respect to the axis of the finger, in the same direction only.

The standard test finger is applied in every possible bending position of a real finger, an electrical contact indicator being used to show contact with live parts.

It is recommended that a lamp be used for the indication of contact and that the voltage be not less than 40 V. The standard test finger shall not touch live parts.

AFDDs with enclosures or covers of thermoplastic material are subjected to the following additional test, which is carried out at an ambient temperature of $35\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, the AFDD being at this temperature.

AFDDs are subjected for 1 min to a force of 75 N, applied through the tip of a straight unjointed test finger of the same dimensions as the standard test finger. This finger is applied to all places where yielding of insulating material could impair the safety of the AFDD, but is not applied to knock-outs.

During this test, enclosures or covers shall not deform to such an extent that live parts can be touched with the unjointed test finger.

Unenclosed AFDDs having parts not intended to be covered by an enclosure are submitted to the test with a metal front panel, and mounted as for normal use.

9.7 Test of dielectric properties

9.7.1 General

AFDDs shall be tested according to the following subclauses.

9.7.2 Resistance to humidity

9.7.2.1 Preparation of the AFDD for test

Parts of the AFDD which can be removed without the aid of a tool are removed and subjected to the humidity treatment with the main part; spring lids are kept open during this treatment.

Inlet openings, if any, are left open; if knock-outs are provided, one of them is opened.

9.7.2.2 Test conditions

The humidity treatment is carried out in a humidity cabinet containing air with a relative humidity equal to $93\% \pm 5\%$.

The temperature of the air in which the sample is placed is maintained within $\pm 2\text{ °C}$ of any convenient value T between 20 °C and 30 °C .

Before being placed in the humidity cabinet, the sample is brought to a temperature between $T\text{ °C}$ and $T\text{ °C} + 4\text{ °C}$.

9.7.2.3 Test procedure

The sample is kept in the cabinet for 48 h.

NOTE An example for obtaining a relative humidity between 91 % and 95 % consists of placing in the humidity cabinet a saturated solution of sodium sulphate (Na_2SO_4) or potassium nitrate (KNO_3) in water having a sufficiently large surface in contact with the air.

In order to achieve the specified conditions within the cabinet, it is recommended to ensure constant circulation of the air within and to use a cabinet which is thermally insulated.

9.7.2.4 Condition of the AFDD after the test

After this treatment, the sample shall show no damage within the meaning of this standard and shall withstand the tests of 9.7.3, 9.7.4, 9.7.5, 9.7.6 and 9.7.7.2 (if applicable).

9.7.3 Insulation resistance of the main circuit

The AFDD having been treated as specified in 9.7.2 is then removed from the cabinet.

After an interval between 30 min and 60 min following this treatment, the insulation resistance is measured 5 s after application of a d.c. voltage of approximately 500 V, successively as follows:

- a) with the AFDD in the open position, between each pair of terminals which are electrically connected together when the AFDD is in the closed position, in turn on each pole;
- b) with the AFDD in the closed position, in turn between each pole and the others connected together, electronic components connected between current paths being disconnected for the test;
- c) with the AFDD in the closed position, between all poles connected together and the frame, including a metal foil or part in contact with the outer surface of the housing of insulating material but with the terminal areas kept completely free to avoid flashover between terminals and the metal foil;
- d) between metal parts of the mechanism and the frame;

NOTE Access to the metal part of the mechanism may be specifically provided for this measurement.

- e) for AFDDs with a metal enclosure having an internal lining of insulating material, between the frame and a metal foil in contact with the inner surface of the lining of insulating material, including bushings and similar devices.

Measurements a), b) and c) are carried out after having connected all auxiliary circuits to the frame.

The term "frame" includes:

- all accessible metal parts and a metal foil in contact with the surfaces of insulating material which are accessible after installation as for normal use;
- the surface on which the base of the AFDD is mounted, covered, if necessary, with metal foil;
- screws and other devices for fixing the base to its support;
- screws for fixing covers which have to be removed when mounting the AFDD;
- metal parts of operating means referred to in 8.3.

If the AFDD is provided with a terminal intended for the connection of protective conductors, this is connected to the frame.

For the measurements according to b), c), d) and e), the metal foil is applied in such a way that the sealing compound, if any, is effectively tested.

The insulation resistance shall not be less than:

- 2 MΩ for the measurements according to a) and b);
- 5 MΩ for the other measurements.

9.7.4 Dielectric strength of the main circuit

After the AFDD has passed the tests of 9.7.3, the test voltage specified is applied for 1 min between the parts indicated in 9.7.3, electronic components, if any, being disconnected for the test.

The test voltage shall have a practically sinusoidal waveform, and a frequency between 45 Hz and 65 Hz.

The source of the test voltage shall be capable of supplying a short-circuit current of at least 0,2 A.

No overcurrent tripping device of the transformer shall operate when the current in the output circuit is lower than 100 mA.

The values of the test voltage shall be as follows:

- 2 000 V for a) to d) of 9.7.3;
- 2 500 V for e) of 9.7.3.

Initially, no more than half the prescribed voltage is applied, then it is raised to the full value within 5 s.

No flashover or breakdown shall occur during the test.

Glow discharges without drop in voltage are neglected.

9.7.5 Insulation resistance and dielectric strength of auxiliary circuits

- a) The measurement of the insulation resistance and the dielectric strength tests for the auxiliary circuits are carried out immediately after the measurement of the insulation resistance and the dielectric strength tests for the main circuit, under the conditions given in b) and c) below.

Where electronic components connected to the main circuit in normal service are used, the temporary connections for test shall be made so that, during the tests, there is no voltage between the incoming and outgoing sides of the components.

- b) The measurements of the insulation resistance are carried out:

- between the auxiliary circuits connected to each other and to the frame;
- between each of the parts of the auxiliary circuits which might be isolated from the other parts in normal service and the whole of the other parts connected together;

at a voltage of approximately 500 V d.c. after this voltage has been applied for 1 min.

The insulation resistance shall be not less than 2 MΩ.

- c) A substantially sinusoidal voltage at rated frequency is applied for 1 min between the parts listed under b).

The voltage values to be applied are specified in Table 14.

Table 14 – Test voltage of auxiliary circuits

Rated voltage of auxiliary circuits (a.c. or d.c.) V		Test voltage V
Greater than	Up to and including	
0	30	600
30	50	1 000
50	110	1 500
110	250	2 000
250	500	2 500

At the beginning of the test the voltage shall not exceed half the value specified. It is then increased steadily to the full value in not less than 5 s, but not more than 20 s.

During the test, there shall be no flashover or perforation.

NOTE 1 Discharges which do not correspond to a voltage drop are disregarded.

NOTE 2 In the case of AFDDs in which the auxiliary circuit is not accessible for verification of the requirements given in b), the tests are made on samples specially prepared by the manufacturer or according to the manufacturer's instructions.

NOTE 3 Auxiliary circuits do not include the control circuit of AFDDs functionally dependent on line voltage.

NOTE 4 Control circuits other than those of secondary circuit of detection transformers and control circuits connected to the main circuit are submitted to the same tests as the auxiliary circuits.

9.7.6 Capability of control circuits connected to the main circuit in respect of withstanding high d.c. voltages due to insulation measurements

The test is carried out on the AFDD fixed on a metal support, in the closed position, with all control circuits connected as in service.

A d.c. voltage source is used with the following characteristics:

- open voltage: $600 \text{ V }^{+25}_0 \text{ V}$;

NOTE This value is provisional.

- maximum ripple: 5 %;

where: ripple = $100 \times [(\text{maxvalue} - \text{meanvalue}) / \text{meanvalue}]$

- short-circuit current: $12 \text{ mA }^{+2}_0 \text{ mA}$.

This test voltage is applied for 1 min, in turn between each pole and the other poles connected together to the frame.

After this treatment, the functionality of the AFDD is verified by repeating the test of 9.9.2.4 at the lowest current of Table 1 or 2, as applicable.

9.7.7 Verification of impulse withstand voltages (across clearances and across solid insulation) and of leakage current across open contacts

9.7.7.1 General testing procedure for the impulse withstand voltage tests

The impulses are given by a generator producing positive and negative impulses having a front time of $1,2 \mu\text{s}$, and a time to half-value of $50 \mu\text{s}$, the tolerances being as follows:

- $\pm 5 \%$ for the peak value;
- $\pm 30 \%$ for the front time;
- $\pm 20 \%$ for the time to half-value.

For each test, five positive impulses and five negative impulses are applied. The interval between consecutive impulses shall be at least 1 s for impulses of the same polarity and shall be at least 10 s for impulses of the opposite polarity.

When performing the impulse voltage test on a complete AFDD, the attenuation or amplification of the test voltage shall be taken into account. It needs to be assured that the required value of the test voltage is applied across the terminals of the equipment under test.

The surge impedance of the test apparatus shall have a nominal value not higher than 500Ω .

NOTE 1 In 9.7.7.2, for the verification of clearances within the basic insulation, on a complete AFDD, IEC 60664-1 and IEC/TR 60664-2-1 recommend a very low impedance of the generator for the test. For this purpose, a hybrid generator with a virtual impedance of 2Ω is appropriate if internal components are not disconnected before testing. IEC 60664-1 and IEC/TR 60664-2-1 recommend measuring the correct test voltage directly at the clearance. The shape of the impulses is adjusted with the AFDD under test connected to the impulse

generator. For this purpose, appropriate voltage dividers and voltage sensors can be used. It is recommended to disconnect surge protective components before testing.

For AFDDs with incorporated surge arresters that cannot be disconnected, it is recommended to adjust the shape of the impulses without connection of the AFDD to the impulse generator.

Small oscillations in the impulses are allowed, provided that their amplitude near the peak of the impulse is less than 5 % of the peak value.

For oscillations on the first half of the front, amplitudes up to 10 % of the peak value are allowed.

There shall be no disruptive discharge (sparkover, flashover or puncture) during the tests.

NOTE 2 An oscilloscope can be used to observe the impulse voltage in order to detect disruptive discharge.

9.7.7.2 Verification of clearances with the impulse withstand voltage

If the measurement of clearances of items 2 and 4 of Table 7 and arrangements given in 9.7.3 b), c) d) and e) show a reduction of the required length, this test applies. This test is carried out immediately after the measurement of the insulation resistance in 9.7.5.

NOTE The measurement of the clearances can be replaced by this test.

The test is carried out on an AFDD fixed on a metal support and being in the closed position.

The test impulse voltage values shall be chosen in Table 15 in accordance with the rated impulse voltage of the AFDD as given in Table 4. These values are corrected for barometric pressure and/or altitude at which the tests are carried out, according to Table 15.

A first series of tests is made applying the impulse voltage between:

- the phase pole(s) and the neutral pole (or path) connected together;
- and the metal support connected to the terminal(s) intended for the protective conductor(s), if any.

A second series of tests is made applying the impulse voltage between:

- the phase pole(s), connected together;
- and the neutral pole (or path) of the AFDD, as applicable.

A third series of tests is made applying the impulse voltage between arrangements given in 9.7.3 b), c), d) and e) and not tested during the two first sequences described here above.

There shall be no disruptive discharge. If, however, only one such disruptive discharge occurs, ten additional impulses having the same polarity as that which caused the disruptive discharge are applied, the connections being the same as those with which the failure occurred.

No further disruptive discharge shall occur.

Table 15 – Test voltage for verification of impulse withstand voltage

Rated impulse withstand voltage U_{imp} kV	Test voltages at corresponding altitude $U_{1,2/50}$ a.c. peak kV				
	Sea level	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
2,5	2,9	2,8	2,8	2,7	2,5
4	4,9	4,8	4,7	4,4	4,0

9.7.7.3 Verification of leakage currents across open contacts (suitability for isolation)

NOTE This verification does not apply to AFDDs classified according to 4.1.2 (because it would be redundant) and 4.1.3 (see Annex D).

Each pole of the AFDD being in the open position is supplied at a voltage 1,1 times its rated operational voltage.

The leakage current flowing across the open contacts is measured after the tests of 9.10 and 9.11 and shall not exceed 2 mA.

9.7.7.4 Verification of resistance of the insulation of open contacts and basic insulation against an impulse voltage in normal conditions**9.7.7.4.1 General**

These tests are not preceded by the humidity treatment described in 9.7.2.

The tests of 9.7.7.4, as stated in requirements 8.2.3, shall be carried out before 9.7.2 on 3 samples of test sequence B of Annex A.

The test impulse voltage values shall be chosen from Table 16, in accordance with the rated voltage of the installation for which the AFDD is intended to be used as given in Table 4. These values are corrected for barometric pressure and/or altitude at which the tests are carried out, according to Table 16.

Table 16 – Test voltage for verifying the suitability for isolation, referred to the rated impulse withstand voltage of the AFDD and the altitude where the test is carried out

Nominal voltage of the installation V	Test voltages at corresponding altitude $U_{1,2/50}$ a.c. peak kV				
	Sea level	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
Single-phase system with mid-point earthed 120/240 ^a	3,5	3,5	3,4	3,2	3,0
Single phase system 120/240 240 ^b	6,2	6,0	5,8	5,6	5,0
Three-phase systems 230/400	6,2	6,0	5,8	5,6	5,0

^a For installation practice in Japan.

^b For installation practice in North American countries.

9.7.7.4.2 AFDDs in opened position

The test is carried out on an AFDD fixed on a metal support as in normal use.

The impulses are applied between:

- the line terminals connected together; and
- the load terminals connected together with the contacts in the open position.

There shall be no disruptive discharges during the test.

9.7.7.4.3 AFDDs in closed position,

9.7.7.4.3.1 Impulse voltage withstand test

The series of tests is carried out on an AFDD fixed on a metal support, wired as in normal use and being in the closed position.

All components bridging the basic insulation have to be disconnected.

A first series of tests is made, the impulses being applied between:

- the phase pole(s) and the neutral pole (or path) connected together; and
- the metal support connected to the terminal(s) intended for the protective conductor(s), if any.

A second series of tests is made, the impulses being applied between:

- the phase pole(s), connected together;
- and the neutral pole (or path) of the AFDD.

There shall be no disruptive discharge. If, however, only one such disruptive discharge occurs, ten additional impulses having the same polarity as that which caused the disruptive discharge are applied, the connections being the same as those with which the failure occurred.

No further disruptive discharge shall occur.

9.7.7.5 Verification of the behaviour of components bridging the basic insulation

Afterward, it is necessary to ensure that components, bridging the basic insulation and having been disconnected during the impulse voltage test for testing the basic insulation, would not impair the behaviour or the safety of the basic insulation of the AFDD during normal use.

A new AFDD sample is tested in order to check that components bridging the basic insulation would not reduce safety with respect to short term temporary overvoltages.

The test voltage has a frequency of 50/60 Hz. In accordance with IEC 60364-4-44:2007, Table 44.A2 and with IEC 60664-1:2007, the r.m.s. value of the test voltage for the basic insulation is $1\,200\text{ V} + U_n$ where U_n is the nominal voltage value between line and neutral.

NOTE 1 As an example, for an AFDD having a rated voltage of $U_n = 250\text{ V}$, the value of the a.c. test voltage for basic insulation is $1\,200\text{ V} + 250\text{ V}$, thus the r.m.s. test voltage is $1\,450\text{ V}$.

The voltage is applied during 5 s between:

- the phase pole(s) and the neutral pole (or path) connected together; and
- the metal support connected to the terminal(s) intended for the protective conductor(s), if any.

The AFDD is then visually inspected; no component bridging the basic insulation should show a visible alteration.

NOTE 2 It is accepted to replace a fuse before connecting the AFDD to the mains. If a fuse protecting a surge arrester has blown, it is accepted to replace the surge arrester too.

Then, the AFDD is connected to the mains in accordance with the manufacturer's instructions. The functionality of the AFDD is verified by the test of 9.9.2.4 at the lowest current of Table 1 or 2, as applicable.

This test is not applied to devices with solid neutral.

9.8 Test of temperature-rise

9.8.1 Ambient air temperature

The ambient air temperature shall be measured during the last quarter of the test period by means of at least two thermometers or thermocouples symmetrically distributed around the AFDD at about half its height and at a distance of about 1 m from the AFDD.

The thermometers or thermocouples shall be protected against draughts and radiant heat.

Care should be taken to avoid errors due to sudden temperature changes.

9.8.2 Test procedure

A current equal to I_n , at rated voltage, is passed simultaneously through all the poles of the AFDD for a period of time sufficient for the temperature-rise to reach the steady state value. In practice, this condition is reached when the variation of the temperature-rise does not exceed 1 K/h.

For four-pole AFDD, the test is first made by passing the specified current through the three phase poles only.

The test is then repeated by passing the current through the pole intended for the connection of the neutral and the pole adjacent to the neutral.

During these tests the temperature-rise shall not exceed the values shown in Table 9.

9.8.3 Measurement of the temperature of parts

The temperature of the different parts referred to in Table 9 shall be measured by means of fine wire thermocouples or by equivalent means at the nearest accessible position to the hottest spot.

Good heat conductivity between the thermocouple and the surface of the part under test shall be ensured.

9.8.4 Temperature-rise of a part

The temperature-rise of a part is the difference between the temperature of this part measured in accordance with 9.8.3 and the ambient air temperature measured in accordance with 9.8.1.

9.9 Verification of the operating characteristics

9.9.1 General

The AFDD is installed as for normal use.

The test circuit shall be of negligible inductance.

For an AFDD having more than one rated voltage (e.g. 120 V and 240 V), the tests shall be carried out at the lowest and highest voltage.

For an AFDD having more than one rated frequency, the tests shall be carried out at each rated frequency.

For the tests of 9.9.2.2 to 9.9.2.5, the cable specimen shall be replaced after each measurement.

9.9.2 Series arc fault tests

9.9.2.1 General

A representative AFDD shall clear the arcing fault in the time specified in Table 1 or 2 for the arc current level being tested. AFDDs shall be tested up to their rated current.

The AFDD being supplied with all phases, the tests shall be performed, if applicable, between one phase, chosen at random and neutral, and between two phases chosen at random.

The tests shall be conducted by connecting a cable specimen (prepared in accordance with 9.9.2.6) in series with the AFDD according to Figure 4 for tests of 9.9.2.2 to 9.9.2.5 and according to Figure 38 for tests of 9.9.2.8 and 9.9.2.9.

The adjustment of the test currents without arcing, in the line where the cable specimen is placed, is achieved by application of the line to neutral voltage reduced by 50 V to take into account the value of the arc voltage during the test. For three-pole AFDD, the mid-point of the resistors in Figure 38 shall be connected directly to the neutral. For tests of 9.9.2.2, and at the rated current only, the adjustment of the test current in the cable specimen without arcing is achieved by application of the rated voltage.

The break time is measured at each arc current level and the measured value shall not exceed the times specified in Table 1 or 2.

9.9.2.2 Verification of correct operation in case of sudden appearance of series arc in the circuit

The test switches S1, S3, S4 and the AFDD being in closed position and test current being stabilized, the test arc current is adjusted from lowest arc current value up to the rated current of the AFDD by the resistive load. The test switch S2 is then opened.

Test switch S4 is then suddenly opened to insert the prepared cable specimen in series with the load. The break time is measured three times. No measurement shall exceed the limit value in Table 1 or 2 as applicable.

9.9.2.3 Verification of correct operation in case of inserting a load with series arc fault

Test switches S3 and S4 being in the open position and test switches S1, and the AFDD being in closed position, test arc current is adjusted by the resistive load to the lowest arc current value in Table 1 or 2 as applicable. The test switch S2 is then opened.

The test switch S1 and the AFDD being in closed position, the test switch S4 and S3 being in the open position, the test switch S3 is suddenly closed to supply the load with a series arc fault.

The break time is measured three times. No measurement shall exceed the limiting value in Table 1 or 2 as applicable.

The test is then repeated for the rated current value of the AFDD.

9.9.2.4 Verification of the correct operation in case of closing on series arc fault

Test switches S1, S3 and the AFDD being in closed position, test arc current is adjusted by the resistive load to the lowest arc current value in Table 1 or 2 as applicable. After test switch S1 is opened, the test switch S2 is opened.

Test switches S1 and S4 being in the open position, the test switch S1 is suddenly closed to supply the AFDD and the load with a series arc fault.

The break time is measured three times. No measurement shall exceed the limiting value in Table 1 or 2 as applicable.

The test is then repeated for the rated current value of the AFDD.

9.9.2.5 Test at the temperature limits

The AFDD shall perform the tests specified in 9.9.2.2 under the following conditions successively:

- ambient temperature: -5°C , only for the lowest value of Table 1 or 2, as applicable and with a voltage equal to 0,85 times the rated voltage;
- ambient temperature: 40°C , the AFDD having been previously loaded with the rated current, until it attains thermal steady-state conditions, only for the rated current value of the AFDD and with a voltage equal to 1,1 times the rated voltage. After the steady state has been attained, the tripping tests shall be performed. For the tripping tests, the flow of rated current may be interrupted, provided that the total interruption period does not exceed 30 s. As soon as the sum of interruption periods exceeds 30 s, the AFDD shall be loaded again with rated current for 5 min before the next tripping time measurement.

9.9.2.6 Preparation of the cable specimens

Two conductors with a cross section area of $1,5\text{ mm}^2$ (or AWG 16) and closely tied together (e.g. with adhesive tape or equivalent) are to be prepared as follows (see Figure 36).

A cable with parallel conductors shall be used for this test. One of the following cables should be used for testing the AFDD since they provide similar results.

NOTE In case these cables cannot be sourced in a country, an assessment of the results obtained with the cables used in this country has to be done.

- The flexible PVC cable classified IEC 60227 IEC41, according to IEC 60227-1 Annex A, with two conductors are appropriate for this test.
 - Specimen cable may also be prepared with two single PVC flexible conductors classified IEC 60227 IEC02 which are kept together with PVC insulation tape.
 - The cables SPT2 and H05VV-F with two conductors are particularly appropriate for this test. A self-made cable with single flexible conductors H05V which are kept together with PVC insulation tape can be also used for the test.
- a) The material and geometry of the specimen shall be appropriate to perform a sufficient carbonization between the conductors and initiate arcing by applying the rated voltage.
 - b) The cable specimens are to be cut to a minimum length of 200 mm (or 8 inches) and the individual wires separated at each end of the cable specimen for 25 mm (or 1 inch).

- c) A slit or incision, perpendicular to the cable specimens axis, is to be made in the insulation of the cable approximately half way along the length of the cable so as to expose the conductors without severing any strands.
- d) The slit in the insulation is to be wrapped with a double layer of electrical grade black PVC tape and overwrapped with a double layer of fiberglass tape.
- e) The conductors are to be stripped at one end, approximately 12 mm (or 0,5 in) for connection to the test circuits.

The cable specimen shall be then conditioned to create a carbonized conductive path across insulation between the two cable conductors:

- f) The cable specimen is to be connected to a circuit providing 30 mA short circuit current and an open circuit voltage of at least 7 kV. The circuit is to be energized for approximately 10 s or until the smoking stops.
- g) The cable specimen is to be connected to a circuit providing 300 mA short circuit at a voltage of at least 2 kV or sufficient to cause the current to flow. The circuit is to be energized for approximately one minute or until the smoking stops.

The carbonized path shall be considered complete if a 100 W/120 V incandescent lamp starts to glow at 120 V or a resistance having an equivalent resistance value (with 100 W/120 V incandescent lamp) in series with the path draws 0,3 A at 120 V or a 100 W/230 V incandescent lamp starts to glow at 230 V or a resistance having an equivalent resistance value (with 100 W/230 V incandescent lamp).

It shall be permissible to modify the test circuit such that current does not flow through the device under test during the high voltage conditioning cycle.

9.9.2.7 Arc generator

An arc generator test is an apparatus consisting of a stationary electrode and a moving electrode as shown in Figure 5.

NOTE The value *a* in Figure 5 is not very important it can be around 17 mm $\pm$ 7,5 mm (0,7 in $\pm$ 0,3 in).

One electrode shall consist of a 6 mm $\pm$ 0,5 mm diameter carbon-graphite rod and the other electrode shall be a copper rod. The arcing end of one or both electrodes may be pointed as shown in Figure 5.

It may be necessary to clean and sharpen the rods in order to have repeatable arc conditions.

When inserted in a circuit, the separation of two electrodes at a convenient distance shall generate a consistent arc between two electrodes.

When using the arc generator, the AFDD shall clear the arcing fault in less than 2,5 times the break time in Table 1 or 2.

NOTE The arc energy during arcing with the carbonized path is in the range of 2,5 times the arc energy provided by the arc generator.

9.9.2.8 Verification of correct operation in case of arc in a three-phase system with unbalanced load

This test is applicable for a four-pole AFDD only.

The detection test shall be performed for each pole and neutral separately. Whatever the rated current value, the current in the three phases shall be adjusted at 2,5 A, 5 A and the rated current (see Figure 38), according to 9.9.2.1. The arc test shall be performed on each phase, in turn, at the previously adjusted current.

The test procedure shall be according to 9.9.2.2.

9.9.2.9 Verification of correct operation in case of arc in a three-phase system with balanced load

This test is applicable for a three-pole AFDD and a four-pole AFDD.

The detection test shall be performed for each pole, except the neutral. The load current in each phase shall be adjusted at the lowest arc current value and at the rated current of the AFDD (see Figure 38), according to 9.9.2.1.

The test procedure shall be applied according to 9.9.2.2.

9.9.3 Parallel arc fault tests

9.9.3.1 Verification of correct operation in case of parallel arc with limited current

An AFDD shall clear the arcing fault if the number of half-cycles of arcing mentioned in Table 3 occurs within a period of 0,5 s. For the purposes of these requirements, an arcing half-cycle is considered to be all of the current traces occurring within a period of 10 ms for a device rated 50 Hz and 8,3 ms for a device rated 60 Hz. Within that time period there may be current flow for some but not all of the time.

Prior to and following each period of current flow, there may be a period with no current or very reduced current. Very reduced current is considered to be current with amplitude less than 5 % of the available current or current that continues for not more than 5 % of the duration of half-cycle. This may last for either a portion of a half cycle or for several half cycles. A complete sinusoidal half cycle of current flow is not considered to be an arcing half cycle.

The tests shall be performed at fault current levels of 75 A and 100 A.

The AFDD being supplied with all phases, the tests shall be performed between a phase chosen at random and neutral (if any), and between two phases chosen at random, if applicable.

The test is performed according to Figure 6.

The cable specimen is prepared in the same way as in 9.9.2.6.

The test current is adjusted to 75 A with line impedance Z in the circuit, the test switches S1, S2, S3 and S4 being in closed position. The switches S2, S3 and S4 are then opened, the AFDD and the test switch S1 are closed. The test switch S3 is suddenly closed.

The AFDD shall open according to Table 3.

The test is then repeated with a current adjusted to 100 A with the impedance Z . The AFDD shall open according to Table 3.

The AFDD shall clear the arcing fault if the number of half-cycles of arcing mentioned in Table 3 occur within a period of 0,5 s. The 0,5 s period is considered to begin with the first arcing half cycle.

The test is to be repeated with a new cable specimen if the arcing is of a shorter duration than the number of half-cycles mentioned in Table 3 and the AFDD does not trip.

9.9.3.2 Verification of correct operation in case of parallel arc cable cutting test

An AFDD shall clear the arcing fault if the number of half-cycles of arcing mentioned in Table 3 occurs within a period of 0,5 s. For the purposes of these requirements, an arcing half-cycle is considered to be all of the current traces occurring within a period of 10 ms for a device rated 50 Hz and 8,3 ms for a device rated 60 Hz. Within that time period there may be current flow for some but not all of the time.

Prior to and following each period of current flow, there may be a period with no current or very reduced current. Very reduced current is considered to be current with amplitude less than 5 % of the available current or current that continues for not more than 5 % of the duration of half-cycle. This may last for either a portion of a half cycle or for several half cycles. A complete sinusoidal half cycle of current flow is not considered to be an arcing half cycle.

The tests shall be performed between a phase chosen at random and neutral (if any), and between two phases chosen at random, if applicable.

The test is performed according to Figure 7.

The test apparatus T for the cable cutting test shall be as shown in Figure 8 or equivalent.

The steel blade shall be 1,2 mm thick (nominal) for a 120 V rated AFDD or 3 mm thick (nominal) for a 230 V AFDD, with approximate dimensions of 32 mm by 140 mm. The blade may be replaced as necessary. The blade may be sharpened if agreeable to all concerned. This shall be attached to a lever arm to maintain a cutting angle to produce the effect. Using the test apparatus shown in Figure 8, or equivalent, the blade is to be positioned so that solid contact is made with one conductor and arcing contact is made with the second conductor.

The conductor samples to be tested shall be two conductors used in the country and closely tied together (e.g. with adhesive tape) and with cross sectional area according to Table 11. The samples shall be a maximum of 1,2 m long and shall be positioned below the blade as shown in Figure 8.

NOTE The cables SPT2 and H05VV-F are particularly appropriate for this test.

The tests shall be conducted at rated voltage of the AFDD and at test arc current of Table 3. The test arc current shall be adjusted with the impedance Z and test switches S1, S2, S3 and S4 being in the closed position. The AFDD shall be tested with three wire samples at each current level. Each wire sample shall only be used for one test.

The cutting edge of the lever arm (the length of the blade edge to be in contact with the representative conductors) is to be anywhere along the length of the cutting edge of the blade. With test switches S1 and S3 being in the closed position, a slow steady vertically direct force shall be applied to the lever arm so as to allow the blade to cut through the insulation of the conductor specimen under test. The blade is to make solid contact with one conductor and then point contact with the other conductor.

The AFDD shall clear the arcing fault if the number of half-cycles of arcing mentioned in Table 3 occur within a period of 0,5 s.

The test is to be repeated with a new cable specimen if the arcing is of a shorter duration than the number of half-cycles mentioned in Table 3 and the AFDD does not trip.

9.9.3.3 Verification of correct operation in case of earth arc fault

The test of 9.9.3.1 is repeated at 5 A and 75 A, but in a way to produce an arc to ground.

The testing arrangement is described in Figure 9.

The AFDD shall open according to Table 1 or 2 for 5 A and according to Table 3 for 75 A.

The AFDD shall clear the arcing fault if the number of half-cycles of arcing mentioned in Table 3 occur within a period of 0,5 s. The 0,5 s period is considered to begin with the first arcing half cycle.

The test is to be repeated with a new cable specimen if the arcing is of a shorter duration than the number of half-cycles mentioned in Table 3 and the AFDD does not trip.

9.9.4 Masking test, verification of correct operation

9.9.4.1 General

The correct operation of the AFDD shall be checked in different inhibition configurations. These inhibition tests are made based on test method 9.9.2.2. Either an arc generator or carbonized cable specimen can be used to generate arc fault, as declared by the manufacturer.

The AFDD being supplied with all phases, the tests shall be performed between a phase chosen at random and neutral (if any), and between two phases chosen at random, if applicable.

9.9.4.2 Masking test with inhibition loads

This test applies to a single-pole AFDD with two current paths and a two-pole AFDD.

A first series of tests with no inhibition load is performed. The AFDD and arc generator or cable specimen are connected in the circuit according to Figure 10 with current limited and adjusted by a resistive load. S1 is opened.

Test voltage shall be the rated voltage of the AFDD. Each AFDD shall be tested three times at 2,5 A for 230 V rated voltage AFDD and 5 A for a 120 V rated voltage AFDD.

A second series of tests are then applied with inhibition loads, using the same resistive load. The AFDD, the resistive load, if any, and arc fault tester are connected in each of configuration shown in Figure 11.

The AFDD shall be tested with each of the following masking loads:

- a) A vacuum cleaner, rated at 5 A to 7 A for a 230 V rated voltage AFDD and at 10 A to 14 A for a 120 V rated voltage AFDD, full load having a universal motor shall be started and run;
- b) An electronic switching mode power supply (or power supplies), having a total load current of at least 2,5 A for a 230 V rated voltage AFDD and 5 A for a 120 V rated voltage AFDD, with a minimum total harmonic distortion (THD) of 100 %, and individual minimum current harmonics of 75 % at the 3rd, 50 % at the 5th, and 25 % at the 7th. The power supply (or power supplies) shall be turned on;

NOTE 1 THD can be calculated with the formula of IEC 61000-3-2:2014, 3.14.2, for total harmonic distortion

$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{40} \left(\frac{I_h}{I_1} \right)^2}$$

- c) A capacitor start (air compressor type) motor, with a peak inrush current of 130 A $\pm$ 10 % for a 120 V rated voltage AFDD, is to be started under load (compressor operating without

any air pressure in the air tank) and operated. For a 230 V rated voltage AFDD, a 2,2 kW capacitor start (air compressor type) motor is to be used;

- d) For AFDD with rated voltage of 120 V an electronic lamp dimmer (thyristor type) 1 000 W with a filtering coil controlling a 1 000 W tungsten load consisting of four 150-W bulbs and four 100 W bulbs.

For AFDD with rated voltage of 230 V an electronic lamp dimmer (thyristor type) 600 W with a filtering coil controlling a 600 W tungsten load.

NOTE 2 In case incandescent tungsten bulbs cannot be found, they can be replaced by a resistive load with the same power.

The dimmer is to be turned on with the dimmer preset at full on, conduction angles of 60°, 90°, 120°, and at the minimum setting that causes the lamps to ignite;

- e) Two 40 W fluorescent lamps plus an additional 5 A resistive load;
- f) 12 V halogen lamps powered with electronic transformer with a total power of at least 300 W plus an additional 5 A resistive load;
- g) Electric hand tool such as a drill with at least 600 W power.

The arc fault tester in Figure 11 shall be either arc generator defined in 9.9.2.7 or the carbonized cable specimen as described in 9.9.2.6.

The AFDD shall clear the arcing fault as specified in Table 1 or 2 when using carbonised cable specimen and 2,5 times the break time in Table 1 or 2 when using the arc generator.

For selecting the maximum break time in Table 1 or Table 2, the test arc current is the current in the cable specimen without arcing; it is measured by application of the rated voltage reduced by 50 V.

When applying configuration A or C of Figure 11 this test is not required for conditions in which the masking load current, when measured before the arc is placed in the circuit, is lower than 5 A r.m.s. for a 120 V rated voltage AFDD and 2,5 A r.m.s. for a 230 V rated voltage AFDD.

Test voltage shall be the rated voltage of the AFDD. Each AFDD shall be tested three times for each load configuration.

For the first and second series of tests with arc generator, the electrodes shall first touch each other, the circuit shall be closed. The electrodes then shall be separated slowly using the lateral adjustment until arcing occurs.

9.9.4.3 Masking test with EMI filter

The AFDD shall be installed in the circuit shown in Figure 11 configuration B. An arc test shall be introduced with a 2,5 A load for a 230 V rated voltage AFDD and 5 A load for a 120 V rated voltage AFDD.

The AFDD shall clear the arcing fault as specified in Table 1 or 2 when using carbonised cable specimens and 2,5 times the break time in Table 1 or 2 when using the arc generator.

NOTE The type of cables mentioned in 9.9.2.6 can be used for this masking test

- a) Two EMI filters of 0,22 μ F shall be installed. One filter shall be installed at one end of two resistive loads of 15 m (or 50 feet) in length and 2,5 mm² (or 12 AWG) in cross-section; the cable shall comply with IEC 60228. Each filter shall be on the end of approximately 2,0 m (or 6 feet) in length and of 1,5 mm² (or 16 AWG) in cross-section. The arcing shall be initiated as shown in Figure 12.
- b) An EMI filter as described in Figure 14 shall be installed at the end of 15 m (or 50 feet), in length and 2,5 mm² (or 12 AWG) in cross-section; the cable shall comply with IEC 60228. The filter shall be on the end of 2,0 m (or 6 feet) in length and 1,5 mm² (or 16 AWG) in

cross-section flexible cable. The AFDD and the arcing shall be located as shown in Figure 13.

9.9.4.4 Masking test with line impedance

The AFDD shall be installed as intended on a branch circuit, and under the following conditions of line impedance, the AFDD shall operate in accordance with the break time specified in Table 1 or 2 when using carbonised cable specimen and 2,5 times the break time in Table 1 or 2 when using arc generator.

A branch circuit consisting of 30 m (or 100 feet) of 2,5 mm² (or 12 AWG) armoured cable, 2-conductor with steel armour. The arcing fault shall occur in series with a 5 A load for a 120 V rated voltage AFDD and 2,5 A load for a 230 V rated voltage AFDD (see Figure 15).

9.9.4.5 Masking test with inhibition loads for three-pole and four-pole AFDDs

A series of tests is performed with inhibition loads according to 9.9.2.9. The AFDD and arc fault tester are connected in the circuit according to Figure 39.

The AFDD shall be tested with each of the following masking loads at AFDD rated voltage and rated frequency:

- a) a three-phase asynchronous motor loaded to draw 2,5 A $^{+20}_0$ % per AFDD pole for 400 V rated voltage AFDD and 5 A $^{+20}_0$ % per AFDD pole for 230 V rated voltage AFDD;
- b) a variable speed drive with a three-phase asynchronous motor adjusted in such a way that the voltage applied to the motor is equal to the 80 % of the AFDD rated voltage and the ratio U_n/f^2 remains constant where U_n is the rated voltage and f the rated frequency.

The asynchronous motor consumption shall be adjusted for consuming 2,5 A $^{+20}_0$ % per AFDD pole for 400 V rated voltage AFDD and 5 A $^{+20}_0$ % per AFDD pole for 230 V rated voltage AFDD.

The switching frequency of the variable speed drive shall be between 10 kHz and 12 kHz.

Systems comprising variable speed drives, motors and cabling, shall be confirmed by the drive supplier to fulfil the requirements regarding the limit of harmonic current emissions as defined in IEC 61000-3-2 for Class A equipments. The AFDD shall clear the arcing fault as specified in Table 1 or Table 2 when using carbonized cable specimen or within 2,5 times the break time in Table 1 or Table 2 when using the arc generator.

9.9.5 Unwanted tripping test

9.9.5.1 General

The AFDD shall perform the tests in 9.9.5.2, 9.9.5.3, and 9.9.5.4 in order to ensure that the device will not trip in situations where it should not trip.

The AFDD being supplied with all phases, the tests shall be performed between a phase, chosen at random and neutral (if any), and between two phases chosen at random, if applicable.

9.9.5.2 Cross talk test

Two branch circuits installed as close as possible in the same panel are supplied with the same phase and neutral, if any, as described in Figure 16, one with AFDD protection and one without AFDD protection (but with conventional overcurrent protection). Both circuits are

connected to a resistive load drawing a current equal to 5 A. For three-pole and four-pole AFDDs, a 3-phase resistive load with 5 A in each phase shall be used.

An arc is initiated with an arc generator (according to 9.9.2.7) or a cable specimen (according to 9.9.2.6) in the circuit without the AFDD, according to the test conditions of 9.9.2.2. The arc conditions shall be sustained for a duration of minimum 0,5 s for 230 V and for 400 V circuits, or a duration of minimum 1 s for a 120 V circuit, the AFDD shall not trip.

9.9.5.3 Burst test

This test is already covered in 9.21.

9.9.5.4 Test with various disturbing loads for single-pole AFDD with two current path and two-pole AFDD

The AFDD is tested as in 9.9.4.2 but without arc generator or cable specimen shown in Figure 10 (S1 being closed).

The AFDD shall be tested with each of the following loads:

- a) A vacuum cleaner, rated at 5 A to 7 A for a 230 V rated voltage AFDD and at 10 A to 14 A for a 120 V rated voltage AFDD, full load having a universal motor shall be started and run;
- b) An electronic switching mode power supply (or power supplies), having a total load current of at least 2,5 A for a 230 V rated voltage AFDD and 5 A for a 120 V rated voltage AFDD, with a minimum total harmonic distortion (THD) of 100 %, and individual minimum current harmonics of 75 % at the 3rd, 50 % at the 5th, and 25 % at the 7th. The power supply (or power supplies) shall be turned on;
- c) A capacitor start (air compressor type) motor, with a peak inrush current of $130\text{ A} \pm 10$ percent for a 120 V rated voltage AFDD, is to be started under load (compressor operating without any air pressure in the air tank) and operated. For 230 V rated voltage AFDD, a 2,2 kW capacitor start (air compressor type) motor is to be used;
- d) For AFDD with rated voltage of 120 V an electronic lamp dimmer (thyristor type) 1 000 W with a filtering coil controlling a 1000 W tungsten load consisting of four 150 W bulbs and four 100 W bulbs.

For AFDD with rated voltage of 230 V an electronic lamp dimmer (thyristor type) 600 W with a filtering coil controlling a 600 W tungsten load.

NOTE In case incandescent tungsten bulbs cannot be found, they can be replaced by a resistive load with the same power.

The dimmer is to be turned on with the dimmer preset at full on, conduction angles of 60°, 90°, 120°, and at the minimum setting that causes the lamps to ignite;

- e) Two 40 W fluorescent lamps plus an additional 5 A resistive load;
- f) 12 V halogen lamps powered with electronic transformer with a total power of at least 300 W plus an additional 5 A resistive load;
- g) Electric hand tool such as a drill with at least 600 W power.

The electric hand tool g) shall be previously conditioned by 24 h operation.

The loads are energized during at least 5 s. Five Start/Stop operations shall be performed.

The AFDD shall not trip.

9.9.5.5 Test with various disturbing loads for three-pole and four-pole AFDDs

The AFDD is tested as in 9.9.4.5 but without the arc fault tester shown in Figure 39.

The AFDD shall be tested with each of the following loads:

- a) a three-phase (asynchronous motor) fan consuming, $2,5 \text{ A }^{+20}_0$ % per AFDD pole for a 400 V rated voltage AFDD and 5 A ^{+20}_0 % per AFDD pole for 230 V rated voltage AFDD;
- b) a variable speed drive with a three-phase (asynchronous motor) adjusted in such a way that the voltage applied to the fan is equal to the 80 % of the AFDD rated voltage and the ratio U_n/f^2 remains constant where U_n is the rated voltage and f the rated frequency.

The fan consumption shall be adjusted for consuming, $2,5 \text{ A }^{+20}_0$ % per AFDD pole for a 400 V rated voltage AFDD and 5 A ^{+20}_0 % per AFDD pole for 230 V rated voltage AFDD.

The switching frequency of the variable speed drive shall be between 10 kHz and 12 kHz.

The variable speed drive shall not be equipped with optional EMC filters.

If an acceleration ramp is used for reaching the voltage applied to the fan, it shall not take more than 5 s.

The loads are energized during at least 10 s. Five Start/Stop operations shall be performed.

The AFDD shall not trip.

9.10 Verification of mechanical and electrical endurance

9.10.1 General test conditions

The AFDD is fixed to a metal support.

AFDDs classified according to 4.1.3 shall be assembled with the declared protective device.

The test is made at rated voltage, at a current adjusted to the rated current by means of resistors and reactors in series, connected to the load terminals.

If air-core reactors are used, a resistor taking approximately 0,6 % of the current through the reactors is connected in parallel with each reactor.

If iron-core reactors are used, the iron power losses of these reactors shall not appreciably influence the recovery voltage.

The current shall have substantially sine-wave form and the power factor shall be between 0,85 and 0,9.

The AFDD is connected to the circuit with conductors of the sizes indicated in Table 11.

9.10.2 Test procedure

AFDDs are subjected to 2 000 operating cycles, each operating cycle consisting of a closing operation followed by an opening operation.

The AFDD shall be operated as for normal use.

The opening operations shall be effected as follows:

- for the first 1 000 operations using manual operating means;

- 500 operations using test device, if any;
- 500, or in the case of no test device 1000, operating cycles by tripping the AFDD. The tripping means and conditions will be decided between the manufacturer and the laboratory.

In addition, the AFDD is further subjected without load, using the manual operating means, to

- 2 000 operating cycles for AFDDs having $I_n \leq 25$ A;
- 1 000 operating cycles for AFDDs having $I_n > 25$ A.

The operating frequency shall be

- four operating cycles per minute for AFDDs of $I_n \leq 25$ A, the ON period having a duration of 1,5 s to 2 s;
- two operating cycles per minute for AFDDs of $I_n > 25$ A, the ON period having a duration of 1,5 s to 2 s.

9.10.3 Condition of the AFDD after test

Following the test of 9.10.2, the AFDD shall not show:

- undue wear;
- damage of the enclosure permitting access to live parts by the standard test finger;
- loosening of electrical or mechanical connections;
- seepage of the sealing compound, if any.

Afterward the functionality of the AFDD is verified by repeating the test of 9.9.2.4 at the lowest current of Table 1 or 2 and at the AFDD rated current, as applicable, without measurement of the break time.

The AFDD shall then perform satisfactorily the dielectric strength test in 9.7.4 for 1 min but at a voltage of 900 V without previous humidity treatment.

9.11 Verification of the behaviour of the AFDD under short-circuit conditions

9.11.1 General

AFDDs classified according to 4.1.1 shall be tested according to 9.11.2.

AFDDs classified according to 4.1.2 and 4.1.3 (according to Annex D depending on the assembled protection device) are tested according to IEC 60898, IEC 61008-1, IEC 61009-1, or IEC 62423, as applicable.

Afterward, the functionality of the AFDD is verified by repeating the test of 9.9.2.4 at 1,25 times the lowest current of Table 1 or 2, as applicable, without measurement of the break time.

9.11.2 Short-circuit tests for AFDDs according to 4.1.1

9.11.2.1 General

The various tests to verify the behaviour of the AFDD according to 4.1.1 under short-circuit conditions are shown in Table 17.

Table 17 – Tests to be made to verify the behaviour of AFDDs under short-circuit conditions

Verification of	Subclause
Rated making and breaking capacity I_m	9.11.2.3
One pole making and breaking capacity I_{m1} and suitability for IT systems	9.11.2.4
Coordination at rated conditional short-circuit current I_{nc}	9.11.2.5 a)
Coordination at rated making and breaking capacity I_m	9.11.2.5 b)
Coordination at rated conditional short-circuit current for one pole I_{nc1}	9.11.2.5 c)

9.11.2.2 General conditions for test

The conditions of 9.11.2 are applicable to any test intended to verify the behaviour of AFDDs under short-circuit conditions.

a) Test circuit

Figure 19, Figure 20 and Figure 21 give diagrams of the circuits to be used for the tests concerning:

- a single-pole AFDD with two current paths;
- a two-pole AFDD;
- a three-pole AFDD;
- a four-pole AFDD.

The supply S feeds a circuit including impedance Z, the declared protective device, as applicable, the AFDD under test (D), and the additional impedance Z_1 and/or Z_2 , as applicable.

The values of the resistors and reactors of the test circuit shall be adjusted to satisfy the specified test conditions.

The reactors L shall be preferably air-cored. They shall always be connected in series with the resistors R and their value shall be obtained by series coupling of individual reactors; parallel connecting of reactors is possible when these reactors have practically the same time-constant.

Since the transient recovery voltage characteristics of test circuits including large air-cored reactors are not representative of normal service conditions, the air-cored reactor in any phase shall be shunted by a resistor r taking approximately 0,6 % of the current through the reactor, (see Figure 21). This resistor may be omitted if agreed by manufacturer

In each test circuit the impedance Z is inserted between the supply source S and the AFDD.

The declared protective device, or the equivalent impedance (see 9.11.2.3 a) and 9.11.2.4 a)), is inserted between the impedance Z and the AFDD.

The additional impedance Z_1 , if used, shall be inserted on the load side of the AFDD.

For the tests in 9.11.2.5 a) and c), the AFDD shall be connected with cables having a length of 0,75 m per pole and the maximum cross-section corresponding to the rated current according to Table 8 of this standard.

It is recommended that 0,5 m be connected on the supply side and 0,25 m on the load side of the AFDD.

The diagram of the test circuit shall be given in the test report. It shall be in accordance with the relevant figure.

There shall be one and only one point of the test circuit which is directly earthed; this may be the short-circuit link of the test circuit or the neutral point of the supply or any other convenient point. The method of earthing shall be stated in the test report.

Z_2 , suitably calibrated, is an impedance used to obtain one of the following currents:

- the rated making and breaking capacity on one pole I_{m1} ;
- the rated conditional short-circuit current on one pole I_{nc1} .

S_1 is an auxiliary switch.

For the purpose of verifying the minimum I^2t and I_p values to be withstood by the AFDD as given in Table 18, tests have to be performed. The declared overcurrent protective device shall be used in the tests.

For the purpose of this test, verification of the declared overcurrent protective device (I^2t and I_p) is made prior to testing, the AFDD being replaced by a temporary connection having a negligible impedance.

The minimum values of let-through energy I^2t and peak current I_p , based on an electrical angle of 45°, are given in Table 18.

Without an agreement of the manufacturer, these values shall not be higher than 1,1 times the values given in Table 18.

Table 18 – Minimum values of I^2t and I_p

		I_n A					
I_{nc} and I_{nc1} A		≤ 16	≤ 20	≤ 25	≤ 32	≤ 40	≤ 63
500	I_p (kA)	0,45	0,47	0,5	0,57		
	I^2t (kA ² s)	0,4	0,45	0,53	0,68		
1 000	I_p (kA)	0,65	0,75	0,9	1,18		
	I^2t (kA ² s)	0,50	0,9	1,5	2,7		
1 500	I_p (kA)	1,02	1,1	1,25	1,5	1,9	2,1
	I^2t (kA ² s)	1	1,5	2,4	4,1	9,75	22
3 000	I_p (kA)	1,1	1,2	1,4	1,85	2,35	3,3
	I^2t (kA ² s)	1,2	1,8	2,7	4,5	8,7	22,5
4 500	I_p (kA)	1,15	1,3	1,5	2,05	2,7	3,9
	I^2t (kA ² s)	1,45	2,1	3,1	5,0	9,7	28
6 000	I_p (kA)	1,3	1,4	1,7	2,3	3	4,05
	I^2t (kA ² s)	1,6	2,4	3,7	6,0	11,5	25
10 000	I_p (kA)	1,45	1,8	2,2	2,6	3,4	4,3
	I^2t (kA ² s)	1,9	2,7	4	6,5	12	24

NOTE 1 At the request of the manufacturer, higher values of I^2t and I_p can be used.

For intermediate values of short-circuit test currents, the next higher short-circuit current shall apply.

The verification of the minimum I^2t and I_p values is not needed if the manufacturer has stated for AFDDs values higher than the minimum ones in which case the stated values shall be verified.

For coordination with circuit-breakers, tests with this combination are necessary.

All the conductive parts of the AFDD normally earthed in service, including the metal support on which the AFDD is mounted or any metal enclosure (see 9.11.2.2 f)), shall be connected to the neutral point of the supply or to a substantially non-inductive artificial neutral permitting a prospective fault current of at least 100 A.

This connection shall include a copper wire F of 0,1 mm diameter and not less than 50 mm in length for the detection of the fault current and, if necessary, a resistor R_2 limiting the value of the prospective fault current to about 100 A.

The voltage sensors are connected:

- across the terminals of the pole, for single-pole AFDDs;
- across the supply terminals, for multipole AFDDs.

Unless otherwise stated in the test report, the resistance of the measuring circuits shall be at least 100 Ω per volt of the power frequency recovery voltage.

AFDDs are supplied on the line side with the rated voltage (or, if relevant, with a voltage having the lower value of its range of rated voltages).

b) Tolerances on test quantities

All the tests concerning the verification of rated making and breaking capacity and of the correct coordination between AFDDs and declared protective devices shall be performed at values of influencing quantities and factors as stated by the manufacturer in accordance with Table 6 of this standard, unless otherwise specified.

The tests are considered as valid if the quantities as recorded in the test report are within the following tolerances for the specified values:

- Current: $\begin{matrix} +5 \\ 0 \end{matrix}$ %;
- Frequency: see 9.2 of this standard;
- Power factor: $\begin{matrix} 0 \\ -0,05 \end{matrix}$;
- Voltage: (including recovery voltage): ± 5 %.

c) Power factor of the test circuit

The power factor of each phase of the test circuit shall be determined according to a recognized method which shall be stated in the test report.

Two examples are given in Annex IA.

The power factor of a polyphase circuit is considered as the mean value of the power factor of each phase.

The power factor shall be in accordance with Table 19.

Table 19 – Power factors for short-circuit tests

Short-circuit current (I_c) A	Power factor
$I_c \leq 500$	0,95 to 1,00
$500 < I_c \leq 1\,500$	0,93 to 0,98
$1\,500 < I_c \leq 3\,000$	0,85 to 0,90
$3\,000 < I_c \leq 4\,500$	0,75 to 0,80
$4\,500 < I_c \leq 6\,000$	0,65 to 0,70
$6\,000 < I_c \leq 10\,000$	0,45 to 0,50
$10\,000 < I_c \leq 25\,000$	0,20 to 0,25

d) Power frequency recovery voltage

The value of the power frequency recovery voltage shall be equal to a value corresponding to 105 % of the rated voltage of the AFDD under test.

NOTE 2 The value of 105 % of the rated voltage is deemed to cover the effects of the variations of the system voltage under normal service conditions. The upper limit value may be increased with the approval of the manufacturer.

After each arc extinction, the power frequency recovery voltage shall be maintained for not less than 0,1 s.

e) Calibration of the test circuit

The AFDD and the declared protective device, if any, are replaced by temporary connections G_1 having a negligible impedance compared with that of the test circuit.

For the test in 9.11.2.5 a) the load terminals of the AFDD being short-circuited by means of the connections G_2 of negligible impedance, the impedance Z is adjusted so as to obtain, at the test voltage, a current equal to the rated conditional short-circuit current at the prescribed power-factor; the test circuit is energized simultaneously in all poles and the current curve is recorded with the current sensor O_1 .

Moreover, for the tests in 9.11.2.3, 9.11.2.4, 9.11.2.5 b) and c) the additional impedances Z_1 and/or Z_2 are used, as necessary, so as to obtain the required test current values (I_m , I_{m1} and I_{nc1} respectively).

f) Condition of the AFDD for test

AFDDs shall be tested in free air according to f1) of this subclause, unless they are designed for use only in enclosures specified by the manufacturer or are intended for use in individual enclosures only, in which cases they shall be tested according to f2) of this subclause or, with the agreement of the manufacturer, according to f1) of this subclause.

NOTE 3 An individual enclosure is an enclosure designed to accept one device only.

The AFDD shall be operated simulating as closely as possible the normal operation.

1) Test in free air

The AFDD under test is mounted as shown in Figure C.1 of Annex C.

The polyethylene sheet and the barrier of insulating material specified in Annex C are placed as shown in Figure C.1 for opening (O) operations only.

The grid(s) specified in Annex C shall be so positioned that the bulk of the emitted ionized gases passes through the grid(s). The grid(s) shall be placed in the most unfavourable position(s).

NOTE 4 If the position of the vents is not obvious, or if there are no vents, the appropriate information is provided by the manufacturer.

The grid circuit(s) (see Figure C.3 of Annex C) shall be connected to the points B and C according to the test circuit diagrams of Figure 19 and Figure 20.

The resistor R' shall have a resistance of 1,5 Ω . The copper wire F' (see Figure C.3 of Annex C) shall have a length of 50 mm and a diameter of 0,12 mm for AFDDs having a rated voltage of 230 V.

NOTE 5 The data for other voltages are under consideration.

For test currents up to and including 1 500 A, the distance "a" shall be 35 mm.

For higher short-circuit currents up to I_{nc} , the distance "a" may be increased and/or additional barriers or insulating means may be fitted, as stated by the manufacturer; "a", if increased, shall be chosen from the series 40 mm – 45 mm – 50 mm – 55 mm, etc. and stated by the manufacturer.

2) Test in enclosures

The grid and the barrier of insulating material shown in Figure C.1 of Annex C are omitted.

The test shall be performed with the AFDD placed in an enclosure having the most unfavourable configuration, under the most unfavourable conditions.

This means that if other AFDDs (or other devices) are normally fitted in the direction(s) in which the grid(s) would be placed, they should be installed there. These AFDDs (or other devices) are supplied as in normal use but via F' and R' as defined in f1) of this subclause and connected as shown in the appropriate Figures 19 and 20.

In accordance with the manufacturer's instructions, barriers or other means, or adequate clearances may be necessary to prevent ionized gases from affecting the installation.

The polyethylene sheet as described in Annex C is placed as shown in Figure C.1 at a distance of 10 mm from the operating means, for O operations only.

g) Sequence of operations

The test procedure consists of a sequence of operations.

The following symbols are used for defining the sequence of operations:

- O represents an opening operation, the short-circuit being established by the switch T, with the AFDD and the declared protective device, if any, in the closed position;
- CO represents a closing operation of the AFDD, both the switch T and the SCPD, if any, being in the closed position, followed by an automatic opening (in the case of a SCPD see 9.11.2.5) or by manual opening;
- t represents the time interval between two successive short-circuit operations which shall be 3 min or such longer time as may be required for resetting or renewing the SCPD, if any.

h) Behaviour of the AFDD during tests

During tests, the AFDD shall not endanger the operator.

Furthermore, there shall be no permanent arcing, no flashover between poles or between poles and exposed conductive parts, no melting of the fuse F.

i) Condition of the AFDD after tests

After each of the tests applicable carried out in accordance with 9.11.2.3, 9.11.2.4, 9.11.2.5 a), 9.11.2.5 b) and 9.11.2.5 c), AFDDs shall show no damage impairing their further use and shall be capable, without maintenance, of withstanding the following tests:

- leakage current across open contacts, according to 9.7.7.3;
- dielectric strength tests according to 9.7.4 carried out between 2 h and 24 h after the short-circuit test at a voltage of twice its rated voltage, for 1 min, without previous humidity treatment;
- making and breaking its rated current at its rated voltage.

During these tests, after the test carried out under the conditions specified in item a) of 9.7.3 it shall be verified that the indicating means show the open position and during the test carried out under the condition specified in item b) of 9.7.3 the indicating means shall show the closed position.

Under the test conditions of 9.9.2.4, the AFDD shall trip with a test current equal to 1,25 times the lowest current of Table 1 or 2, as applicable, without measurement of breaktime. The polyethylene sheet shall show no holes visible with normal or corrected vision without additional magnification.

j) Interpretation of records

1) determination of the applied and power-frequency recovery voltages

The applied and power frequency recovery voltages are determined from the record corresponding to the break test made with the AFDD under test. The applied voltage is evaluated as indicated in Figure 22.

The voltage on the supply side shall be measured during the first cycle after arc extinction in all poles and after high frequency phenomena have subsided.

2) determination of the prospective short-circuit current

The a.c. component of the prospective current is taken as being equal to the r.m.s. value of the a.c. component of the calibration current (value corresponding to A_2 of Figure 22).

Where applicable, the prospective short-circuit current shall be the average of the prospective currents in all the phases.

9.11.2.3 Verification of the rated making and breaking capacity (I_m)

This test is intended to verify the ability of the AFDD to make, to carry for a specified time and to break short-circuit currents.

a) Test conditions

The AFDD is tested in a circuit according to the general test conditions prescribed in 9.11.2.2 without any protective device being inserted in the circuit.

The connections G_1 of negligible impedance are replaced by the AFDD and by connections having approximately the impedance of the declared protective device.

The auxiliary switch S_1 remains opened.

b) Test procedure

The following sequence of operations is performed, the CO operation is performed by an actuator closing the mechanism and opening at least 0,05 s later to ensure that current flows in the AFDD:

CO – t – CO – t – CO.

9.11.2.4 Verification of the rated making and breaking capacity on one pole (I_{m1}) of AFDDs and their suitability for use in IT systems

This test is intended to verify the ability of the AFDD to make, to carry for a specified time and to break short-circuit currents on one pole and to verify suitability for IT systems.

a) Test conditions

The AFDD shall be tested according to the general test conditions prescribed in 9.11.2.2, without any protective device being inserted in the circuit, but connected in such a manner that the short-circuit current flows in one pole.

For this test the impedance Z_1 is not used, the circuit being left open.

The current paths which do not carry the short-circuit current are connected to the supply voltage at their line terminals.

The connections G_1 of negligible impedance are replaced by the AFDD and by connections having approximately the impedance of the declared protective device.

The auxiliary switch S_1 remains closed.

The test is performed on each pole in turn excluding the switched neutral pole, if any.

b) Test procedure

The following sequence of operations is performed. The closing is performed by an actuator operating the mechanism of the AFDD and opening at least 0,05 s later to ensure that current flows in the AFDD.

As an alternative to performing the opening operations with an actuator the manufacturer may provide specially prepared samples which can be opened by external electrical means which simulate automatic opening under arc fault conditions.

CO – t – CO – t – CO.

c) For the verification of the suitability in the IT system, this test is repeated on new samples:

- at a voltage of 105 % of the rated phase to phase voltage value for the phase poles and at a voltage of 105 % of U_0 for the pole marked N if any; and
- according to 5.3.5, with a current of 500 A or $10 I_n$, whichever is the greater.

Each pole is subjected individually to a test in a circuit the connections of which are shown in Figure 20.

The test sequence being CO – t – CO.

AFDDs with uninterrupted neutral are not subjected to this test.

9.11.2.5 Verification of the coordination between the AFDD and the declared protective device

These tests are performed according to Figure 19.

These tests are intended to verify that the AFDD, protected by the declared protective device, is able to withstand, without damage, short-circuit currents up to its rated conditional short-circuit current (see 5.3.6).

The short-circuit current is interrupted by the association of the AFDD and the declared protective device.

During the test either both the AFDD and the protective device or the protective device only may operate. However, if only the AFDD opens, the test is also considered as satisfactory.

The protective device is renewed or reset as applicable after each operation.

The following tests (see also Table 17) are made under the general conditions of 9.11.2.2:

- a test (see 9.11.2.5 a)) to check that at the rated conditional short-circuit current I_{nc} the declared protective device protects the AFDD.
- a test (see 9.11.2.5 b)) to check that at short-circuit currents of a value corresponding to the rated making and breaking capacity I_m , the declared protective device operates and protects the AFDD.
- a test (see 9.11.2.5 c)) to check that in the case of phase to earth short-circuits with currents up to the value of the rated conditional short-circuit current for one phase I_{nc1} , the AFDD is able to withstand the corresponding stresses.

a) Verification of the coordination at the rated conditional short-circuit current (I_{nc})

3) Test conditions

The connections G_1 of negligible impedance are replaced by the AFDD and by the declared protective device.

The auxiliary switch S1 remains open

4) Test procedure

The following sequence of operations is performed:

CO – t – CO.

b) Verification of the coordination at the rated making and breaking capacity (I_m)

1) Test conditions

The connections G_1 of negligible impedance are replaced by the AFDD and by the declared protective device.

The auxiliary switch S1 remains open.

2) Test procedure

The following sequence of operations is performed:

CO – t – CO – t – CO.

c) Verification of the coordination at rated conditional short-circuit current for one pole (I_{nc1})

1) Test conditions

The AFDD shall be tested according to the general test conditions prescribed in 9.11.2.2, but connected in such a manner that the short-circuit current flows only in one pole.

The test is performed on one pole only which shall not be the switched neutral of the AFDD, in case of multipole devices, the test is repeated on each pole.

The current paths which have not to carry the short-circuit current are connected to the supply voltage at their supply terminals.

The connections G_1 of negligible impedance are replaced by the AFDD and by the SCPD.

The auxiliary switch S1 remains closed.

2) Test procedure

The following sequence of operations is performed:

CO – t – CO – t – CO.

9.12 Verification of resistance to mechanical shock and impact

9.12.1 Mechanical shock

9.12.1.1 Test device

The AFDD is subjected to mechanical shocks using apparatus as shown on Figure 23. A wooden base A is fixed to a concrete block and a wooden platform B is hinged to A. This platform carries a wooden board C, which can be fixed at various distances from the hinge and in two vertical positions. The end of B bears a metal stop-plate D which rests on a coiled spring having a flexion constant of 25 N/mm.

The AFDD is secured to C in such a way that the distance of the horizontal axis of the sample is 180 mm from B, C being in turn so fixed that the distance of the mounting surface is 200 mm from the hinge, as shown in Figure 23.

On C, opposite to the mounting surface of the AFDD, an additional mass is fixed so that the static force on D is 25 N, in order to ensure that the moment of inertia of the complete system is substantially constant.

9.12.1.2 Test procedure

With the AFDD in the closed position, but not connected to any electrical source, the platform is lifted at its free end and then allowed to fall 50 times from a height of 40 mm, the interval between consecutive falls being such that the sample is allowed to come to rest.

The AFDD is then secured to the opposite side of C and B is again allowed to fall 50 times as before. After this test, C is turned through 90° about its vertical axis and, if necessary, repositioned so that the vertical axis of symmetry of the AFDD is 200 mm from the hinge.

The platform is then allowed to fall 50 times, as before, with the AFDD on one side of C, and 50 times with the AFDD on the opposite side.

Before each change of position the AFDD is manually opened and closed.

During the tests, the AFDD shall not open.

9.12.2 Mechanical impact

9.12.2.1 General

Compliance is checked on those exposed parts of the AFDD mounted as for normal conditions of use (see note in 8.3), which may be subjected to mechanical impact in normal use, by the test of 9.12.2.2, for all types of AFDDs and, in addition, by the tests of 9.12.2.3 for AFDDs intended to be mounted on a rail.

NOTE AFDDs only intended to be totally enclosed are not submitted to this test.

9.12.2.2 The samples are subjected to blows by means of an impact-test apparatus as shown on Figures 24 to 26.

The head of the striking element has a hemispherical face of 10 mm in radius and is polyamide having a Rockwell hardness of HR 100. The striking element has a mass of $150\text{ g} \pm 1\text{ g}$ and is rigidly fixed to the lower end of a steel tube with an external diameter of 9 mm and a wall thickness of 0,5 mm, which is pivoted at its upper end in such a way that it swings only in a vertical plane.

The axis of the pivot is $1\,000\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ above the axis of the striking element.

For determining the Rockwell hardness of the polyamide of the head of the striking element, the following conditions apply:

- diameter of the ball: $12,7\text{ mm} \pm 0,0025\text{ mm}$;
- initial load: $100\text{ N} \pm 2\text{ N}$;
- overload: $500\text{ N} \pm 2,5\text{ N}$.

NOTE 1 Additional information concerning the determination of the Rockwell hardness of plastics is given in ASTM D 785-08.

The design of the test apparatus is such that a force of between 1,9 N and 2,0 N has to be applied to the face of the striking element to maintain the tube in the horizontal position.

Surface-type AFDDs are mounted on a sheet of plywood, 175 mm × 175 mm, 8 mm thick, secured at its top and bottom edges to a rigid bracket, which is part of the mounting support, as shown in Figure 26.

The mounting support shall have a mass of $10\text{ kg} \pm 1\text{ kg}$ and shall be mounted on a rigid frame by means of pivots. The frame is fixed to a solid wall.

Flush-type AFDDs are mounted in a device, as shown on Figure 27, which is fixed to the mounting support.

Panel-mounting type AFDDs are mounted in a device, as shown in Figure 28, which is fixed to the mounting support.

Plug-in type AFDDs are mounted in their appropriate sockets, which are fixed on the sheet of plywood or in the devices according to Figure 27 or 28, as applicable.

AFDDs for rail mounting are mounted on their appropriate rail which is rigidly fixed to the mounting support.

The design of the test apparatus is such that:

- the sample can be moved horizontally and turned about an axis perpendicular to the surface of the plywood;
- the plywood can be turned about a vertical axis.

The AFDD, with its covers if any, is mounted as in normal use on the plywood or in the appropriate device, as applicable, so that the point of impact lies in the vertical plate through the axis of the pivot of the pendulum.

Cable entries which are not provided with knock-outs are left open. If they are provided with knock-outs, two of them are opened.

Before applying the blows, fixing screws of bases, covers and the like are tightened with a torque equal to two-thirds of that specified in Table 12.

The striking element is allowed to fall from a height of 10 cm on the surfaces which are exposed when the AFDD is mounted as for normal use.

The height of fall is the vertical distance between the position of a checking point when the pendulum is released and the position of that point at the moment of impact. The checking point is marked on the surface of the striking element where the line through the point of intersection of the axis of the steel tube of the pendulum and that of the striking element, and perpendicular to the plane through both axes, meets the surface.

NOTE 2 Theoretically, the centre of gravity of the striking element is the checking point. As the centre of gravity is difficult to determine, the checking point is chosen as specified above.

Each AFDD is subjected to ten blows, two of them being applied to the operating means and the remainder being evenly distributed over the parts of the sample likely to be subjected to impact.

The blows are not applied to knock-out areas or to any openings covered by a transparent material.

In general, one blow is applied on each lateral side of the sample after it has been turned as far as possible, but not through more than 60° , about a vertical axis, and two blows each approximately midway between the side blow on a lateral side and the blows on the operating means.

The remaining blows are then applied in the same way, after the sample has been turned through 90° about its axis perpendicular to the plywood.

If cable entries or knock-outs are provided, the sample is so mounted that the two lines of blows are as nearly as possible equidistant from these entries.

The two blows on the operating means shall be applied: one when the operating means is in the ON position and the other when the operating means is in the OFF position.

After the test, the samples shall show no damage within the meaning of this standard. In particular, covers which, when broken, make live parts accessible or impair the further use of the AFDD, operating means, linings or barriers of insulating material and the like, shall not show such damage.

In case of doubt, it is verified that removal and replacement of external parts, such as enclosures and covers, is possible without these parts or their lining being damaged.

NOTE 3 Damage to the appearance, small dents which do not reduce the creepage distances or clearances below the values specified in 8.2.3 and small chips which do not adversely affect the protection against electric shock are neglected.

When testing AFDDs designed for screw fixing as well as for rail mounting, the test is made on two sets of AFDDs, one of them being fixed by means of screws and the other being mounted on a rail.

9.12.2.3 AFDDs designed to be mounted on a rail are mounted as for normal use on a rail rigidly fixed on a vertical rigid wall, but without cables being connected and without any cover or cover-plate.

A downward vertical force of 50 N is applied in one smooth and continuous motion for 1 min on the forward surface of the AFDD, immediately followed by an upward vertical force of 50 N for 1 min (Figure 29).

During this test, the AFDD shall not become loose and after the test the AFDD shall show no damage impairing its further use.

Afterward, the functionality of the AFDD is verified by repeating the test 9.9.2.4 at the lowest current of Table 1 or 2, as applicable.

9.13 Test of resistance to heat

9.13.1 The samples, without removable covers, if any, are kept for 1 h in a heating cabinet at a temperature of $100\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$; removable covers, if any, are kept for 1 h in the heating cabinet at a temperature of $70\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

During the test, the samples shall not undergo any change impairing their further use, and sealing compound, if any, shall not flow to such an extent that live parts are exposed.

After the test, and after the samples have been allowed to cool down to approximately room temperature, there shall be no access to live parts which are normally not accessible when the samples are mounted as for normal use, even if the standard test finger is applied with a force not exceeding 5 N.

Afterward, the functionality of the AFDD is verified by repeating the test of 9.9.2.4 at the lowest current of Table 1 or 2, as applicable.

After the test, markings shall still be legible.

Discoloration, blisters or a slight displacement of the sealing compound are disregarded, provided that safety is not impaired within the meaning of this standard.

9.13.2 External parts of AFDDs made of insulating material necessary to retain in position current-carrying parts or parts of the protective circuit are subjected to a ball pressure test by means of the apparatus shown in Figure 30, except that, where applicable, the insulating parts necessary to retain in position terminals for protective conductors in a box, shall be tested as specified in 9.13.3.

The part to be tested is placed on a steel support with the appropriate surface in the horizontal position, and a steel ball of 5 mm diameter is pressed against this surface with a force of 20 N.

The test is made in a heating cabinet at a temperature of $125\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

After 1 h, the ball is removed from the sample which is then cooled down within 10 s to approximately room temperature by immersion in cold water.

The diameter of the impression caused by the ball is measured and shall not exceed 2 mm.

9.13.3 External parts of AFDDs made of insulating material not necessary to retain in position current-carrying parts and parts of the protective circuit, even though they are in contact with them, are subjected to a ball pressure test in accordance with 9.13.2, but the test is made at a temperature of $70\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ or at a temperature of $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ plus the highest temperature rise determined for the relevant part during the test of 9.8, whichever is higher.

NOTE For the purpose of the tests of 9.13.2 and 9.13.3, bases of surface-type AFDDs are considered as external parts.

The tests of 9.13.2 and 9.13.3 are not made on parts of ceramic material.

If two or more of the insulating parts referred to in 9.13.2 and 9.13.3 are made of the same material, the test is carried out only on one of these parts, according to 9.13.2 or 9.13.3 respectively.

9.14 Test of resistance to abnormal heat and to fire

The glow-wire test is performed on a complete AFDD in accordance with IEC 60695-2-10:2000 under the following conditions:

- for external parts of AFDDs made of insulating material necessary to retain in position current-carrying parts and parts of the protective circuit, by the test made at a temperature of $960\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$;
- for all other external parts made of insulating material, by the test made at a temperature of $650\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$.

NOTE For the purpose of this test, bases of surface-type AFDDs are considered as external parts.

If insulating parts within the above groups are made of the same material, the test is carried out only on one of these parts, according to the appropriate glow-wire test temperature.

The test is not made on parts of ceramic material.

The glow-wire test is applied to ensure that an electrically heated test wire under defined test conditions does not cause ignition of insulating parts or to ensure that a part of insulating material, which might be ignited by the heated test wire under defined conditions, has a limited time to burn without spreading fire by flame or burning parts or droplets falling from the tested part.

The test is carried out on three samples.

Each test is made on a separate sample with a different situated point of application of the glow wire.

The glow wire cannot be applied directly to terminals area or arc chamber or magnetic tripping device area, where the glow-wire cannot protrude far through the outer surface before touching either relatively big metal parts or even ceramics, which will cool down the glow-wire quickly and in addition limit the amount of insulating material ever getting in touch with the glow-wire. In this situation the parts ensure minimum severity of the test by cooling down the glow-wire and limiting access to the insulating material under test.

The sample shall be positioned during the test in the most unfavourable position of its intended use (with the surface tested in a vertical position).

If an internal part of insulation material influences the test with a negative result, it is allowed to remove the relevant identified internal part(s) of insulation material from a new sample. Then, the glow wire test shall be repeated in the same place on this new sample.

In accordance with the manufacturer, it is acceptable as an alternative method to remove the part under examination in its entirety and test it separately (see IEC 60695-2-11:2000, Clause 4).

The sample is regarded as having passed the glow-wire test if:

- there is no visible flame and no sustained glowing; or
- flames and glowing on the sample extinguish themselves within 30 s after the removal of the glow-wire.

There shall be no ignition of the tissue paper or scorching of the pine-wood board.

9.15 Verification of the trip-free mechanism

9.15.1 General test conditions

The AFDD is mounted and wired as in normal use in accordance with 9.1.1.

It is tested in a substantially non-inductive circuit, the diagram of which is shown in Figure 4.

9.15.2 Test procedure

The AFDD having been closed and the operating means being held in the closed position, the test in 9.9.2.4 is repeated at the lowest current of Table 1 or 2, as applicable.

The AFDD shall trip.

This test is then repeated by moving the operating means of the AFDD slowly over a period of approximately 1 s to a position where the current starts to flow. Tripping shall occur without further movement of the operating means.

Both tests are carried out three times, at least once on each pole intended to be connected to a phase.

NOTE If the AFDD is fitted with more than one operating means, the trip-free operation is verified for all operating means.

9.16 Test of resistance to rusting

All grease is removed from the parts to be tested by immersion in a cold chemical degreaser such as methyl-chloroform or refined petrol, for 10 min. The parts are then immersed for 10 min in a 10 % solution of ammonium chloride in water at a temperature of $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Without drying, but after shaking off any drops, the parts are placed for 10 min in a box containing air saturated with moisture at a temperature of $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

After the parts have been dried for 10 min in a heating cabinet at a temperature of $(100 \pm 5) ^\circ\text{C}$, their surfaces shall show no signs of rust.

NOTE 1 Traces of rust on sharp edges and any yellowish film removable by rubbing are ignored.

For small springs and the like and for inaccessible parts exposed to abrasion, a layer of grease may provide sufficient protection against rusting. Such parts are only subjected to the test if there is a doubt as to the effectiveness of the grease film, and in such a case the test is made without previous removal of the grease.

NOTE 2 When using the liquid specified for the test, adequate precautions are taken to prevent inhalation of the vapour.

9.17 Verification of limiting values of the non-operating current under overcurrent conditions

AFDDs classified according to 4.1.2 and 4.1.3 (according to Annex D depending on the assembled protection device) are tested according to IEC 60898, IEC 61008-1, IEC 61009-1, or IEC 62423, as applicable. There is no need for additional testing.

AFDDs classified according to 4.1.1 shall be tested according to the following procedure:

- The AFDD is connected as for normal use with a substantially non-inductive load equal to $6 I_n$;
- The load is switched on using a two-pole test switch and then switched off after 1 s;
- The test is repeated three times, the interval between two successive closing operations being at least 1 min;
- The AFDD shall not open.

9.18 Verification of behaviour of AFDDs in case of current surges caused by impulse voltages

9.18.1 General

AFDDs classified according to 4.1.1 shall be tested according to 9.18.2.

AFDDs classified according to 4.1.2 and 4.1.3 (according to Annex D depending on the assembled protection device) are tested according to IEC 60898, IEC 61008-1, IEC 61009-1, or IEC 62423, as applicable. There is no need for additional testing.

9.18.2 Verification of behaviour at surge currents up to 3 000 A (8/20 μs surge current test)

9.18.2.1 Test conditions

The AFDD is tested using a current generator capable of delivering a damped surge current 8/20 μs (IEC 60060-2) as shown in Figure 31. An example of circuit diagram connection of the AFDD is shown in Figure 32.

One pole of the AFDD chosen at random shall be submitted to 10 applications of the surge current. The polarity of the surge current wave shall be inverted after every two applications. The interval between two consecutive applications shall be about 30 s.

The current impulse shall be measured by appropriate means and adjusted using an additional AFDD of the same type with the same I_n , to meet the following requirements:

- peak value $3\,000\text{ A }^{+10}_0\%$;
- virtual front time: $8\text{ }\mu\text{s} \pm 20\%$;
- virtual time to half value: $20\text{ }\mu\text{s} \pm 20\%$;
- peak of reverse current: less than 30 % of peak value.

The current should be adjusted to the asymptotic current shape. For the tests on other samples of the same type with the same I_n , the reverse current, if any, should not exceed 30 % of the peak value.

9.18.2.2 Test results

During the test, the AFDD may trip. After any tripping, the AFDD shall be re-closed.

After the surge current tests, the correct operation of the AFDD is verified by repeating the test 9.9.2.4 at the lowest current of Table 1 or 2, as applicable.

9.19 Verification of reliability

9.19.1 General

Compliance is checked by the tests of 9.19.2 and 9.19.3.

For AFDDs having multiple settings, the tests shall be made at the lowest setting.

9.19.2 Climatic test

9.19.2.1 General

The test is based on IEC 60068-2-30, taking into account IEC 60068-3-4.

9.19.2.2 Test chamber

The chamber shall be constructed as stated in Clause 4 of IEC 60068-2-30:2005. Condensed water shall be continuously drained from the chamber and not used again until it has been re-purified. Only distilled water shall be used for the maintenance of chamber humidity.

Before entering the chamber, the distilled water shall have a resistivity of not less than $500\text{ }\Omega\text{m}$ and a pH value of $7,0 \pm 0,2$. During and after the test the resistivity should be not less than $100\text{ }\Omega\text{m}$ and the pH value should remain within $7,0 \pm 1,0$.

9.19.2.3 Severity

The cycles are effected under the following conditions:

- upper temperature: $55\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$;
- number of cycles: 28.

9.19.2.4 Testing procedure

The test procedure shall be in accordance with Clause 4 of IEC 60068-2-30:2005 and IEC 60068-3-4.

a) Initial verification

An initial verification is made by submitting the AFDD to the test 9.9.2.4 at the lowest current of Table 1 or 2, as applicable.

b) Conditioning

- 1) The AFDD mounted and wired as for normal use is introduced into the chamber.

It shall be in the closed position.

- 2) Stabilizing period (see Figure 33)

The temperature of the AFDD shall be stabilized at $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$:

- either by placing the AFDD in a separate chamber before introducing it into the test chamber; or
- by adjusting the temperature of the test chamber to $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ after the introduction of the AFDD and maintaining it at this level until temperature stability is attained.

During the stabilization of temperature by either method, the relative humidity shall be within the limits prescribed for standard atmospheric conditions for testing (see Table 6).

During the final hour, with the AFDD in the test chamber, the relative humidity shall be increased to not less than 95 % at an ambient temperature of $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$.

- 3) Description of the 24-hour cycle (see Figure 34)

- The temperature of the chamber shall be progressively raised to the appropriate upper temperature prescribed in 9.19.2.3.

The upper temperature shall be achieved in a period of $3\text{ h} \pm 30\text{ min}$ and at a rate within the limits defined by the shaded area in Figure 34.

During this period, the relative humidity shall not be less than 95 %. Condensation shall occur on the AFDD during this period.

The condition that condensation shall occur implies that the surface temperature of the AFDD is below the dew point of the atmosphere. This means that the relative humidity has to be higher than 95 % if the thermal time-constant is low. Care should be taken so that no drops of condensed water can fall on the sample.

- The temperature shall then be maintained for $12\text{ h} \pm 30\text{ min}$ from the beginning of the cycle at a substantially constant value within the prescribed limits of $\pm 2\text{ °C}$, for the upper temperature.

During this period, the relative humidity shall be $93\% \pm 3\%$ except for the first and the last 15 min when it shall be between 90 % and 100 %.

Condensation shall not occur on the AFDD during the last 15 min.

- The temperature shall then fall to $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ within 3 h to 6 h. The rate of fall for the first 1 h 30 min shall be such that, if maintained as indicated in Figure 34, it would result in a temperature of $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ being attained in $3\text{ h} \pm 15\text{ min}$.

During the temperature fall period, the relative humidity shall be not less than 95 %, except for the first 15 min when it shall be not less than 90 %.

- The temperature shall then be maintained at $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ with a relative humidity not less than 95 % until the 24 h cycle is completed.

9.19.2.5 Recovery

At the end of the cycles, the AFDD shall not be removed from the test chamber.

The door of the test chamber shall be opened and the temperature and humidity regulation is stopped.

A period of 4 h to 6 h shall then elapse to permit the ambient conditions (temperature and humidity) to be re-established before making the final measurement.

During the 28 cycles, the AFDD shall not trip.

9.19.2.6 Final verification

The functionality of the AFDD is verified by repeating the test 9.9.2.4 at 1,25 times the lowest current of Table 1 or 2, as applicable.

9.19.3 Test with temperature of 40 °C

The AFDD is mounted as for normal use on a dull black painted plywood wall, about 20 mm thick.

For each pole, a single-core cable, 1 m long and having a nominal cross-sectional area as specified in Table 11, is connected on each side of the AFDD, the terminal screws or nuts being tightened with a torque equal to two-thirds of that specified in Table 12. The assembly is placed in a heating cabinet.

The AFDD is loaded with a current equal to rated current at any convenient voltage and is subjected, at a temperature of $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, to 28 cycles, each cycle comprising 21 h with current passing and 3 h without current. The current is interrupted by an auxiliary switch, the AFDD being not operated. For a four-pole AFDD, only three poles are loaded.

At the end of the last period of 21 h with current passing, the temperature rise of the terminals is determined by means of fine wire thermocouples; this temperature rise shall not exceed 65 K.

After this test, the AFDD, in the cabinet, is allowed to cool down to approximately room temperature without current passing.

The functionality of the AFDD is verified by repeating the test 9.9.2.4 at the lowest current of Table 1 or Table 2, as applicable.

9.20 Verification of ageing of electronic components

The AFDD is placed for a period of 168 h in an ambient temperature of $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ and loaded with the rated current. The voltage on the electronic parts shall be 1,1 times the rated voltage.

After this test, the AFDD in the cabinet is allowed to cool down to approximately room temperature without current passing. The electronic parts shall show no damage.

The functionality of the AFDD is verified by repeating the test 9.9.2.4 at 1,25 times the lowest current of Table 1 or 2, as applicable.

NOTE An example for the test circuit of this verification is given in Figure 35.

9.21 Electromagnetic compatibility (EMC)

9.21.1 General

AFDDs shall be submitted to the EMC tests according to IEC 61543:1995, IEC 61543:1995/AMD1:2004 and IEC 61543:1995/AMD2:2005 and according to the additional information given in 9.21.2, 9.21.3 and 9.21.4.

9.21.2 EMC tests covered by other clauses of the present standard

The tests listed in the following Table 20 are already covered by another test clause of this standard and need not to be repeated.

Table 20 – Tests already covered in this standard

Reference to Tables 4 and 5 of IEC 61543:1995, Amendment 1:2004	Electromagnetic phenomena	Tests of present standard
T 1.3	Voltage amplitude variations	9.9.2.4
T 1.4	Voltage unbalance	9.9.2.4
T 1.5	Power frequency variations	9.2
T 1.8	Magnetic fields	9.11 and 9.17
T 2.4	Current oscillatory transients	9.18

9.21.3 EMC tests to be performed

The remaining tests in Tables 4, 5 and 6 of IEC 61543:1995, Amendment 1:2004 shall be carried out according to the test listed in Annex A of this standard. The test levels and performance criteria are performed according to Table 21.

Table 21 – Tests to be applied for EMC

Reference to Tables 5 and 6 of IEC 61543:1995, Amendment 1:2004 Amendment 2:2005	Electromagnetic phenomena	Reference of basic standard for test description	Test Level and test specification	Performance criteria
T 2.1	Conducted sine-wave form voltages or currents	IEC 61000-4-6 ^{e, i}	Level 2 0,15 MHz to 80 MHz Z = 150 Ω – 3 V	A
T 2.2	Fast transients (burst) common mode	IEC 61000-4-4 ^b	Level 4 4 kV (peak) Tr/Th 5/50 ns Repetition frequency 2,5 kHz	B ^c
T 2.3a	Surges	IEC 61000-4-5	Tr/Th 1,2/50 µs 5 kV / 12 Ω (peak) ^a common mode 4 kV / 2 Ω (peak) ^a differential mode	B, C ^{g, h}
T 2.3b			Tr/Th 1,2/50 µs 4 kV / 12 Ω (peak) ^a common mode 2 kV/2 Ω (peak) ^a differential mode	B ^h
T 2.5	Radiated electromagnetic field	IEC 61000-4-3 ^{e, f}	Level 2 3 V/m	A

T 2.6 ^l	Conducted common mode disturbances in the frequency range lower than 150 k Hz	IEC 61000-4-16	Level 3 ^j 1 kHz to 1,5 kHz: 1 V 1,5 kHz to 15 kHz: 1 V to 10 V 15 kHz to 150 kHz: 10 V	A
T 3.1	Electrostatic discharges	IEC 61000-4-2	Level 3 8 kV air 6 kV contact	C ^k
^a Tests with lower voltages than those given in Table 21 are not required (reason: IEC 61000-4-5, 8.2 requires to carry out the tests at each voltage up to the chosen level). This test shall be carried out on the device in the closed position. Pulses shall be applied successively: – between the metal support and parts intended to be earthed (PE conductor, earthing terminal), if any, connected together and each live conductor in turn at an impulse voltage of 5 kV, with an impedance of 12 Ω; – between each phase and neutral, in turn, and between each couple of poles, in turn, at an impulse voltage of 4 kV, with an impedance of 2 Ω. ^b In addition, the sample shall be mounted as in normal use on a flat insulating support at a distance of 10 cm from the earth plane. ^c The test is carried out in single phase on one pole of each sample taken at random. Three new samples are submitted to the test. If one sample does not comply with the criterion by tripping during the test, three further samples are tested, which shall fully comply with the criterion of B. ^d void ^e With the agreement of the manufacturer, the conducted test T2.1 can be extended from 80 MHz to 230 MHz. In this case, the test T2.5 is to start from 230 MHz instead of 80 MHz. ^f Verification of non-tripping (performance criteria A) shall be done by sweeping the specified frequency range. For the verifications of tripping (performance criteria A), only five tests are carried out on each sample at different frequencies selected at random over the frequency range and different from one sample to another, but one of them being 450 MHz and another 900 MHz. ^g The tests of T2.3b shall be applied only to AFDDs not meeting the pass criteria of B during the tests of T2.3a, in which case the test is repeated at the surge voltage levels specified in T2.3b only for the configuration(s) in which tripping occurred during the tests of T2.3a ^h The test shall be carried out on the device in the closed position. Each sample is tested: 1) first, in differential mode test: between each load current path in turn and each other load current path; 2) secondly, in common mode test: between each load current path in turn and the metal support and parts intended to be earthed (PE conductor, earthing terminal) if any, all connected together. In each case, the sample is submitted to five positive pulses on the positive half cycles followed by five negative pulses on the negative half cycles. All pulses shall be applied successively at random point on wave with a repetition rate of 1 impulse/min. For the test T2.3a, according to the above procedure, the total of impulses is: Differential mode test: 10 impulses; Common mode test: 20 impulses. The AFDD is permitted to trip during the tests of T2.3 a) (pass criteria C). If the device trips during this test it shall be reclosed before the application of a subsequent impulse. For the test T2.3b, the total of impulses is the same as for T2.3 a) if applicable. ⁱ Verification of non-tripping (performance criteria A) shall be done by sweeping the specified frequency range. For the verifications of tripping (performance criteria A), only five tests are carried out on each sample at different frequencies selected at random over the frequency range and different from one sample to another. ^j The test is made once at 1,1 U_n of the AFDD by sweeping the frequency from 1 kHz to 150 kHz at the rate according to IEC 61000-4-16:1998, Amendment 2:2009, 6.1.3. The device shall not trip; Tripping tests are carried out on each sample at 5 different frequency values selected at random over the frequency range and different from one sample to another. The device shall trip. ^k Three new samples are submitted to the test. All three samples shall pass the test. The point to which discharges shall be applied is selected by an exploration of the accessible surfaces of the AFDD, when installed as for normal use. During exploration, the selection is made with twenty discharges per second. The selected point is tested with ten positive and ten negative polarity discharges with a time interval of minimum 1 s between subsequent discharges. ^l In the USA, this test is not applicable.				

For devices containing a continuously operating oscillator, the test of CISPR 14-1 shall be carried out on the samples prior to the tests of Table 21.

9.21.4 AFDDs Performance criteria

9.21.4.1 General

When submitting AFDDs to EMC, tests of 9.21.3, performance criteria referred in Table 21 shall be applied.

9.21.4.2 Criteria A

During the test making reference to this performance criteria, the AFDD shall remain closed when powered at $1,1 U_n$ with sinusoidal current equal to the rated current of the AFDD and shall trip under conditions of 9.9.2.2 at the rated current of the AFDD.

NOTE For EMC testing it is allowed to use the arc generator as an alternative to the carbonized cable specimen if agreed by the manufacturer.

9.21.4.3 Criteria B

During the test making reference to this performance criteria, the AFDD shall remain closed when powered at $1,1 U_n$ with sinusoidal current equal to the rated current of the AFDD. After the test, compliance with 9.9.2.2, only at the rated current of the AFDD shall be checked.

NOTE For EMC testing it is allowed to use the arc generator as an alternative to the carbonized cable specimen if agreed by the manufacturer

9.21.4.4 Criteria C

During the test making reference to this performance criteria, the AFDD is supplied at $1,1 U_n$ with sinusoidal current equal to the lowest value of Table 1 or 2, as applicable and the device may trip. After the test, compliance with 9.9.2.2, only at the lowest value of Table 1 or 2 as applicable shall be checked.

NOTE For EMC testing it is allowed to use the arc generator as an alternative to the carbonized cable specimen if agreed by the manufacturer.

9.22 Verification of protection due to overvoltage due to a broken neutral in a three phase system

In case of a broken neutral within a three phase installation an overvoltage phase to neutral may occur. The maximum value of this overvoltage could reach the phase to phase value. The abnormal increase of temperature within the overvoltage loads can ignite a fire.

AFDDs can include an optional characteristic providing protection in this case. This additional optional characteristic is under consideration.

9.23 Verification of the behaviour in case of partial loss of supply connections

A three-pole AFDD shall be tested with two-poles connected, chosen at random.

A four-pole AFDD shall be tested with two phases chosen at random, with one phase chosen at random and neutral, and with three phases without neutral.

The following tests shall be performed: 9.9.2.2, 9.9.2.3, 9.9.2.4, 9.9.3.2 and 9.9.3.3.

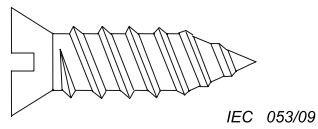


Figure 1 – Thread forming tapping screw

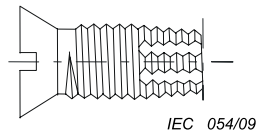
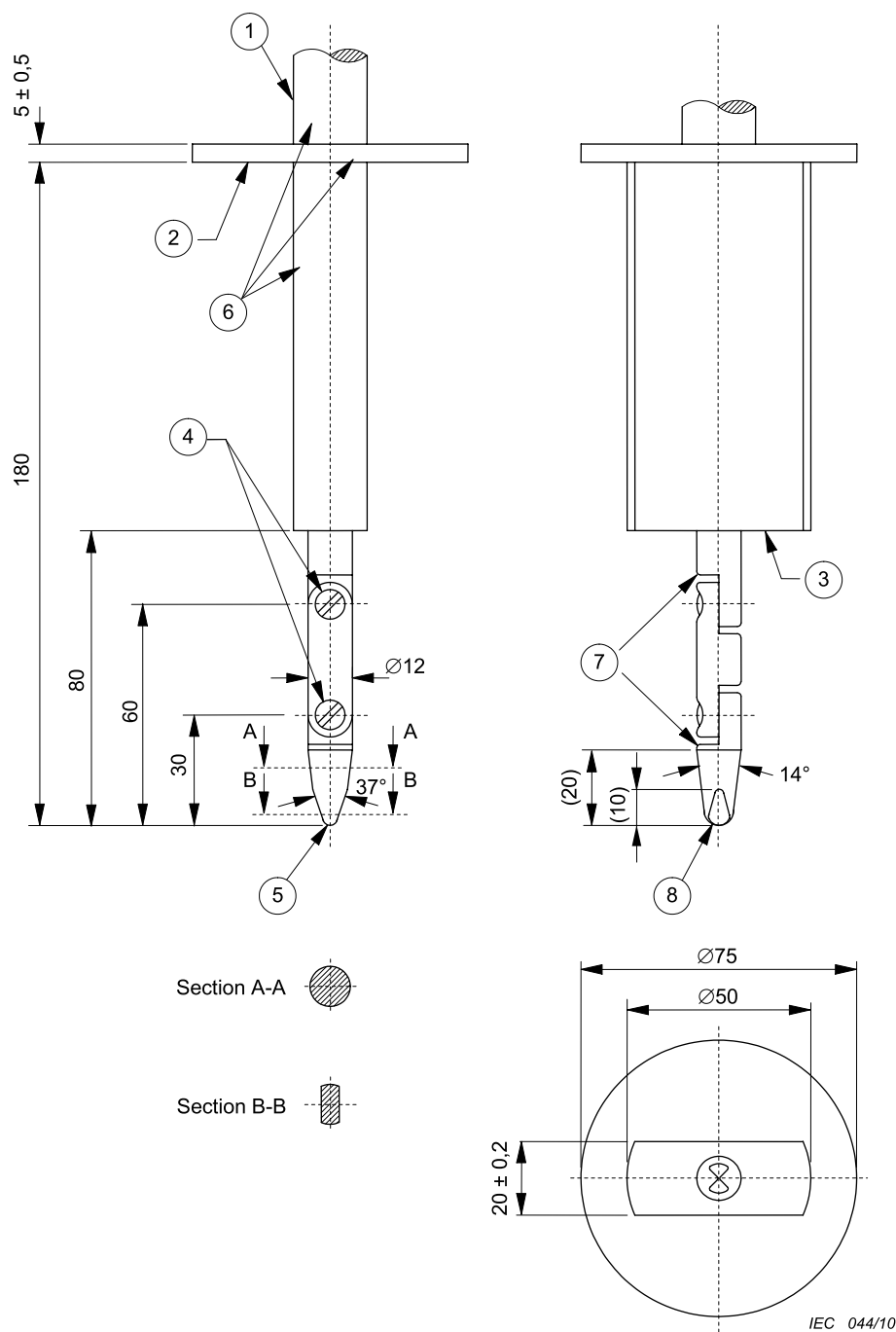


Figure 2 – Thread cutting tapping screw



Key

- 1 Handle
- 2 Guard
- 3 Stop face
- 4 Joints

- 5 R2 $\varnothing 0,05$ cylindrical
- 6 Insulating material
- 7 Chamfer all edges
- 8 R4 $\varnothing 0,05$ spherical

Material: metal, except where otherwise specified

Linear dimensions in millimetres

Tolerances on dimensions without specific tolerance:

on angles: $0/-10'$

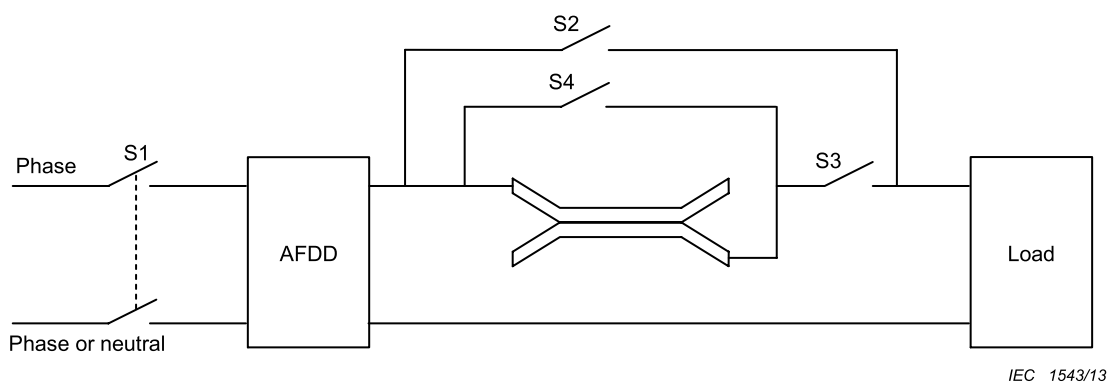
on linear dimensions:

up to 25 mm: $0/-0,05$

over 25 mm: $\pm 0,2$

Both joints shall permit movement in the same plane and the same direction through an angle of 90° with a 0° to $+10^\circ$ tolerance.

Figure 3 – Standard test finger (9.6)



NOTE This figure represents a single-phase test set-up. Three-pole and four-pole devices are supplied as for normal use.

Figure 4 – Test circuit for series arc fault tests

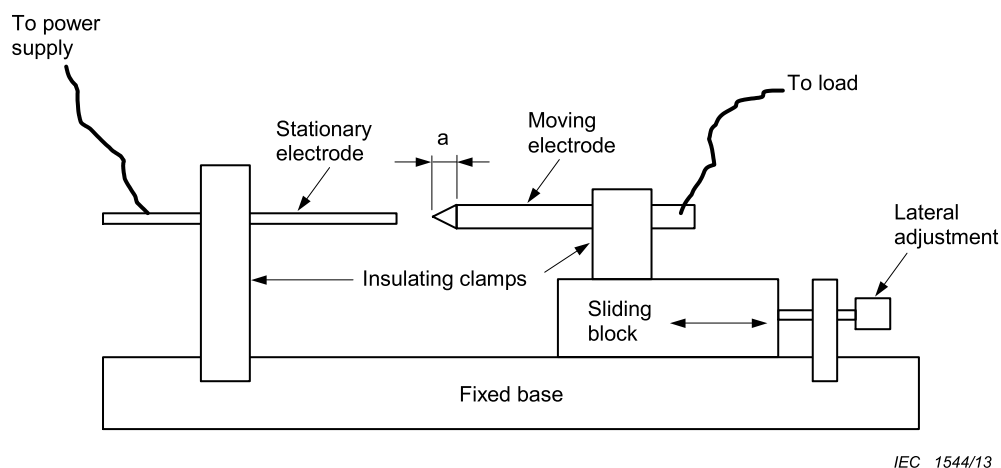


Figure 5 – Arc generator

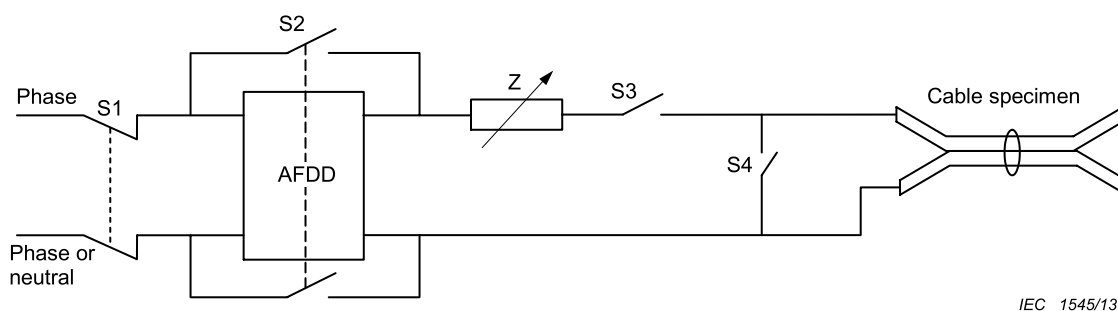


Figure 6 – Test circuit for parallel arc fault tests

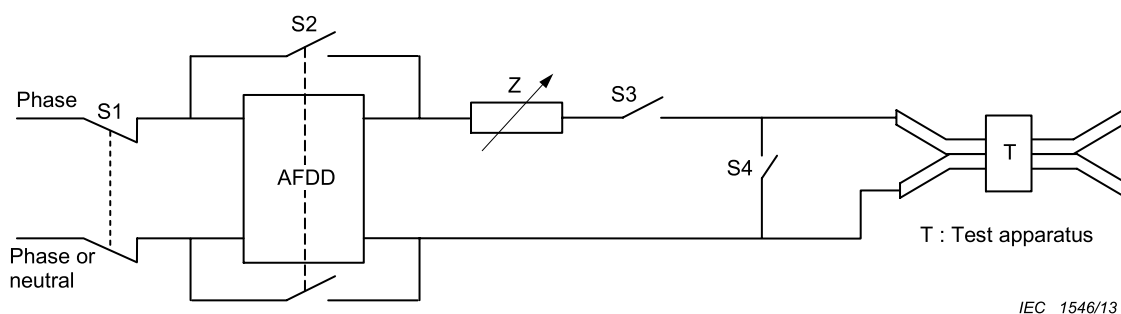


Figure 7 – Test circuit for parallel arc cable cutting test

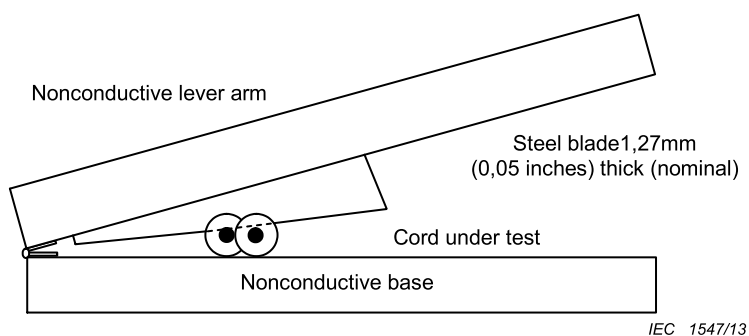


Figure 8 – Test apparatus

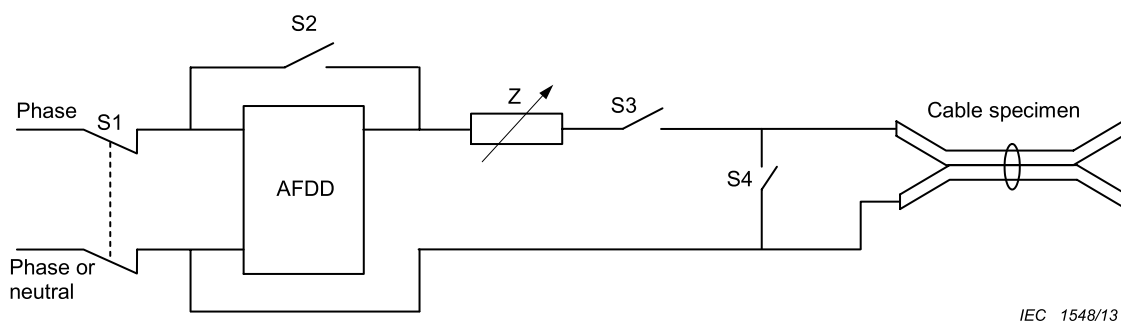


**Figure 9 – Test for verification of correct operation
in case of parallel arc to ground**

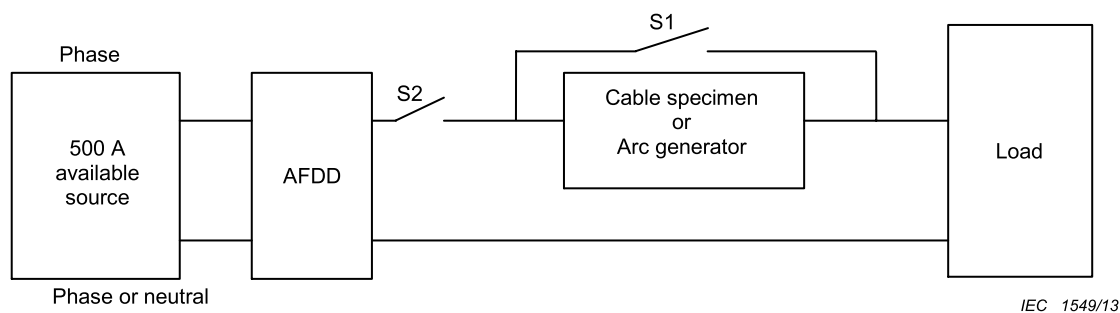
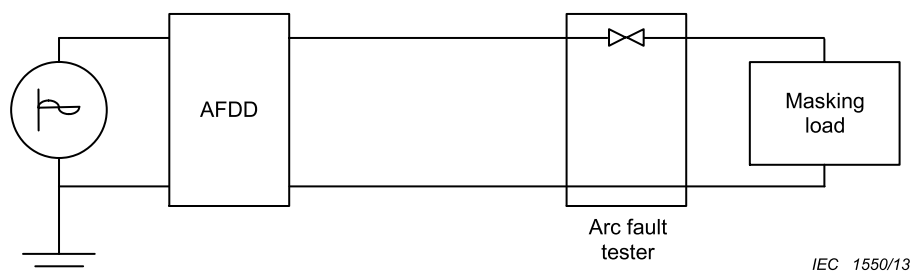
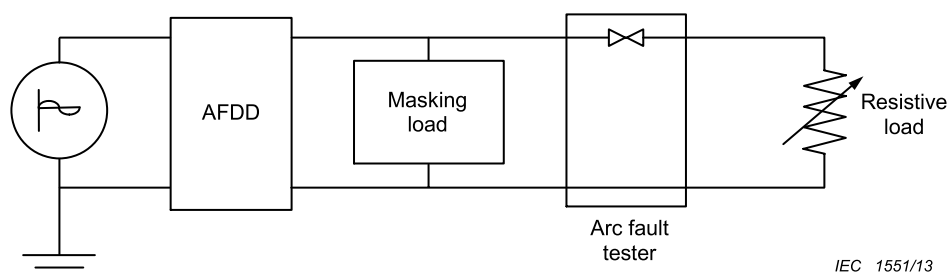


**Figure 10 – Test circuit for masking tests
(inhibition and disturbing loads)**

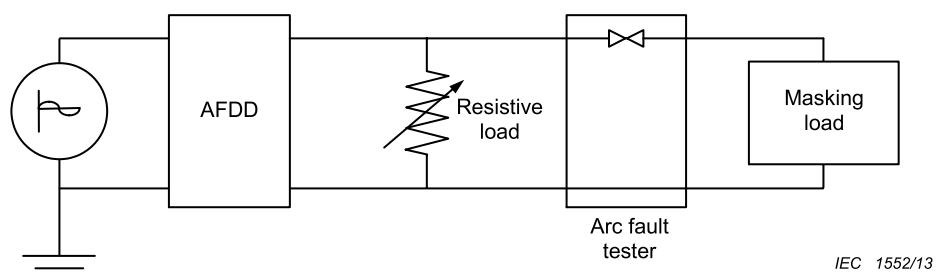
Configuration A



Configuration B



Configuration C



Configuration D

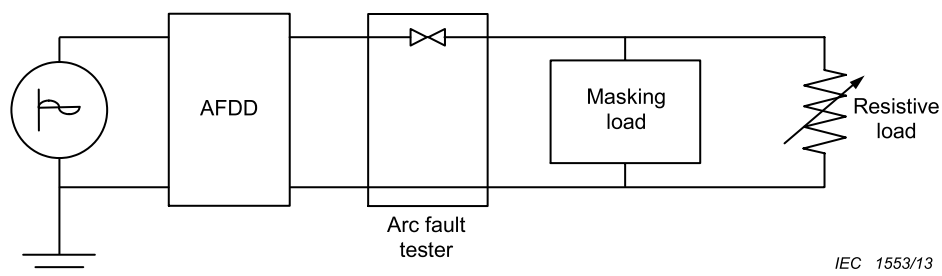


Figure 11 – Test configuration for masking tests

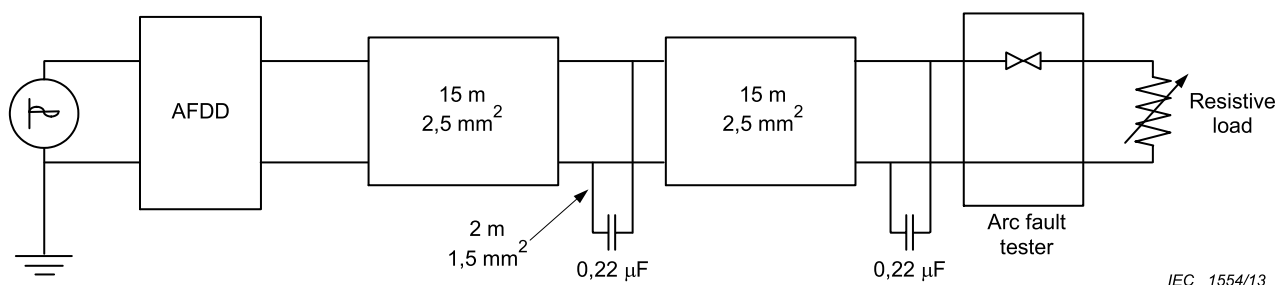
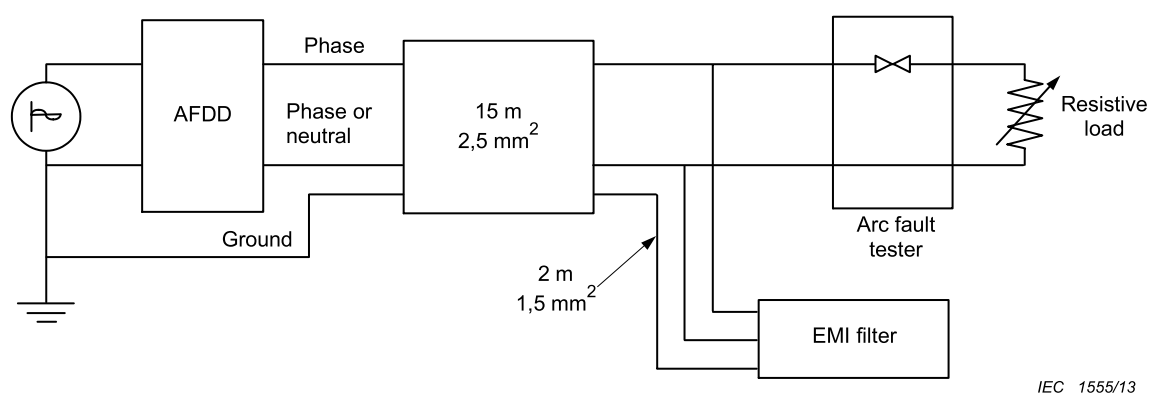
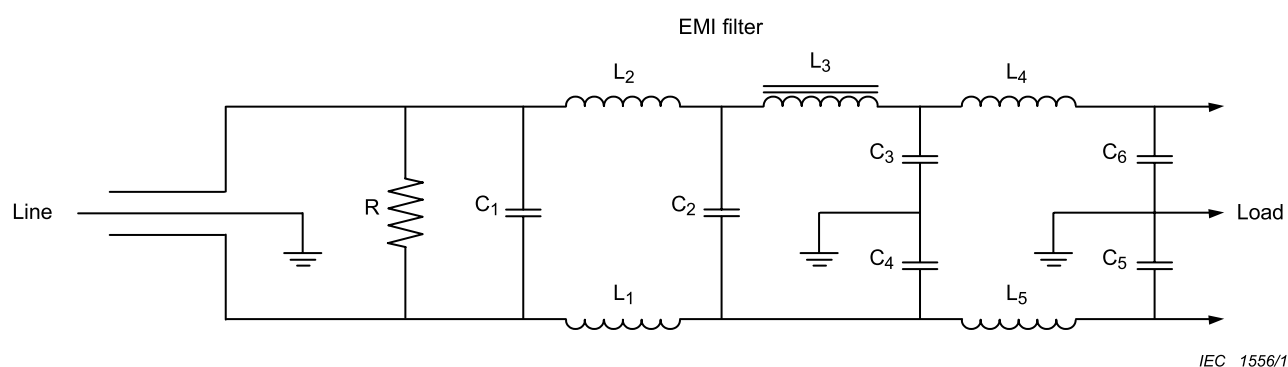


Figure 12 – EMI filter 1 for masking tests



IEC 1555/13

Figure 13 – EMI filter 2 for masking tests



IEC 1556/13

$$L_1 = L_2 = 6 \text{ mH} \pm 10 \%$$

$$L_3 = 0,037 \text{ mH} \pm 10 \%$$

$$L_4 = L_5 = 1,5 \text{ mH} \pm 10 \%$$

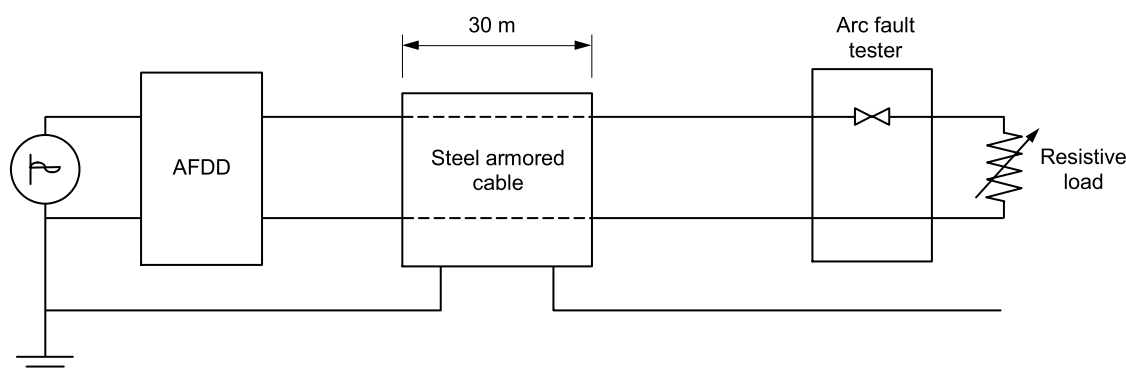
$$C_1 = 100 \text{ nF} \pm 10 \% \text{ for } 240 \text{ V and } 470 \text{ nF} \pm 10 \% \text{ for } 120 \text{ V}$$

$$C_2 = 0,33 \text{ } \mu\text{F} \pm 10 \%$$

$$C_3 = C_4 = C_5 = C_6 = 0,002 \text{ } \mu\text{F} \pm 10 \%$$

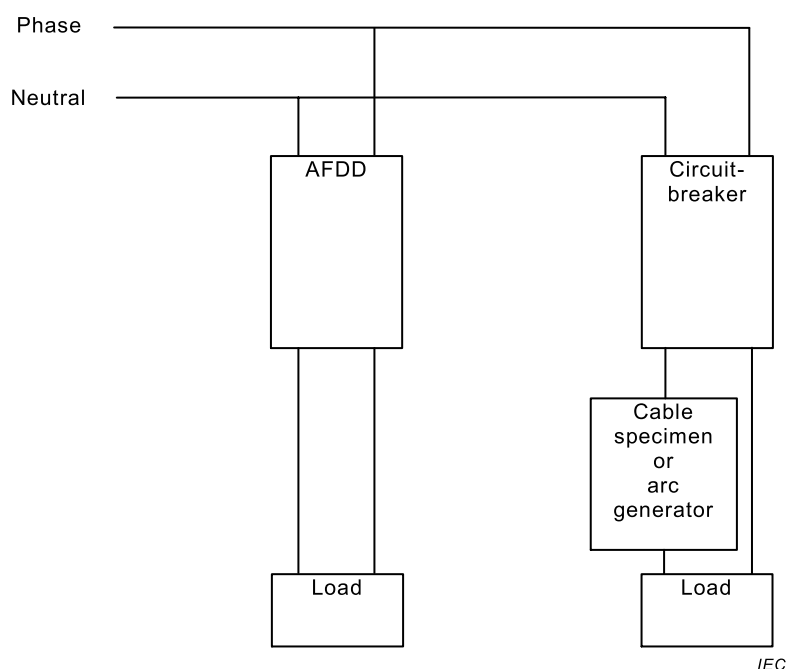
$$R = 330 \text{ k}\Omega \pm 10 \%$$

Figure 14 – EMI filter description installed in Figure 13



IEC 1557/13

Figure 15 – Test circuit for masking tests with line impedance



NOTE This figure represents only single-phase devices. For three-pole and four-pole devices, adapt accordingly.

Figure 16 – Cross talk test

Figure 17 – Void

Figure 18 – Void

Explanation of letter symbols used in Figures 19, 20 and 21

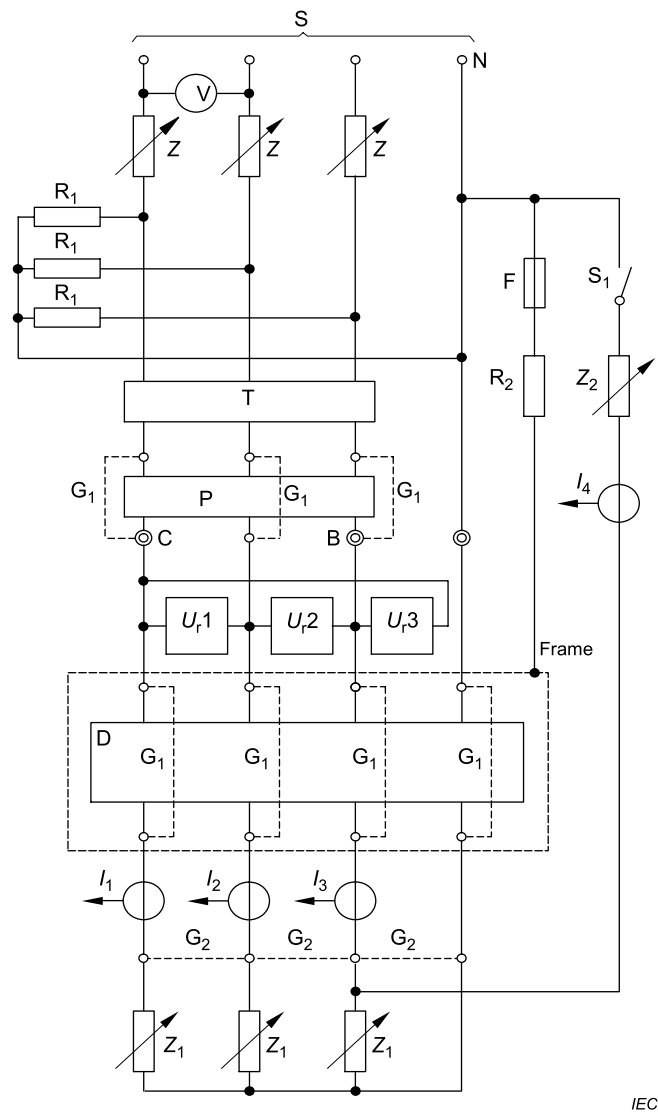
N	=	Neutral conductor
S	=	Supply
R	=	Adjustable resistor(s)
Z	=	Impedance in each phase for the calibration of the rated conditional short-circuit current. The reactors shall preferably be air-cored and connected in series with resistors in order to obtain the required power factor.
Z_1	=	Adjustable impedance to obtain current below the rated conditional short-circuit current
Z_2	=	Adjustable impedance for the calibration of I_{m1} and I_{nc1} , if applicable
P	=	Short-circuit protective device
D	=	Device under test
Frame	=	All conductive parts normally earthed in service, including FE, if any
G_1	=	Temporary connection(s) for calibration
G_2	=	Connection(s) for the test with rated conditional short-circuit current
T	=	Making switch for the short circuit
I_1, I_2, I_3	=	Current sensor(s) May be situated on the supply or on the load side of device under test, but always on the secondary side of the transformer
I_4	=	Additional current sensor, if needed
U_{r1}	=	Voltage sensor(s)
F	=	Device for the detection of a fault current

- R_1 = Resistance drawing a current of approximately 10 A
- R_2 = Resistor limiting the current in the device F
- r = Resistor(s) taking approximately 0,6 % of the current (see 9.11.2.2)
- S_1 = Auxiliary switch
- B and C = Points for the connections of the grid(s) shown in Annex C
- L = Adjustable air cored inductance(s)

The closing device T may alternatively be situated between the load side terminals of the device under test and current sensors I_1 , I_2 and I_3 as applicable.

The adjustable load Z may be located at the high-voltage side of the supply circuit

Resistances R_1 may be omitted with the agreement of the manufacturer.



IEC

Figure 19 – Typical diagram for all short circuit tests except for 9.11.2.4 c)

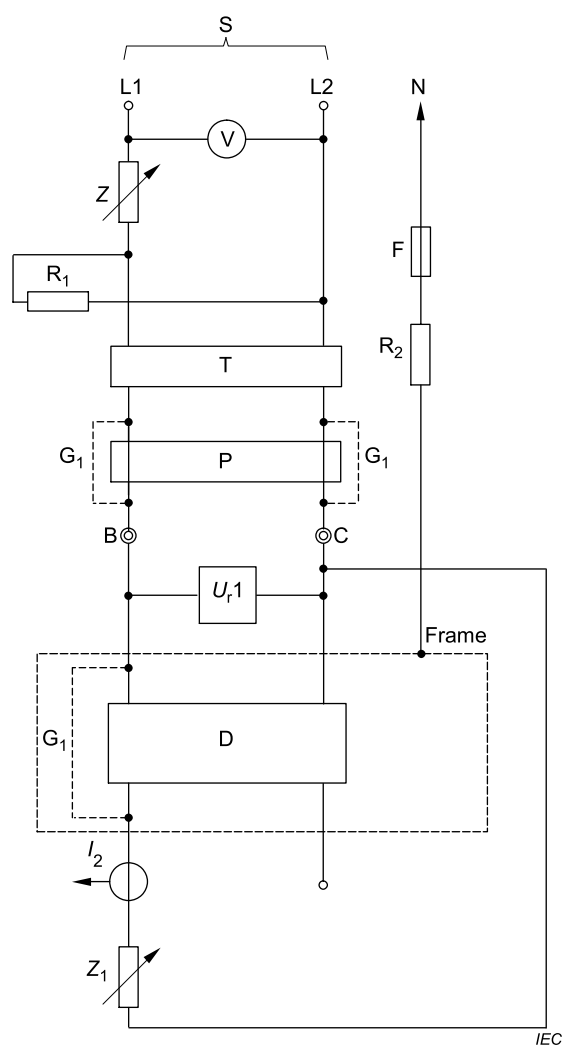


Figure 20 – Typical diagram for short circuit tests 9.11.2.4.c)

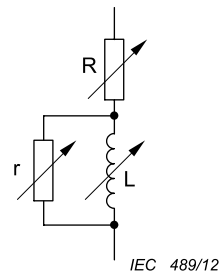
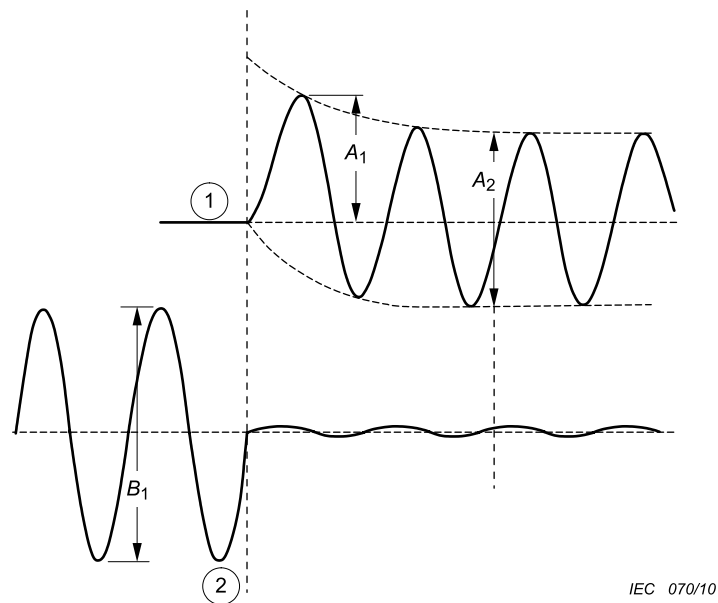


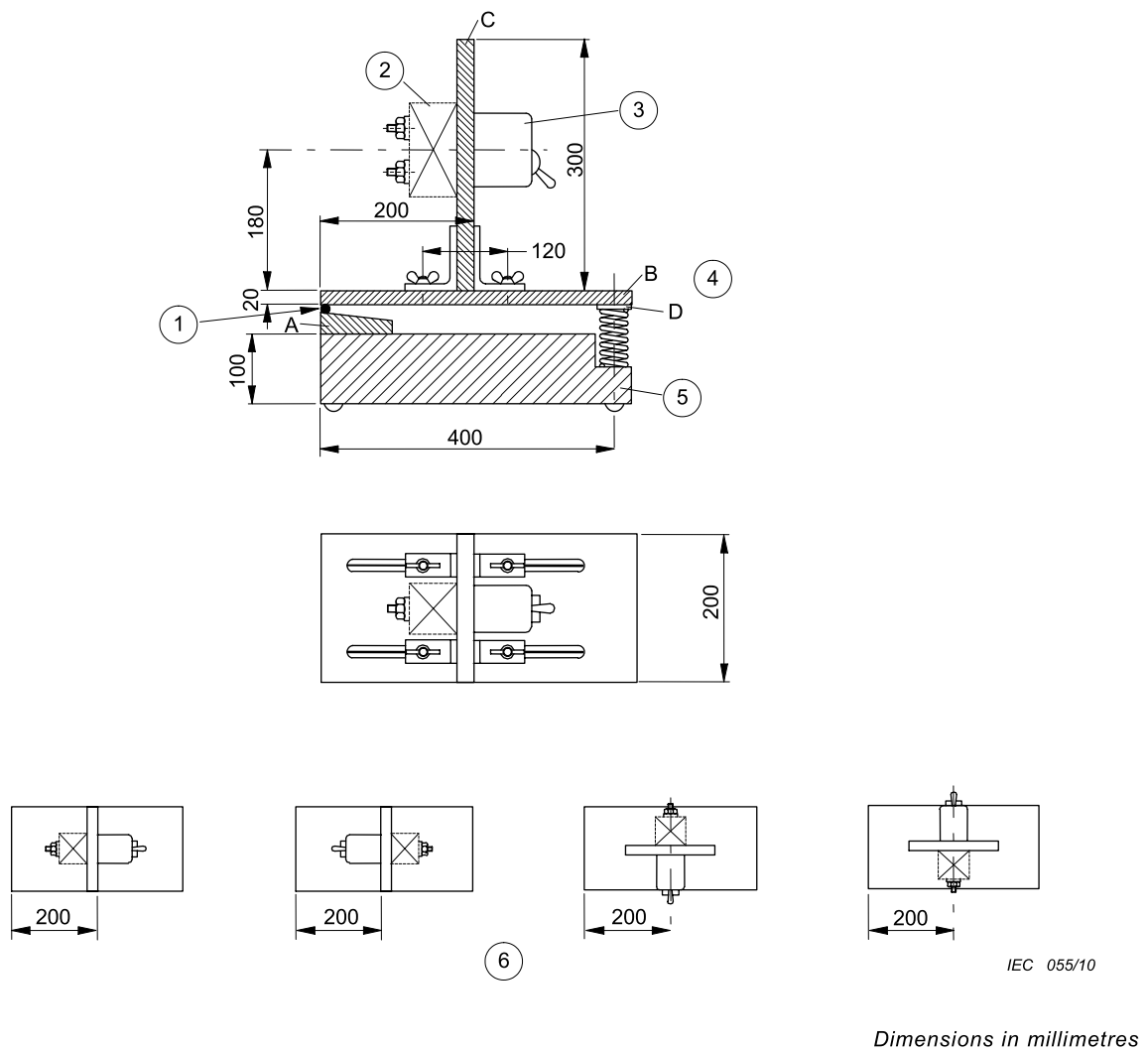
Figure 21 – Detail of impedance Z , Z_1 and Z_2



Key

- 1 Current
- 2 Voltage

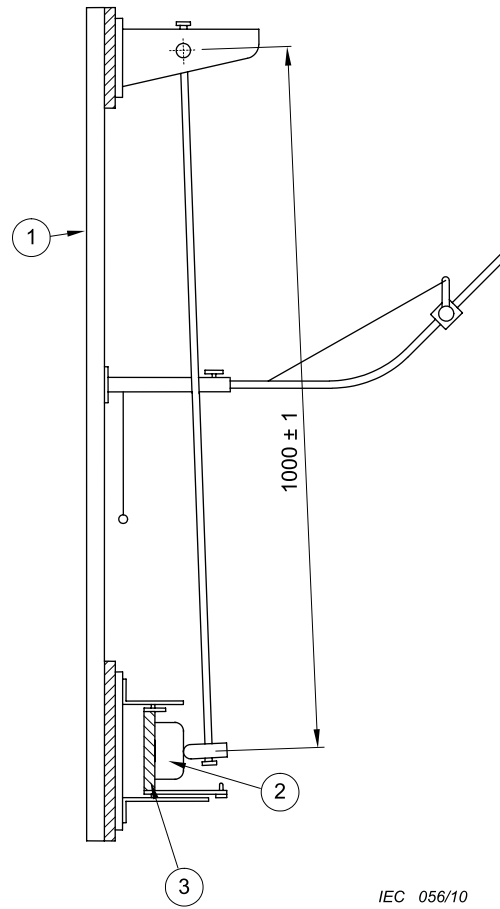
Figure 22 – Example of calibration record for short-circuit test (9.11.2.2 j)



Key

- 1 Hinge
- 2 Additional mass
- 3 Sample
- 4 Metal stop plate
- 5 Concrete block
- 6 Consecutive test positions

Figure 23 – Mechanical shock test apparatus (9.12.1)

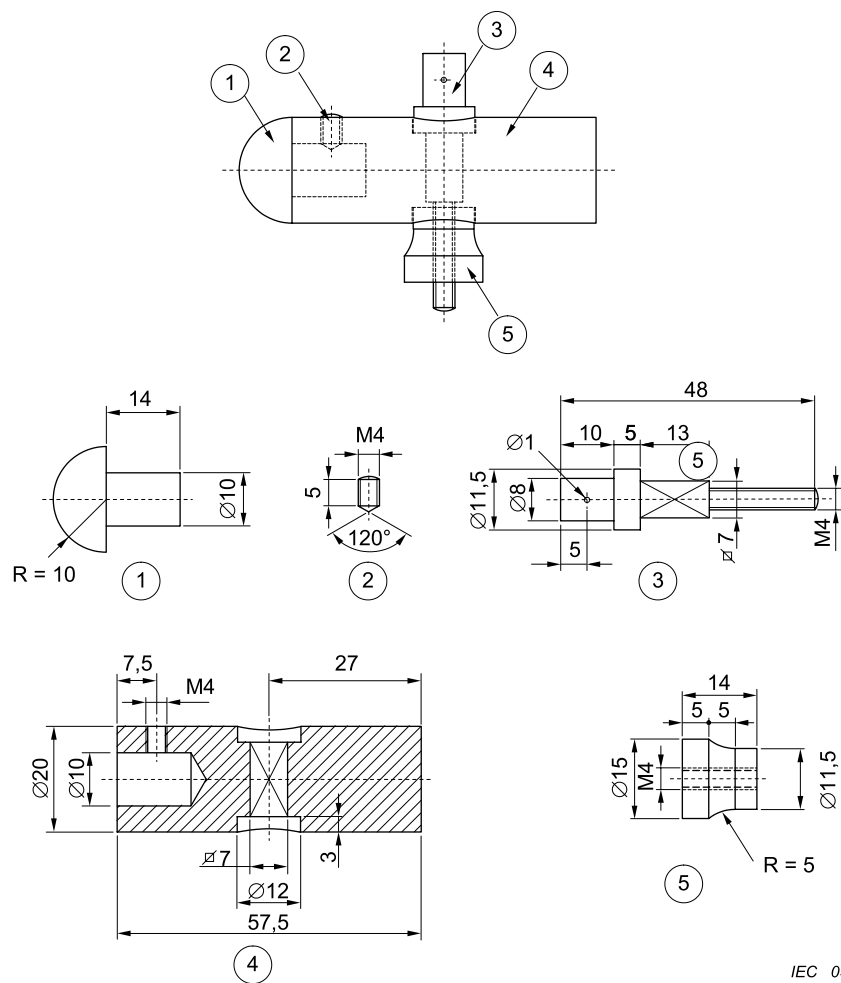


Dimensions in millimetres

Key

- 1 Frame
- 2 Sample
- 3 Mounting support

Figure 24 – Mechanical impact test apparatus (9.12.2.2)



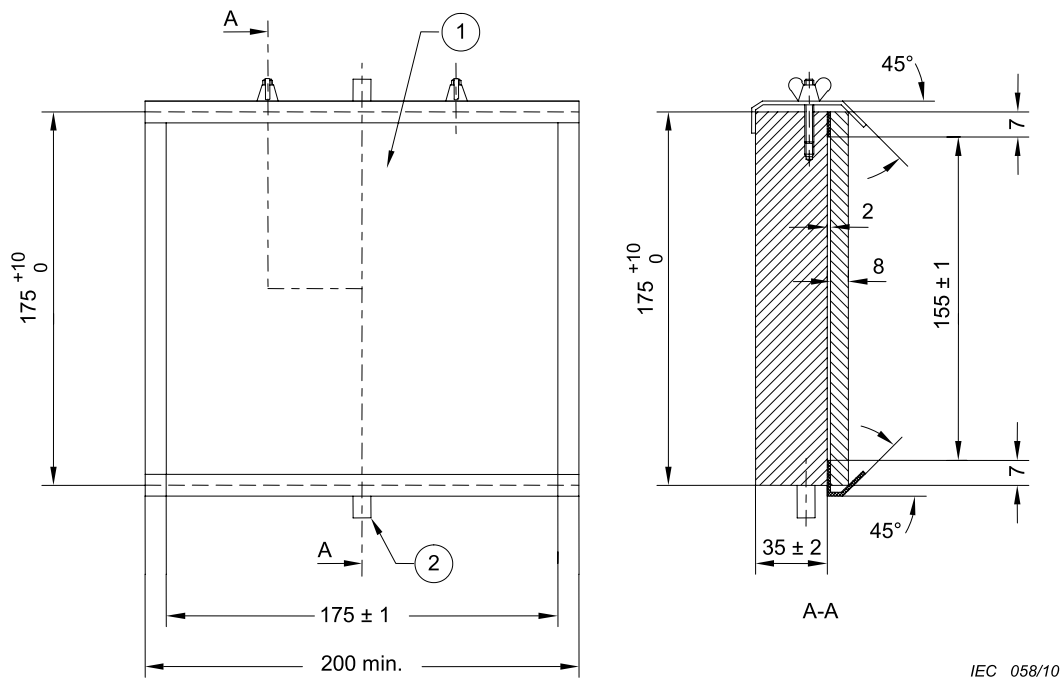
IEC 057/10

Dimensions in millimetres

Key

- 1 Polyamide
- 2, 3, 4, 5 Steel Fe 360

Figure 25 – Striking element for pendulum impact test apparatus (9.12.2.2)

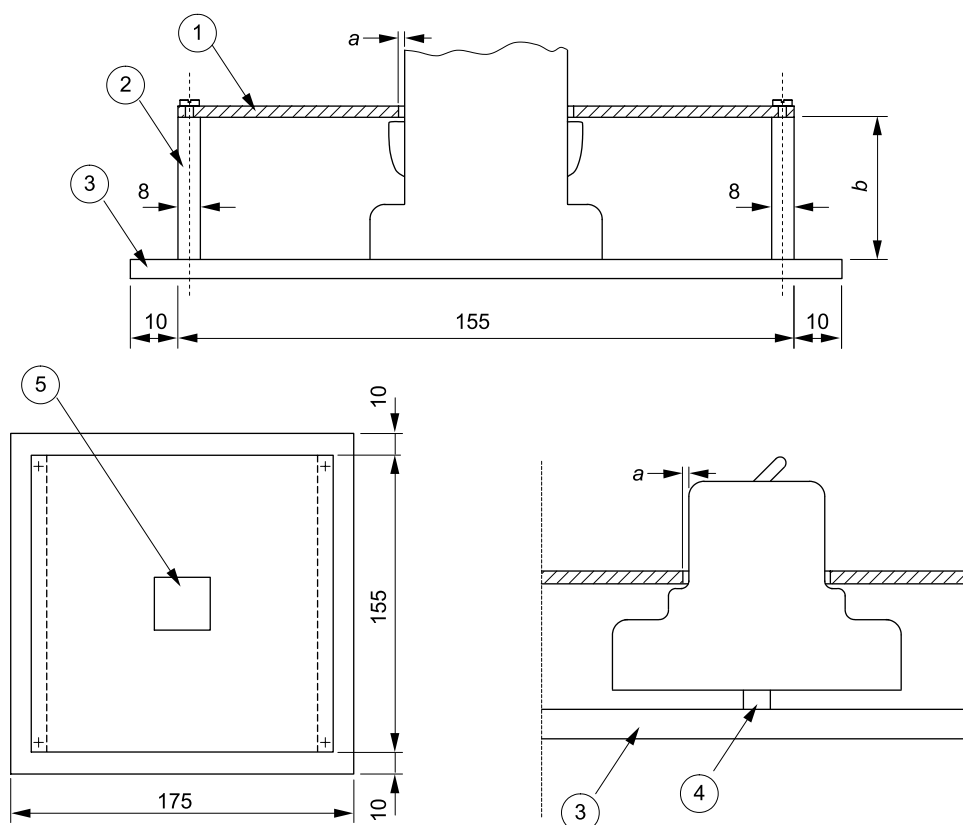


Dimensions in millimetres

Key

- 1 Sheet of plywood
- 2 Pivot

**Figure 26 – Mounting support for sample for mechanical impact test
(9.12.2.2)**



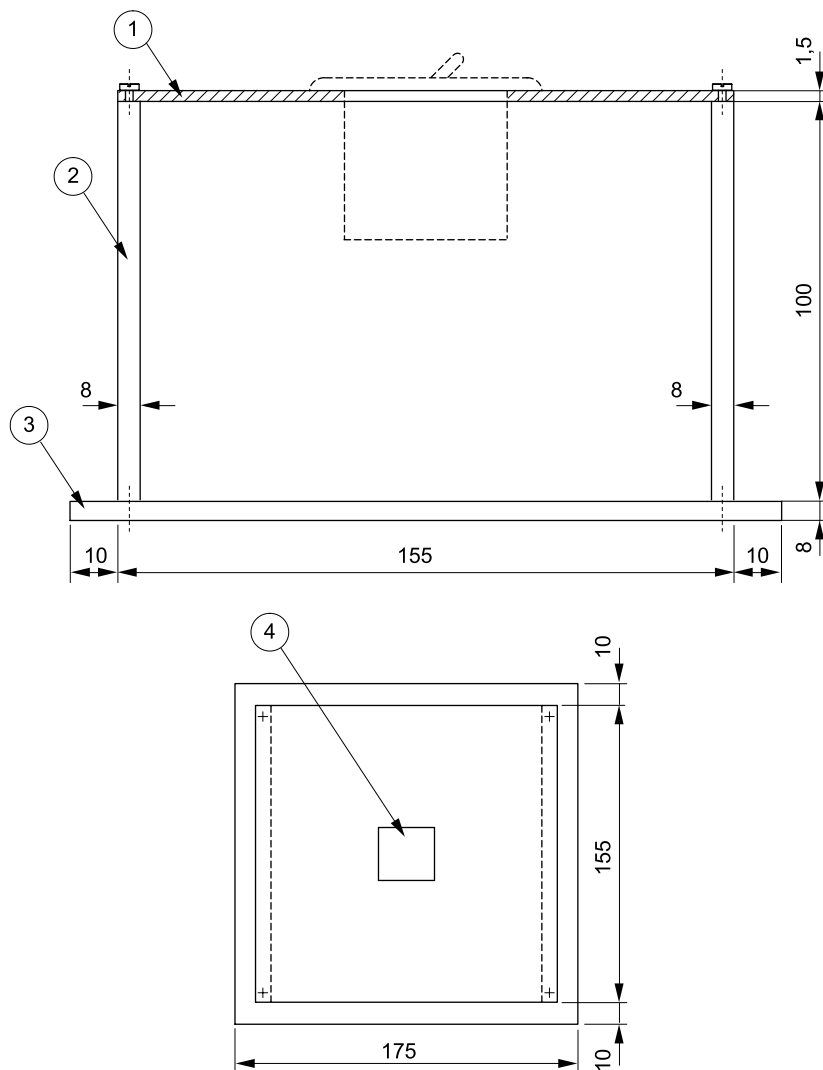
IEC 059/10

Dimensions in millimetres

Key

- 1 Interchangeable steel plate with a thickness of 1 mm
- 2 Aluminium plates with a thickness of 8 mm
- 3 Mounting plate
- 4 Rail for the AFDD designed to be mounted on a rail
- 5 Cut-out for the AFDD in the steel plate
- a* the distance between the edges of the cut-out and the faces of the AFDD shall be between 1 mm and 2 mm
- b* the height of the aluminium plates shall be such that the steel plate rests on the supports of the AFDD if the AFDD has no such supports, the distance from live parts, which are to be protected by an additional cover plate, to the underside of the steel, is 8 mm.

**Figure 27 – Example of mounting of unenclosed AFDD
for mechanical impact test (9.12.2.2)**



IEC 060/10

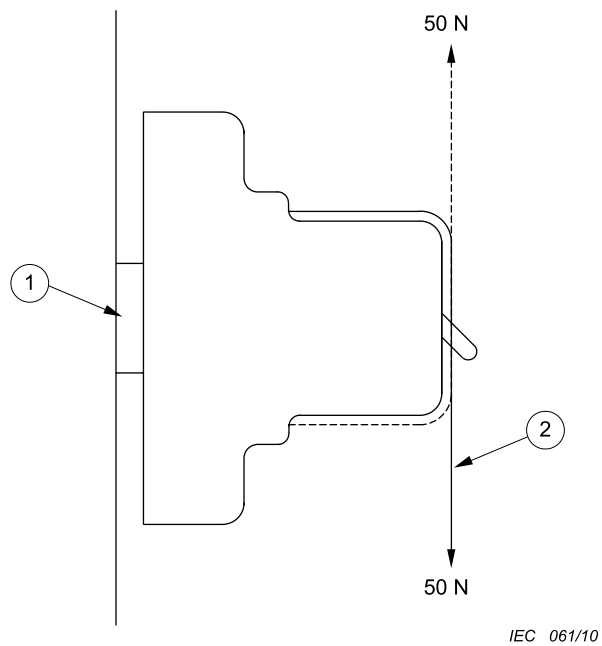
Dimensions in millimetres

Key

- 1 Interchangeable steel plate with a thickness of 1,5 mm
- 2 Aluminium plates with a thickness of 8 mm
- 3 Mounting plate
- 4 Cut-out for the AFDD in the steel plate

In particular cases the dimensions may be increased.

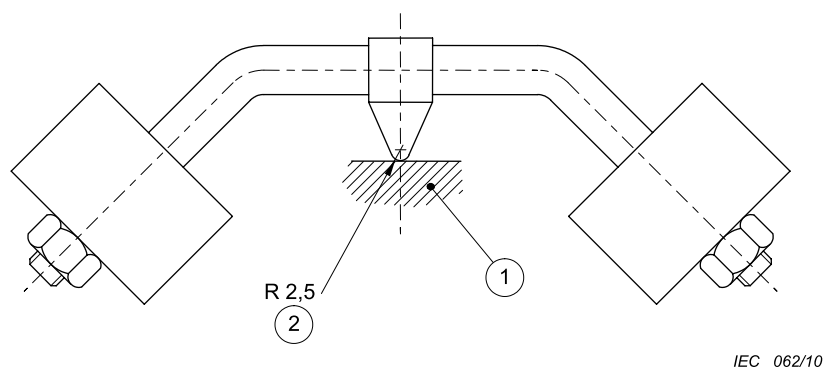
**Figure 28 – Example of mounting of panel mounting type AFDD
for the mechanical impact test (9.12.2.2)**



Key

- 1 Rail
- 2 Cord

Figure 29 – Application of force for mechanical test of rail mounted AFDD (9.12.2.3)



Key

- 1 Sample
- 2 Spherical

Figure 30 – Ball-pressure test apparatus (9.13.2)

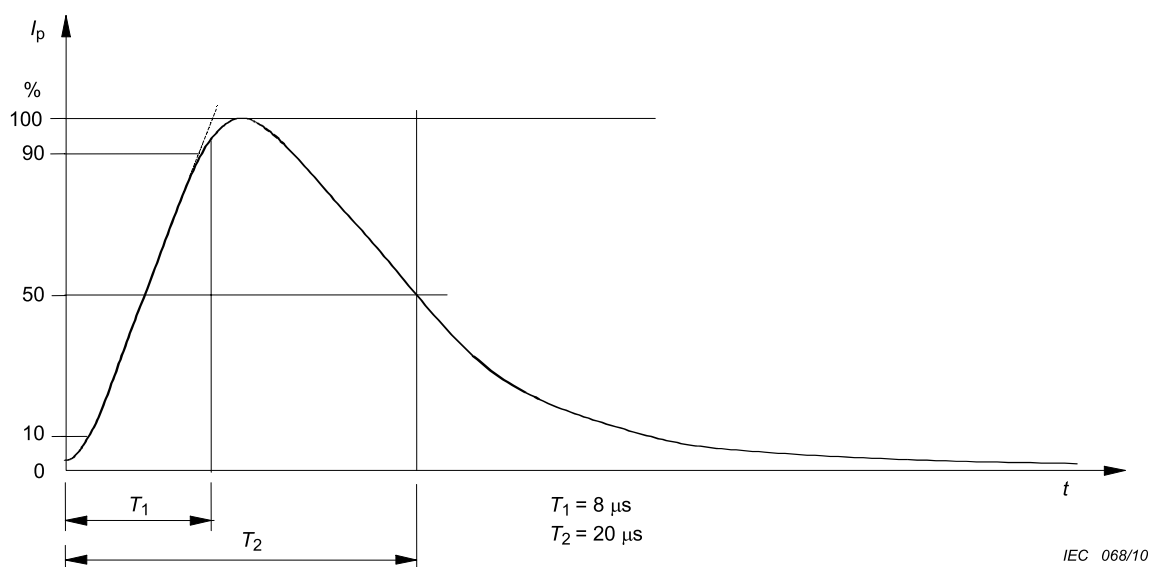
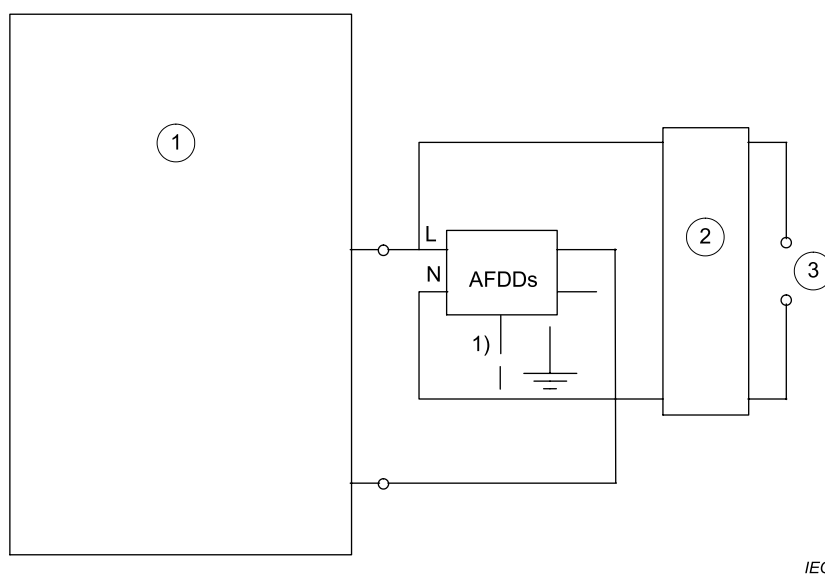


Figure 31 – Surge current impulse 8/20 μs



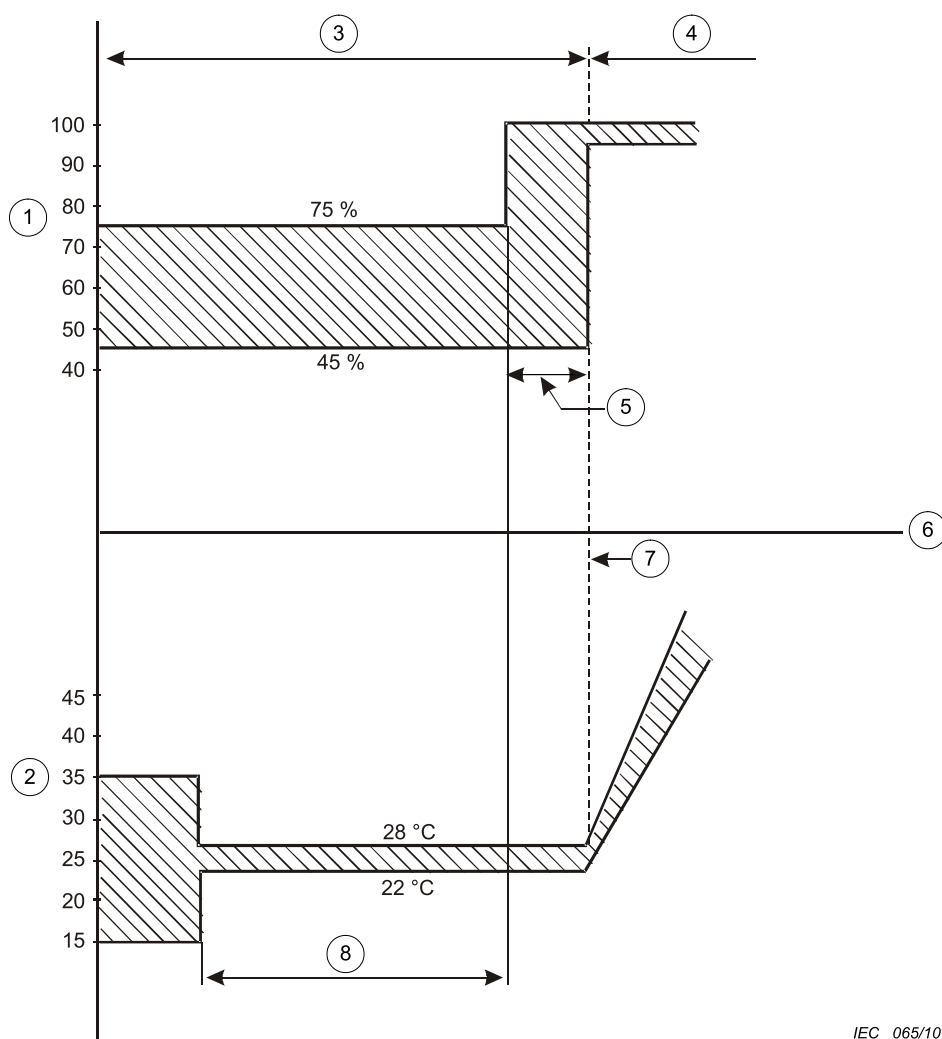
IEC 1563/13

Key

- 1 Surge current generator 8/20 μs
- 2 Filter
- 3 Supply

1) If the AFDD has an earthing terminal, it should be connected to the neutral terminal, if any, and if so marked on the AFDD or, failing that, to any phase terminal.

Figure 32 – Test circuit for the surge current test at AFDDs

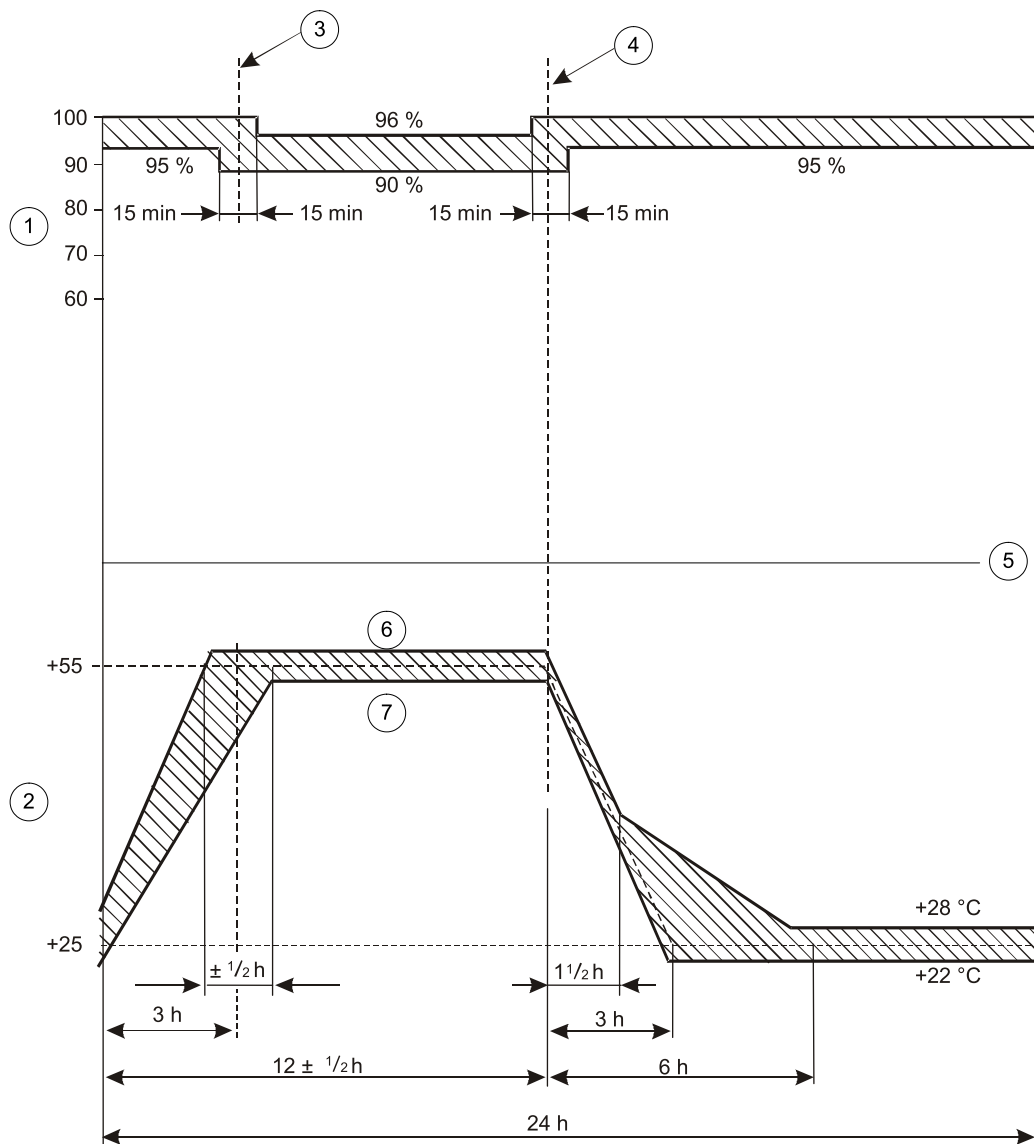


IEC 065/10

Key

- 1 Relative humidity (%)
- 2 Ambient temperature (°C)
- 3 Stabilizing period
- 4 First cycle
- 5 Time required to reach 95 %-100 % relative humidity (not exceeding 1 h)
- 6 Time
- 7 Start of the first cycle
- 8 Time required for test specimen to reach temperature stability

Figure 33 – Stabilizing period for reliability test (9.19.2.3)

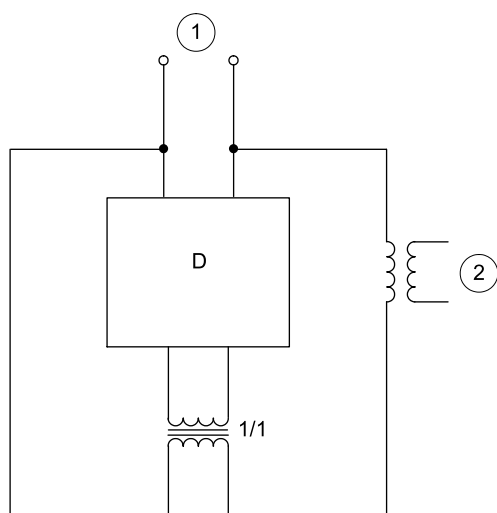


IEC 066/10

Key

- 1 Relative humidity (%)
- 2 Ambient temperature (°C)
- 3 End of the temperature rise
- 4 Start of the temperature fall
- 5 Time
- 6 Upper temperature +57 °C
- 7 Lower temperature +53 °C

Figure 34 – Reliability test cycle (9.19.2.3)

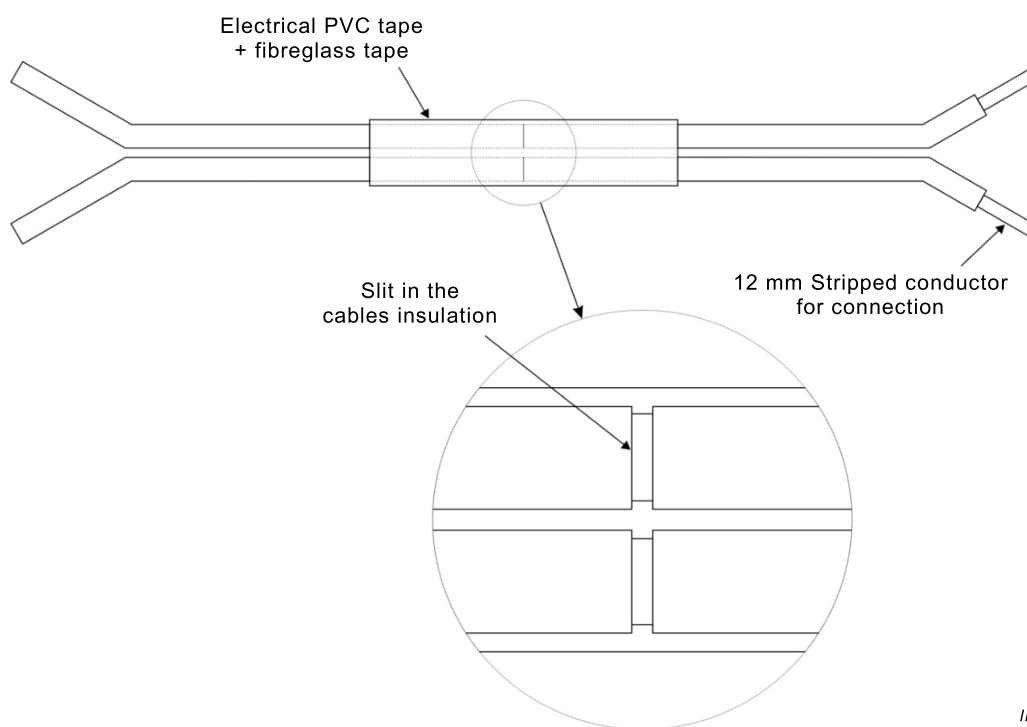


IEC 067/10

Key

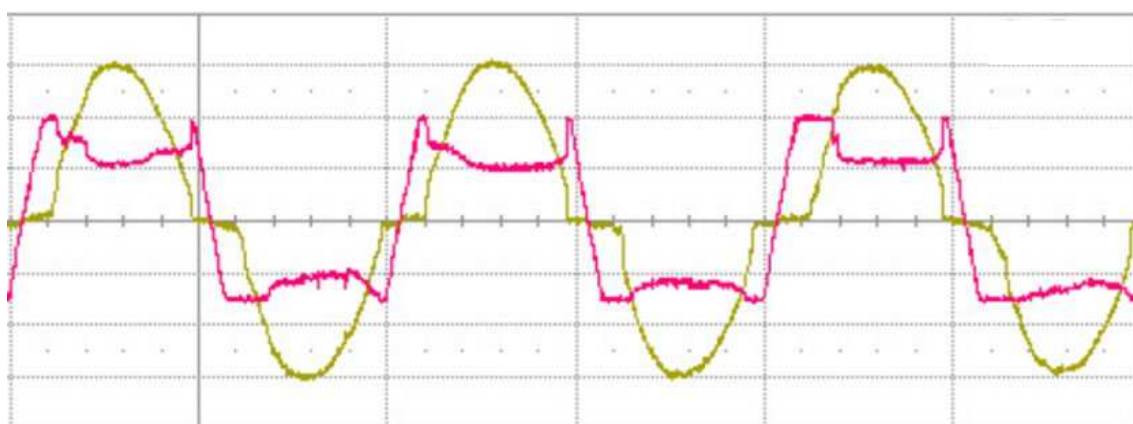
- 1 Supply at 1,1 U_n
- 2 Current supply

Figure 35 – Example for test circuit for verification of ageing of electronic components (9.20)



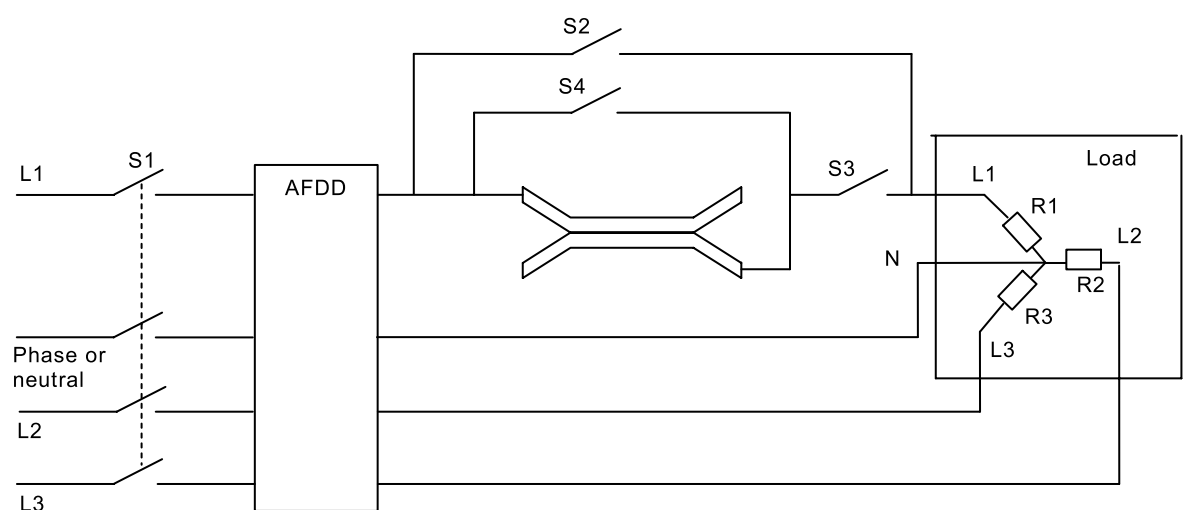
IEC

Figure 36 – Preparation of the cable specimens (9.9.2.6)



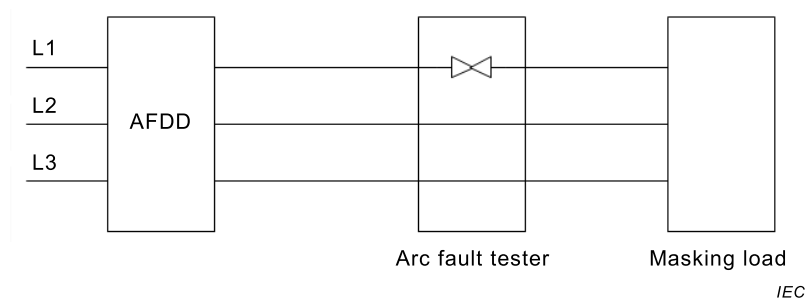
IEC 1565/13

Figure 37 – Example of arc voltage and current waveform obtained with cable specimen



IEC

Figure 38 – Test circuit for series arc in a three-phase system with balanced and unbalanced load



IEC

Figure 39 – Test configuration for masking tests for three-pole and four-pole AFDDs

Annex A (normative)

Test sequence and number of samples to be submitted for certification¹ purposes

A.1 Test sequences

The tests are made according to Table A.1 of this annex where the tests in each sequence are carried out in the order indicated.

For devices classified according to 4.1.1, tests sequences are given in Table A.1.

For devices classified according to 4.1.2, AFDDs shall first be tested according to IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1, IEC 62423 or IEC 60269, as applicable. The additional tests sequences are given in Table A.2.

In case tests sequences included in this standard were also included in IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1, or IEC 62423, the most stringent tests among all applicable standards shall be applied only once but the acceptance criteria combines the acceptance criteria of all applicable standard.

For devices classified according to 4.1.3, AFDDs shall first be assembled as declared by the manufacturer with the declared protective device(s).

Afterward, the testing procedure given in this standard together with the additional requirements and test given in Annex D shall be applied. The additional tests sequences are given in Table A.3.

In case the AFDDs are intended to be assembled with several protective devices, the testing procedure has to be either repeated with each protective device declared by the manufacturer or the most stringent tests among all applicable standards shall be applied only once but the acceptance criteria combines any acceptance criteria of any applicable standard

¹ The term “certification” denotes either a Declaration of Conformity by the manufacturer, or a Third Party Certification, e.g. by an independent testing station.

Table A.1 – Test sequences for AFDDs classified according to 4.1.1

Test sequence		Clause or subclause	Test (or Inspection)
A		6	Marking
		8.2.1	General
		8.2.2	Mechanism
		9.3	Indelibility of marking
		8.2.3	Clearance and creepage distances (external parts only)
		9.15	Trip-free mechanism
		9.4	Reliability of screws, current-carrying parts and connections
		9.5	Reliability of terminals for external conductors
		9.6	Protection against electric shock
		9.13	Resistance to heat
		8.2.3	Clearances and creepage distances (internal parts)
		9.16	Resistance to rusting
A ₂		9.14	Resistance to abnormal heat and to fire
B		9.7.7.4	Resistance of the insulation of open contacts and basic insulation against an impulse voltage in normal conditions
		9.7.7.5	Verification of the behaviour of components bridging the basic insulation
		9.7.2	Resistance to humidity
		9.7.3	Insulation resistance of the main circuit
		9.7.4	Dielectric strength of the main circuit
		9.7.5	Insulation resistance and dielectric strength of auxiliary circuits
		9.7.6	Capability of control circuits connected to the main circuits withstanding high d.c. voltages due to insulation measurements
		9.7.7.2	Verification of clearances with the impulse withstand voltage
		9.8	Temperature rise
		9.19.3	Reliability at 40 °C
		9.20	Ageing of electronic components
C		9.10	Mechanical and electrical endurance
D	D ₀	9.9.2	Operating characteristics (series arc fault)
		9.9.3	Operating characteristics (parallel arc fault)
		9.23	Verification of behaviour in case of partial loss of supply connections
	D ₁	9.9.4	Masking test
		9.9.5	Unwanted tripping
		9.18	Behaviour in the case of surge currents
		9.11.2.4 a) b)	Performance at I_{m1}
		9.12	Resistance to mechanical shock and impact
		9.17	Non-operating current under overcurrent conditions
	D ₂	9.11.2.4 c)	Verification of the suitability in IT-systems
E		9.11.2.5 a)	Coordination at I_{nc}
		9.11.2.3	Performance at I_m
F		9.11.2.5 b)	Coordination at I_m
		9.11.2.5 c)	Coordination at I_{nc1}
G		9.19.2	Reliability (climatic tests)

Test sequence	Clause or subclause	Test (or Inspection)
H	IEC 61543:1995, AMD1:2004, Table 4 – T1.1	Harmonics, interharmonics
	IEC 61543:1995, AMD1:2004, Table 4 – T1.2	Signalling voltage
	9.21, Table 21 – T2.3	Surges
I	9.21 Table 21 – T2.1	Conducted sine-wave form voltages or currents
	9.21 Table 21 – T2.5	Radiated electromagnetic field
	9.21 Table 21 – T2.2	Fast transients (burst)
J	9.21 Table 21 – T2.6	Conducted common mode disturbances in the frequency range lower than 150 kHz
	9.21 Table 21 – T3.1	Electrostatic discharges
NOTE Test of sequence B, in 9.7, can be done on separate samples.		

Table A.2 – Test sequences for AFDDs classified according to 4.1.2

Test sequence		Clause or subclause	Test (or Inspection)
A		6	Marking
		8.2.1	General
		8.2.2	Mechanism
		9.3	Indelibility of marking
		8.2.3	Clearance and creepage distances (external parts only)
		9.15	Trip-free mechanism
		9.4	Reliability of screws, current-carrying parts and connections
		9.5	Reliability of terminals for external conductors
		9.6	Protection against electric shock
		9.13	Resistance to heat
		8.2.3	Clearances and creepage distances (internal parts)
		9.16	Resistance to rusting
A ₂		9.14	Resistance to abnormal heat and to fire
B		9.7.7.4	Resistance of the insulation of open contacts and basic insulation against an impulse voltage in normal conditions
		9.7.7.5	Verification of the behaviour of components bridging the basic insulation
		9.7.2	Resistance to humidity
		9.7.3	Insulation resistance of the main circuit
		9.7.4	Dielectric strength of the main circuit
		9.7.5	Insulation resistance and dielectric strength of auxiliary circuits
		9.7.6	Capability of control circuits connected to the main circuits withstanding high d.c. voltages due to insulation measurements
		9.7.7.2	Verification of clearances with the impulse withstand voltage
		9.8	Temperature rise
		9.19.3	Reliability at 40 °C
		9.20	Ageing of electronic components
	C		9.10
D	D ₀	9.9.2	Operating characteristics (series arc fault)
		9.9.3	Operating characteristics (parallel arc fault)
		9.23	Verification of behaviour in case of partial loss of supply connections
	D ₁	9.9.4	Masking test
		9.9.5	Unwanted tripping
		9.18	Behaviour in the case of surge currents
		9.12	Resistance to mechanical shock and impact
		9.17	Non-operating current under overcurrent conditions
	D ₂	9.11.1	Verification of AFDDs after sequence C ₂ of IEC 60898-1, or sequence D ₂ of IEC 61008-1 or sequence C ₂ of IEC 61009-1
	E		9.11.1
F		9.11.1	Verification of AFDDs after sequence E ₂ of IEC 60898-1, or sequence E of IEC 61008-1 or sequence F ₁ of IEC 61009-1
G		9.19.2	Reliability (climatic tests)

Test sequence	Clause or subclause	Test (or Inspection)
H	IEC 61543:1995, AMD1:2004, Table 4 – T1.1	Harmonics, interharmonics
	IEC 61543:1995, AMD1:2004, Table 4 – T1.2	Signalling voltage
	9.21, Table 21 – T2.3	Surges
I	9.21 Table 21 – T2.1	Conducted sine-wave form voltages or currents
	9.21 Table 21 – T2.5	Radiated electromagnetic field
	9.21 Table 21 – T2.2	Fast transients (burst)
J	9.21 Table 21 – T2.6	Conducted common mode disturbances in the frequency range lower than 150 kHz
	9.21 Table 21 – T3.1	Electrostatic discharges

Table A.3 – Test sequences for AFDDs classified according to 4.1.3

Test sequence		Clause or subclause	Test (or Inspection)
A ^b		6, D.4	Marking
		8.2.1, D.5.1	General
		8.2.2	Mechanism
		9.3	Indelibility of marking
		8.2.3	Clearance and creepage distances (external parts only)
		9.15	Trip-free mechanism
		9.4	Reliability of screws, current-carrying parts and connections
		9.5	Reliability of terminals for external conductors
		9.6	Protection against electric shock
		9.13	Resistance to heat
		8.2.3	Clearances and creepage distances (internal parts)
		9.16	Resistance to rusting
A ₂		9.14	Resistance to abnormal heat and to fire
B		9.7.7.4	Resistance of the insulation of open contacts and basic insulation against an impulse voltage in normal conditions
		9.7.7.5	Verification of the behaviour of components bridging the basic insulation
		9.7.2	Resistance to humidity
		9.7.3	Insulation resistance of the main circuit
		9.7.4	Dielectric strength of the main circuit
		9.7.5	Insulation resistance and dielectric strength of auxiliary circuits
		9.7.6	Capability of control circuits connected to the main circuits withstanding high d.c. voltages due to insulation measurements
		9.7.7.2	Verification of clearances with the impulse withstand voltage
		9.8	Temperature rise
		9.19.3	Reliability at 40 °C
		9.20	Ageing of electronic components
C		9.10	Mechanical and electrical endurance
D	D ₀	D.6.4	Verification for devices declared to be disassembled
		9.9.2	Operating characteristics (series arc fault)
		9.9.3	Operating characteristics (parallel arc fault)
		9.23	Verification of behaviour in case of partial loss of supply connections
	D ₁	9.9.4	Masking test
		9.9.5	Unwanted tripping
		9.18	Behaviour in the case of surge currents
		9.12	Resistance to mechanical shock and impact
		9.17	Non-operating current under overcurrent conditions
	D ₂	9.11.1	Verification of AFDDs after sequence C ₂ of IEC 60898-1, or sequence D ₂ of IEC 61008-1 or sequence C ₂ of IEC 61009-1
E		9.11.1	Verification of AFDDs after sequence E ₁ of IEC 60898-1, or sequence F of IEC 61008-1 or sequence F ₀ of IEC 61009-1
F		9.11.1	Verification of AFDDs after sequence E ₂ of IEC 60898-1, or sequence E of IEC 61008-1 or sequence F ₁ of IEC 61009-1

Test sequence	Clause or subclause	Test (or Inspection)
G	9.19.2	Reliability (climatic tests)
H	IEC 61543:1995, AMD1:2004, Table 4 – T1.1 IEC 61543:1995, AMD1:2004, Table 4 – T1.2 9.21, Table 21 – T2.3	Harmonics, interharmonics Signalling voltage Surges
I	9.21 Table 21 – T2.1 9.21 Table 21 – T2.5 9.21 Table 21 – T2.2	Conducted sine-wave form voltages or currents Radiated electromagnetic field Fast transients (burst)
J	9.21 Table 21 – T2.6 9.21 Table 21 – T3.1	Conducted common mode disturbances in the frequency range lower than 150 kHz Electrostatic discharges
^b Tests 9.3, 9.4, 9.5, 9.13, 9.14 and 9.15 are performed additionally on AFD unit according to D.6.2.		

A.2 Number of samples to be submitted for full test procedure

If only one type of AFDDs of one current rating is submitted for test, the number of samples to be submitted to the different test series are those indicated in Table A.4 where the minimum performance criteria are also indicated.

If all samples submitted according to the second column of Table A.4 pass the tests, compliance with the standard is met. If the minimum numbers given in the third column only pass the tests, additional samples as shown in the fourth column shall be tested and all shall then satisfactorily complete the test sequence.

Table A.4 – Number of samples for full test procedure

Test sequence ^a	Number of samples	Minimum number of accepted samples ^b	Number of samples for repeated tests ^c
A	1	1	–
A ₂	3	2	3
B	3	2	3
C	3	2	3
D ₀	3	2 ^d	3
D ₁	3	2 ^d	3
D ₂	3	3	3
E	3	2 ^d	3
F	3	2 ^d	3
G	3	2	3
H ^e	3	2	3
I ^e	3	2	3
J ^e	3	2	3

^a In total, a maximum of three test sequences may be repeated.

^b It is assumed that a sample which has not passed a test has not met the requirements due to workmanship or assembly defects which are not representative of the design.

^c In the case of repeated tests, all test results must be acceptable.

^d All samples shall meet the requirements in 9.9.2, 9.9.3, and 9.11.2.4, as appropriate. In addition, permanent arcing or flashover between poles or between poles and frame shall not occur in any sample during tests of 9.11.2.3, 9.11.2.5 a), 9.11.2.5 b) or 9.11.2.5 c).

^e On request of the manufacturer, the same set of samples may be subjected to more than one of these test sequences.

A.3 Number of samples to be submitted for simplified test procedures in case of submitting simultaneously a range of AFDDs of the same fundamental design

A.3.1 If a range of AFDDs of the same fundamental design, or additions to such a range of AFDDs are submitted for certification, the number of samples to be tested may be reduced according to Table A.5.

NOTE For the purposes of this annex, the same fundamental design comprises a series of rated current (I_n) and/or different number of poles.

AFDDs can be considered to be of the same fundamental design if all of the following conditions are met:

- 1) they have the same basic design;
- 2) the operating means have identical tripping mechanism;
- 3) the materials, finish and dimensions of the internal current carrying parts are identical other than the variations detailed in a) below;
- 4) the terminals are of similar design (see b) below);
- 5) the contact size, material, configuration and method of attachment are identical;
- 6) the manual operating mechanism, materials and physical characteristics are identical;
- 7) the moulding and insulating materials are identical;
- 8) the method, materials and construction of the extinction device are identical;
- 9) the basic design of the current sensing device is identical, for a given type of characteristic other than the variations permitted in c) below;
- 10) the basic design of the test device, if any, is identical.

The following variations are permitted provided that AFDDs comply in all other respects to the requirements detailed above:

- a) cross sectional area of the internal current carrying connections, and lengths of the toroid connections;
- b) size of terminals;
- c) number of turns and cross sectional area of the windings and the size and material of the core of the current sensor as far as applicable.

A.3.2 For AFDDs having the same classification according to the method of construction (4.1), having different current rating, the number of samples to be tested may be reduced, according to Table A.5.

Table A.5 – Number of samples for simplified test procedure

Test sequence	Number of samples ^{a b}
A	1 max. rating I_n
A ₂	3 max. rating I_n
B	3 max. rating I_n
C	3 max. rating I_n
D ₀	3 max. rating I_n
D ₁	3 max. rating I_n
D ₂	3 max. rating I_n
E	3 max. rating I_n
F	3 max. rating I_n 3 min. rating I_n
G	3 max. rating I_n 3 min. rating I_n
H	3 samples of the same rating I_n chosen at random ^c
I	3 samples of the same rating I_n chosen at random ^c
J	3 samples of the same rating I_n chosen at random ^c
^a If a test is to be repeated according to the minimum performance criteria of Clause A.2, a new set of samples is used for the relevant test. In the repeated test, all test results shall be acceptable. ^b Also applicable to 1-pole AFDDs with uninterrupted neutral and to 2-pole AFDDs with 1 protected pole. ^c Only the highest number of current paths.	

Annex B

(normative)

Determination of clearances and creepage distances

In determining clearances and creepage distances, it is recommended that the following points should be considered.

B.1 Orientation and location of a creepage distance

If necessary, the manufacturer shall indicate the intended orientation of the equipment or component in order for creepage distances to not be adversely affected by the accumulation of pollution for which they were not designed.

B.2 Creepage distances where more than one material is used

A creepage distance may be split in several portions of different materials and/or have different pollution degrees if one of the creepage distances is dimensioned to withstand the total voltage or if the total distance is dimensioned according to the material having the lowest CTI.

B.3 Creepage distances split by floating conductive part

A creepage distance may be split into several parts, made with insulation material having the same CTI, including or separated by floating conductors as long as the sum of the distances across each individual part is equal or greater than the creepage distance required if the floating part did not exist.

The minimum distance X for each individual part of the creepage distance is given in 6.2 (see also Example 11) of IEC 60664-1:2007.

B.4 Measurement of creepage distances and clearances

In determining creepage distances according to IEC 60664-1:2007, the dimension X , specified in the following examples, has a minimum value of 1,0 mm for pollution degree 2.

If the associated clearance is less than 3 mm, the minimum dimension X may be reduced to one third of this clearance.

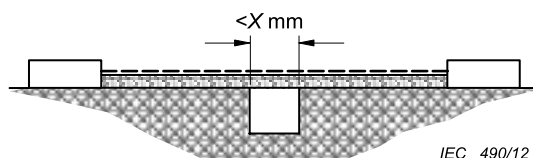
The methods of measuring creepage distances and clearances are indicated in the following Examples 1 to 11. These cases do not differentiate between gaps and grooves or between types of insulation.

The following assumptions are made:

- any recess is assumed to be bridged with an insulating link having a length equal to the specified width X and being placed in the most unfavourable position (see Example 3);
- where the distance across a groove is equal to or larger than the specified width X , the creepage distance is measured along the contours of the groove (see Example 2);
- creepage distances and clearances measured between parts which can assume different positions in relation to each other, are measured when these parts are in their most unfavourable position.

----- Clearance  Creepage distance

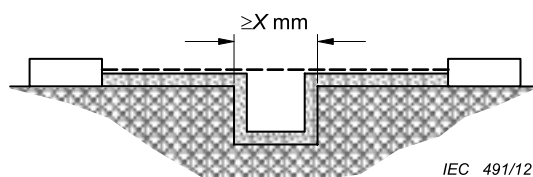
Example 1



Condition: Path under consideration includes a parallel- or converging-sided groove of any depth with a width less than X mm.

Rule: Creepage distance and clearance are measured directly across the groove as shown.

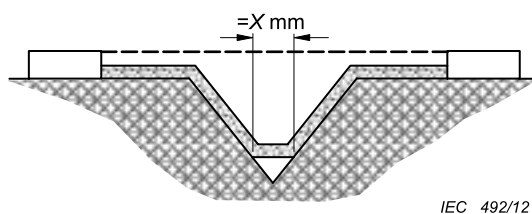
Example 2



Condition: Path under consideration includes a parallel-sided groove of any depth and with width equal to or more than X mm.

Rule: Clearance is the "line of sight" distance. Creepage path follows the contour of the groove.

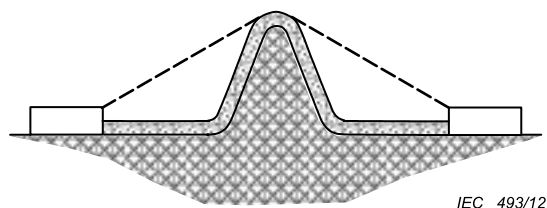
Example 3



Condition: Path under consideration includes a V-shaped groove with a width greater than X mm.

Rule: Clearance is the "line of sight" distance. Creepage path follows the contour of the groove but "short-circuits" the bottom of the groove by X mm link.

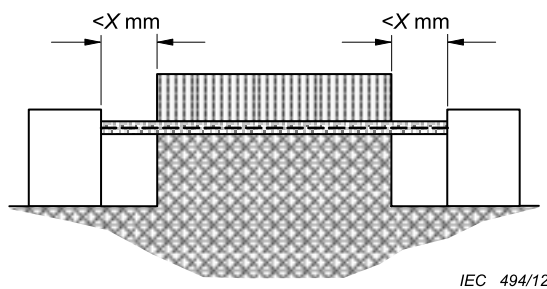
Example 4



Condition: Path under consideration includes a rib.

Rule: Clearance is the shortest direct air path over the top of the rib. Creepage path follows the contour of the rib.

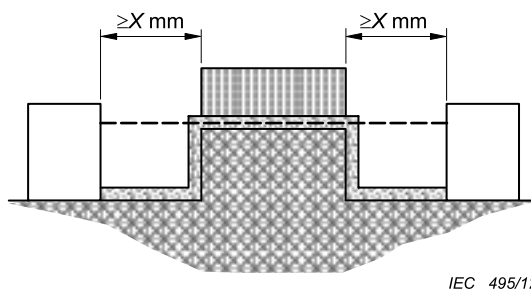
Example 5



Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with grooves less than X mm wide on each side.

Rule: Creepage and clearance path is the "line of sight" distance shown.

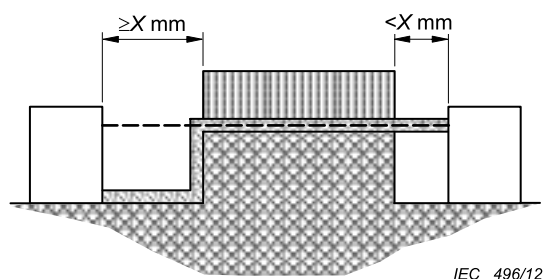
Example 6



Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with grooves equal to or more than X mm wide on each side.

Rule: Clearance is the "line of sight" distance. Creepage path follows the contour of the grooves.

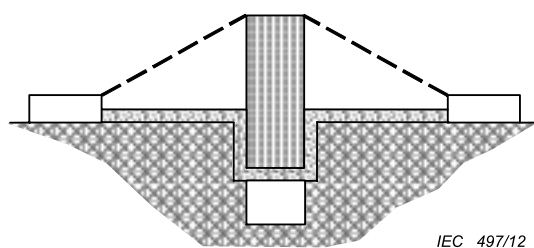
Example 7



Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with a groove on one side less than X mm wide and the groove on the other side equal to or more than X mm wide.

Rule: Clearance and creepage paths area as shown.

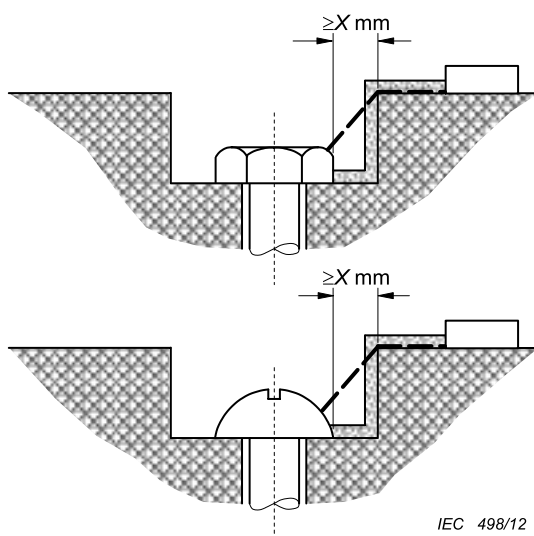
Example 8



Condition: Creepage distance through uncemented joint is less than creepage distance over barrier.

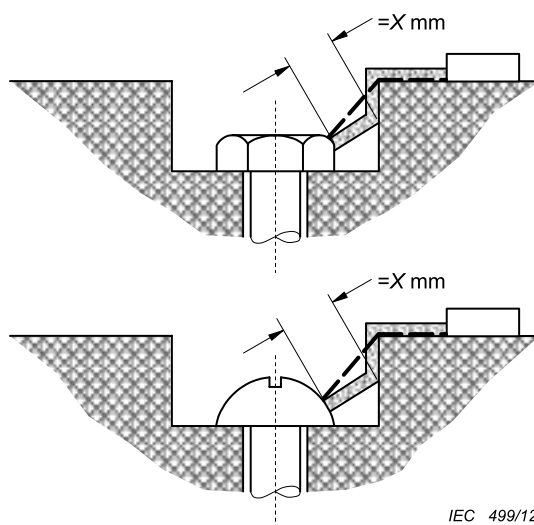
Rule: Clearance is the shortest direct air path over the top of the barrier.

Example 9



Gap between head of screw and wall of recess wide enough to be taken into account.

Example 10

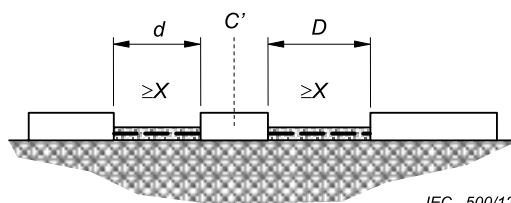


IEC 499/12

Gap between head of screw and wall of recess too narrow to be taken into account.

Measurement of creepage distance is from screw to wall when the distance is equal to X mm.

Example 11



IEC 500/12

C' floating part

Clearance is the distance = $d + D$

Creepage distance is also = $d + D$



Clearance



Creepage distance

Annex C (normative)

Arrangement for the detection of the emission of ionized gases during short-circuit tests

The device under test is mounted as shown in Figure C.1 which may require adapting to the specific design of the device, and in accordance with the manufacturer's instructions.

When required (i.e. during "O" operations), a clear polyethylene sheet ($0,05 \pm 0,01$) mm, of a size at least 50 mm larger, in each direction, than the overall dimensions of the front face of the device, but not less than 200 mm × 200 mm, is fixed and reasonably stretched in a frame, placed at a distance of 10 mm from

- either the maximum projection of the operating means of a device without recess for the operating means;
- or the rim of a recess for the operating means of a device with recess for the operating means.

The sheet should have the following physical properties:

Density at 23 °C: $0,92 \text{ g/cm}^3 \pm 0,05 \text{ g/cm}^3$;

Melting point: 110 °C to 120 °C.

When required, a barrier of insulating material, at least 2 mm thick, is placed, as shown in figure C.1, between the arc vent and the polyethylene foil to prevent damage of the foil due to hot particles emitted from the arc vent.

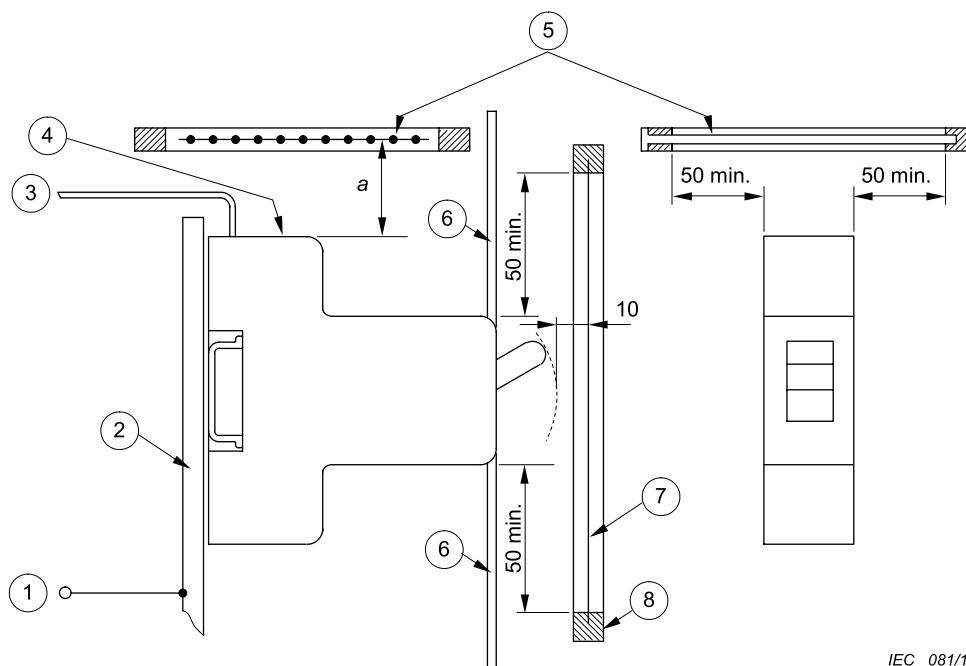
When required, a grid (or grids) according to Figure C.2, is (are) placed at a distance of "a" mm from each arc vent side of the device.

The grid circuit (see Figure C.3) shall be connected to the points B and C.

The parameters for the grid circuit(s) are as follows:

Resistor R': $1,5 \Omega$

Copper wire F': length 50 mm and diameter in accordance with 9.11.2.2 f)1).



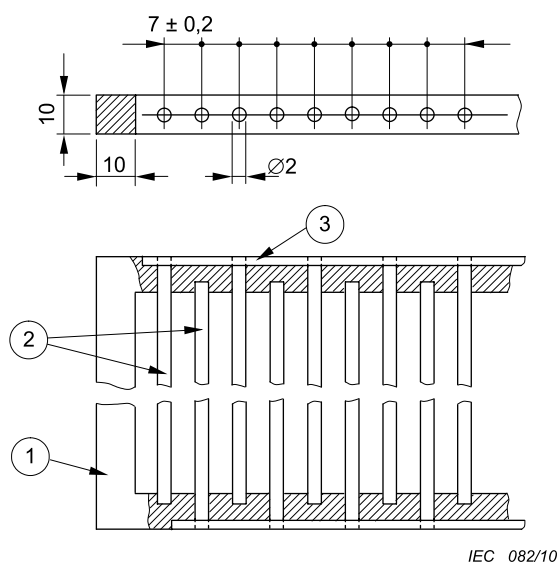
IEC 081/10

Dimensions in millimetres

Key

1	To the fuse F
2	Metal plate
3	Cable
4	Arc vent
5	Grid
6	Barrier
7	Polyethylene sheet
8	Frame

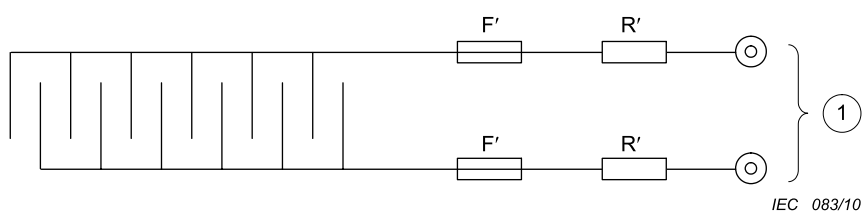
Figure C.1 – Test arrangement



Key

- 1 Frame of insulating material
- 2 Copper wires
- 3 Metal interconnection of copper wires

Figure C.2 – Grid



Key

- 1 Connected to points B and C

Figure C.3 – Grid circuit

Annex D

(normative)

Additional requirements and tests for AFDDs according to the classification 4.1.3 designed to be assembled on site together with a main protective device (circuit-breaker or RCCB or RCBO)

D.1 General

The main body of this standard applies in all respects to devices covered by this annex, unless otherwise specified.

D.2 Scope

This annex applies to AFDDs consisting of an arc fault detection unit (AFD unit), which may also include residual current protection, designed for being mechanically assembled on site in accordance with the manufacturer's instructions to one or more declared protective device(s) which can be either a circuit breaker in compliance with IEC 60898-1, or a RCD in compliance with IEC 61008-1, IEC 61009-1 or IEC 62423.

The manufacturer shall declare which types of AFD units and protective device(s) are suitable to be assembled all together.

D.3 Terms and definitions

Void

D.4 Marking and other product information

D.4.1 Manufacturer's name or trade mark

With reference to Clause 6 item a) of this standard, the circuit-breaker and / or the RCD and the AFD unit with which it is to be assembled shall bear the same manufacturer's name or trade mark.

D.4.2 Marking

D.4.2.1 Marking of the circuit-breaker or RCD

Marking of the circuit-breaker shall be in accordance with IEC 60898-1.

Marking of the RCD shall be in accordance with IEC 61008-1, IEC61009-1 or IEC 62423, as applicable.

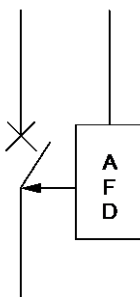
D.4.2.2 Marking of the AFD unit

The AFD unit shall be marked with the following items, with reference to Clause 6, Table 5 of this standard:

a), b), c), d) and g)

In addition, the AFD unit shall be marked with

- the maximum rated current of the circuit-breaker or RCD with which it may be assembled (e.g. 16 A max.)
- the symbol (AFD may also be shown on the left side of the breaker)



For AFD units also including residual current protection, the following items shall be marked with the following:

- rated residual operating current (visible when the device is installed);
- the symbol (S in a square) for type S devices (visible when the device is installed);
- indication that the RCCB is functionally dependent on line voltage, if applicable (under consideration);
- operating means of the test device, by the letter T (visible when the device is installed);
- wiring diagram;
- operating characteristics in presence of residual currents with d.c. components (visible when the device is installed);
- RCCBs of type AC with the symbol  IEC 60417-6148 (2012-01);
- RCCBs of type A with the symbol  IEC 60417-6149 (2012-01);
- RCCBs of type B with the symbol  IEC 60417-6149 (2012-01) and IEC 60417-5031 (2002-10).

It is recommended that the references of the circuit-breakers and/or RCD with which the AFD unit can be assembled be marked.

D.4.2.3 Marking of the assembled circuit-breaker or RCD and AFD unit (AFDD)

The following marking on the AFD unit specified in D.4.2.2 shall not be visible after assembly:

- c);
- maximum rated current of the circuit-breaker with which the AFD unit may be assembled.

Marking h) of the AFD unit, if applicable, shall remain visible after assembly.

D.4.3 Instructions for assembly and operation

The manufacturer shall provide adequate instructions with the AFD unit. These instructions shall cover at least the following:

- reference to the type(s) and catalogue number(s), covering current and voltage ratings, number of poles, etc. of the circuit-breakers or RCDs with which the AFD unit is designed to be assembled;

NOTE The number of paths of the circuit breaker or RCD corresponds to the number of paths of the AFD unit. A neutral terminal or link may take the place of the neutral pole of a circuit-breaker or RCD.

- derating factor if any;

- method of assembly;
- need for checking operation after assembly to verify the mechanical operation.

D.5 Constructional requirements

D.5.1 General

The design shall be such that it shall be possible to assemble the AFDD on site.

Design may be such that the device may be disassembled on site in accordance with the manufacturer's instructions.

For devices declared not suitable for disassembling, the disassembly shall leave permanent visible damage.

Compliance is checked according to D.6.4.

D.5.2 Degree of protection

D.5.2.1 General

The degree of protection of the AFD unit shall be no less than that of the circuit-breaker or RCD with which it is to be assembled.

D.5.2.2 Mechanical requirements

The circuit-breaker or RCD and the AFD unit shall fit together readily in the correct manner, and the design shall be such as to prevent an incorrect assembly.

There shall be no loose parts for coupling the tripping mechanisms.

Fixing means for assembly shall be captive.

Terminal covers, if any, are not covered by this requirement.

D.5.3 Electrical compatibility

It shall not be possible to use a circuit-breaker or RCD of a given rated voltage with an AFD unit of a lower rated voltage.

NOTE An incorrect combination can be excluded by mechanical or electrical design.

It shall not be possible to assemble a circuit-breaker or RCD of a given rated current with a AFD unit of a lower maximum current marking (see D.4.2.2).

The terminals of the AFD unit shall be able to clamp the range of nominal cross-sections of conductors specified in Table 7 of IEC 60898-1:2002 for the rated currents of the circuit-breakers or in Table 8 of IEC 61008-1:2008 with which it is designed to be assembled.

The electrical interconnections between the AFD unit and the circuit-breaker or RCD with which it is to be assembled shall form part of the AFD unit.

It shall not be possible to assemble a circuit-breaker or RCD of a given rated short-circuit capacity with an AFD unit so as to result in a lower short-circuit performance.

Compliance is checked by inspection and manual test.

D.6 Type tests and verifications

D.6.1 Tests on circuit-breakers and RCDs

The circuit-breakers intended to be assembled with the AFD unit shall comply with the type tests of IEC 60898-1.

The RCDs intended to be assembled with the AFD unit shall comply with the type tests of IEC 61008-1, IEC 61009-1 or IEC 62423, as applicable.

D.6.2 Tests on AFD units

The AFD units shall comply with the following type tests specified in Table 10 of 9.1.2 of this standard: tests of 9.3, 9.4, 9.5, 9.13, 9.14 and 9.15.

D.6.3 Tests on assembled AFDDs

For AFD units with an integrated residual current protection shall first be tested according to IEC 61008-1, IEC 61009-1 or IEC 62423, as applicable. After completion of these tests, the additional tests specified in Table 10 of 9.1.2 given in this standard shall be applied in order to show conformity to this standard.

In case of AFD units intended to be assembled with several protective devices or AFD units with integrated residual current protection, the testing procedure has to be either repeated with each protective device declared by the manufacturer or the most stringent tests among all applicable standards shall be applied only once but the acceptance criteria combines any acceptance criteria of any applicable standard.

The type tests specified in Table 10 of 9.1.2 of this standard apply to AFDDs covered by this annex except as follows:

- 9.3, 9.5, 9.13 and 9.14 do not apply;
- 9.4: tests shall be made on the interconnections between the circuit-breaker or RCD and the AFD unit.

D.6.4 Verification of marking and constructional requirements of AFDDs

Compliance with the requirements of D.4.1, D.4.2, D.4.3, D.5.1, D.5.2 and D.5.3 shall be checked by inspection and manual test, as applicable.

For devices declared suitable to be disassembled, compliance with the requirements of D.5.1 is checked by the following test to be performed at the beginning of test sequence D_0 in Table A.3.

The number of samples shall be in accordance with test sequence $D_0 + D_1$ in Table A.4.

The AFD unit and compatible circuit-breakers or RCDs, as declared by the manufacturer, have to be assembled and disassembled 5 times. The AFD unit and the compatible circuit breaker or RCDs are then reassembled and used for the test of test sequence D_0 . After each assembly the correct operation of the combination shall be verified for RCDs by using the test button and for circuit breakers with the upper limit of the instantaneous tripping current. The AFDD shall trip each time.

D.7 Routine tests on the AFD unit

Annex E applies, but the tests shall be made on the AFD units in association with a test circuit breaker or RCD adjusted to the most onerous conditions.

Annex E

(normative)

Routine tests

E.1 General

The tests specified in this standard are intended to reveal, as far as safety is concerned, unacceptable variations in material or manufacture.

In general, more tests have to be made to ensure that every AFDD conforms with the samples that withstood the tests of this standard, according to the experience gained by the manufacturer.

E.2 Tripping test

The AFDD is connected to a shaker arc test and an adjustable load, as shown in Annex F on Figure F.3.

The value of the resistance having been adjusted to the lowest test current mentioned in Tables 1 and 2 (2,5 A for a 230 V rated voltage AFDD and 5 A for a 120 V rated voltage AFDD) the AFDD shall trip in less than 1s.

Alternatively any convenient method of verification of the correct tripping is allowed.

E.3 Electric strength test

A voltage of substantially sine-wave form of 1 500 V having a frequency of 50 Hz/60 Hz is applied for 1 s as follows:

- a) with the AFDD in the open position, between the terminals which are electrically connected together, when the AFDD is in the closed position;
- b) with the AFDD in the open position, either between all incoming terminals of poles in turn or between all outgoing terminals of poles in turn, depending on the position of the electronic components.

No flashover or breakdown shall occur.

Annex F (informative)

Description of the shaker arc test in 9.10.2

Install two copper studs on two conductive surfaces fixed on a non-conductive vibrating table.

Prepare a copper wire jumper using 300 mm (12 in) lengths and 10 mm² (AWG 8) flexible wire terminated on both ends with copper lugs to achieve a gap measurement around 0,3 mm to 0,6 mm as shown in Figure F.1 and F.2.

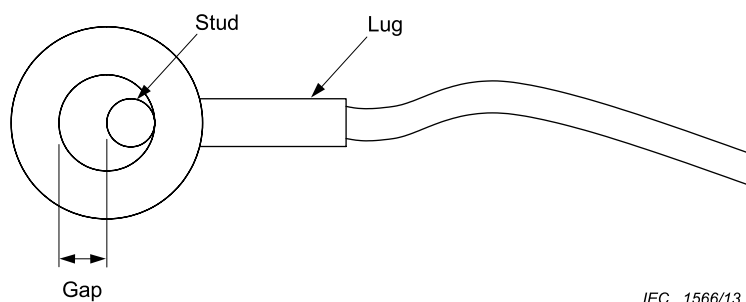


Figure F.1 – Gap Measurement

Loop the wire jumper from stud to terminal in the manner shown in Figure F.2 producing a series connection from one end of the fixture to the other. Tighten a self-locking nut on the studs only until the locking mechanism on the nut fully engages (this nut is only used to ensure that the wire terminal does not vibrate off the stud).

The height between the nut and the base of the stud is around 3 mm. Do not tighten any further.

The wire terminal must remain free to vibrate while making intermittent contact with the stud and self-locking nut.

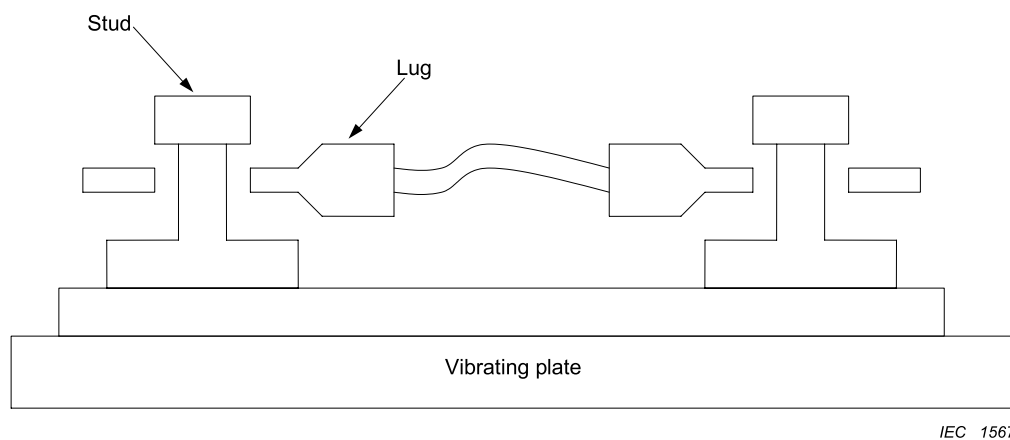


Figure F.2 – Shaker arc test table with Loose Terminals

The frequency of the vibrating plate is in between 30 Hz to 60 Hz.

The AFDD phase terminal is connected to the wire with studs and lugs to the shaker arc test table as shown in Figure F.3.

Before testing, the current is adjusted to half value of the rated current with S1. Then S1 is left open. The arcing will trip the AFDD during the test.

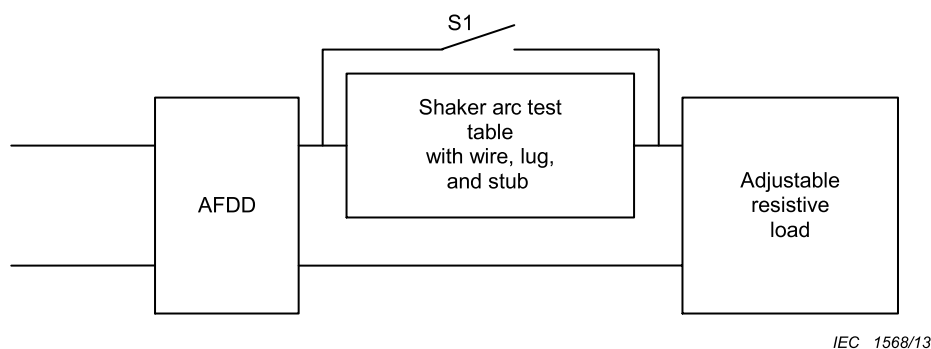


Figure F.3 – AFDD connected to the shaker arc table during test

Annex IA (informative)

Methods of determination of short-circuit power-factor

IA.1 General

There is no uniform method by which the short-circuit power-factor can be determined with precision. Two examples of acceptable methods are given in this annex.

Method I – Determination from d.c. components

The angle ϕ may be determined from the curve of the d.c. component of the asymmetrical current wave between the instant of the short-circuit and the instant of contact separation as follows:

IA.1 Formula for the d.c. component

The formula for the d.c. component is:

$$i_d = i_{do} \cdot e^{-Rt/L}$$

where

i_d is the value of d.c. components at the instant t ;

i_{do} is the value of the d.c. component at the instant taken as time origin;

L/R is the time-constant of the circuit, in seconds;

t is the time, in seconds, taken from the initial instant;

e is the base of the Neperian logarithms.

The time-constant L/R can be ascertained from the above formula as follows:

- measure the value of i_{do} at the instant of short-circuit and the value of i_d at another instant t before the contact separation;
- determine the value of $e^{-Rt/L}$ by dividing i_d by i_{do} ;
- from a table of values of e^{-x} determine the value of $-x$ corresponding to the ratio of i_d/i_{do} ;
- the value x represents Rt/L from which L/R is obtained.

IA.2 Determining the angle

Determine the angle from:

$$\phi = \arctan \omega L/R$$

where ω is 2π times the actual frequency.

This method should not be used when the currents are measured by current transformers.

Methods II – Determination with pilot generator

When a pilot generator is used on the same shaft as the test generator, the voltage of the pilot generator on the oscillogram may be compared in phase first with the voltage of the test generator and then with the current of the test generator.

The difference between the phase angles between pilot generator voltage and main generator voltage on the one hand and pilot generator voltage and test generator current on the other hand gives the phase-angle between the voltage and current of the test generator, from which the power-factor can be determined.

Annex IB (informative)

Examples of terminal designs

In this annex, some examples of designs of terminals are given (see Figures IB.1 to IB.4).

The conductor location shall have a diameter suitable for accepting solid rigid conductors and a cross-sectional area suitable for accepting rigid stranded conductors (see Table 11 of 9.2).

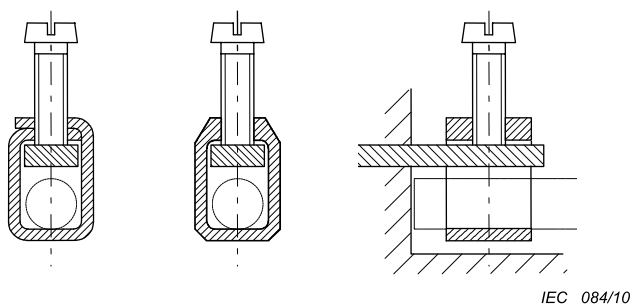


Figure IB.1a – Terminals with stirrup

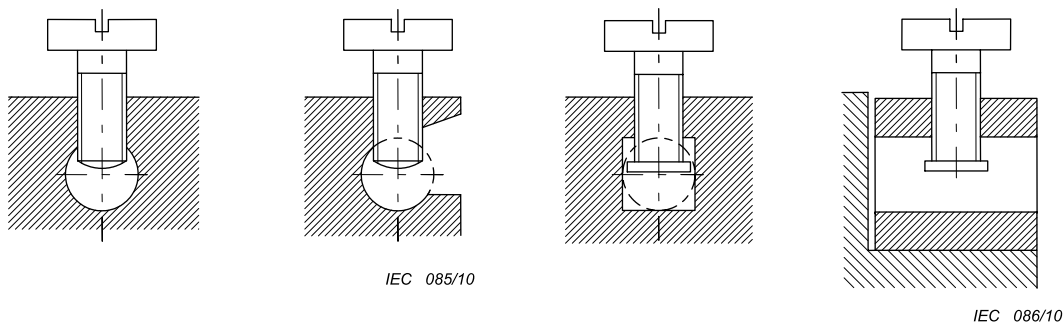


Figure IB.1b – Terminals without pressure plate

Figure IB.1c – Terminals with pressure plate

The part of the terminal containing the threaded hole and the part of the terminal against which the conductor is clamped by the screw may be two separate parts, as in the case of a terminal provided with a stirrup.

Figure IB.1 – Examples of pillar terminals

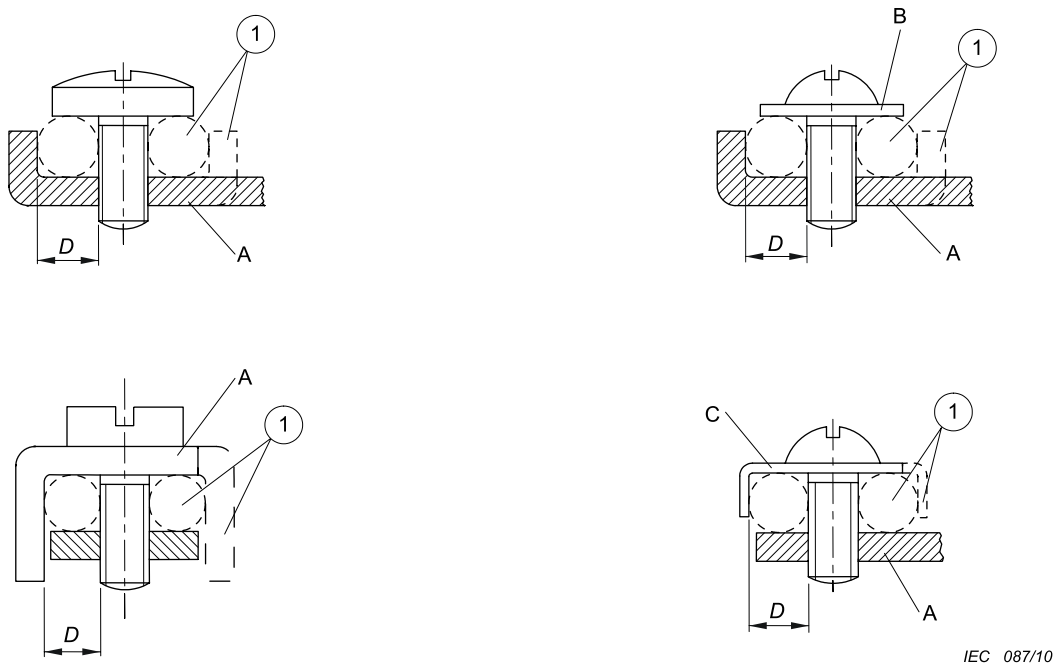


Figure IB.2a – Screw terminals

Screw not requiring washer
or clamping plate

Screw requiring washer, clamping plate
or anti-spread device



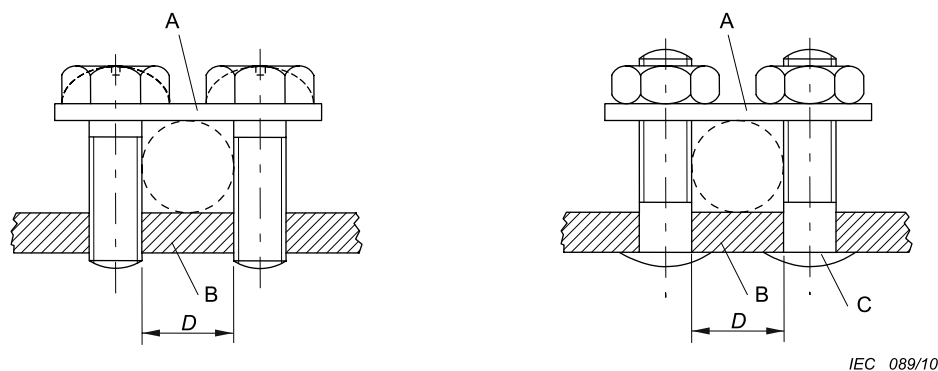
Figure IB.2b – Stud terminals

Key

- 1 Optional
- A Fixed part
- B Washer or clamping plate
- C Anti-spread device
- D Conductor space
- E Stud

The part which retains the conductor in position may be of insulating material, provided the pressure necessary to clamp the conductor is not transmitted through the insulating material.

Figure IB.2 – Examples of screw terminals and stud terminals



IEC 089/10

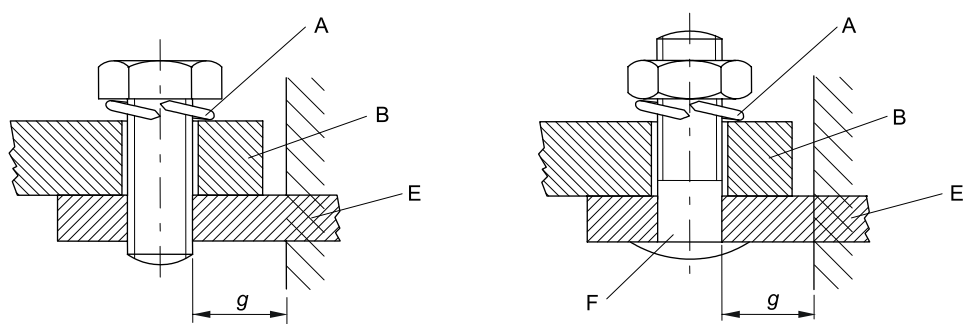
Key

- A Saddle
- B Fixed part
- C Stud
- D Conductor space

The two faces of the saddle may be of different shapes to accommodate conductors of either small or large cross-sectional area, by inverting the saddle.

The terminals may have more than two clamping screws or studs.

Figure IB.3 – Examples of saddle terminals



IEC 090/10

Key

- A Locking means
- B Cable lug or bar
- E Fixed part
- F Stud

For this type of terminal, a spring washer or equally effective locking means shall be provided and the surface within the clamping area shall be smooth.

For certain types of equipment, the use of lug terminals of sizes smaller than that required is allowed.

Figure IB.4 – Examples of lug terminals

Annex IC
(informative)**Correspondence between ISO and AWG copper conductors**

ISO size mm ²	AWG	
	Size	Cross-sectional area mm ²
1,0	18	0,82
1,5	16	1,3
2,5	14	2,1
4,0	12	3,3
6,0	10	5,3
10,0	8	8,4
16,0	6	13,3
25,0	3	26,7
35,0	2	33,6
50,0	0	53,5

In general, ISO sizes apply.

Upon request of the manufacturer, AWG sizes may be used.

Annex ID (informative)

Follow-up testing program for AFDDs

ID.1 General

In order to guarantee the keeping of the quality level of products, follow-up inspection procedures on the manufacturing process have to be set up by the manufacturers.

This annex gives an example of follow-up procedure to be applied when manufacturing AFDDs.

It may be used as a guide by manufacturers for adapting their specific procedures and organization aiming at keeping the required quality level of the product output.

In particular, any provision of the supplying follow-up as well as the manufacturing follow-up may be taken to guarantee the quality of the manufactured products on which the safe operation of the residual current device depends.

ID.2 Follow-up testing program

The follow-up testing program includes two series of tests.

ID.2.1 Quarterly follow-up testing program

See Table ID.1, test sequence Q.

ID.2.2 Annual follow-up testing program

See Table ID.1, test sequences Y1 to Y3.

The annual follow-up testing may be combined with the quarterly follow-up testing.

Table ID.1 – Test sequences during follow-up inspections

Test sequence	Clause or subclause	Test	Comments
Q	9.9.2.2 9.9.2.4 9.7.6	Arc detection operating characteristics Arc detection operating characteristics Resistance of insulation against impulse voltages Verification of the correct operation of the test button if any	Also carried out between each pole in turn – The AFDD is powered as for normal use, – Then the AFDD is manually closed. Afterward the equipment shall trip when the button is pressed.
Y1	9.9.2.5 9.7 9.10	Test at the temperature limits Test of dielectric properties Mechanical and electrical endurance	
Y2	9.19.1	Reliability (climatic test)	

Test sequence	Clause or subclause	Test	Comments
Y3	9.20	Verification of ageing of electronic components	

ID.2.3 Sampling procedure

ID.2.3.1 Quarterly testing program

For the purpose of the quarterly testing program the following inspection levels are applied:

- normal inspection;
- tightened inspection.

Normal inspection will be used for the first follow-up inspection.

For successive inspections, normal or tightened inspection, or stopping of the production is applied, depending on the results of the on-going tests.

The following criteria for switching over from one level of inspection to another shall be applied:

- Stay at normal level

When normal inspection is applied, normal level is maintained if all six samples pass the test sequence (see Table ID.2, sequence Q). If five samples pass the test sequence, the subsequent inspection is made one month only after the preceding one with the same number of samples and the same test sequence.

- Normal to tightened

When normal inspection is applied, tightened inspection shall be applied when only four samples pass the test sequence.

- Normal to production stop

When normal inspection is applied and less than four samples pass the test sequence, the production shall be discontinued pending action to improve the quality.

- Tightened to normal

When tightened inspection is applied, normal inspection shall be applied when at least 12 samples pass the test sequence (see Table ID.2).

- Stay at tightened level

When, being at tightened level, 10 or 11 samples only pass the test sequence, the tightened level is maintained and the subsequent inspection is made one month after the preceding one with the same number of samples and the same test sequence.

- Tightened to production stop

In the event that four consecutive inspections remain on the tightened level or when less than 10 samples pass the test sequence, the production shall be discontinued pending action to improve the quality.

- Restart production

The production can restart after appropriate and confirmed corrective action. The restart shall be made under tightened inspection conditions.

ID.2.3.2 Annual testing program

For the purpose of the annual testing program the following inspection levels are applied:

- normal inspection;
- tightened inspection.

Normal inspection will be used for the first follow-up inspection.

For successive inspections, normal or tightened inspections are applied, depending on the results of the on-going tests.

The following criteria for switching over from one level of inspection to another shall be applied.

– Stay at the normal level

When normal inspection is applied, normal level is maintained if all samples pass the test sequence. If two samples pass the test sequence Y1 and no failure occurs during test sequences Y2 and Y3, the subsequent inspection is made three months after the preceding one with the same number of samples and the same test sequences.

– Normal to tightened

When normal inspection is applied, tightened inspection shall be applied when either:

- only one sample passes the sequence Y1;
- or one failure occurs during any one of test sequences Y2 or Y3.

The subsequent inspection shall be effected within three months of the preceding one, at tightened level for any sequence in which the failure occurred and at normal level for the other test sequences.

– Normal to production stop

When normal inspection is applied and no sample passes the test sequence Y1, or more than one failure occurs during test sequences Y2 or Y3, the production shall be discontinued pending action to improve the quality.

– Tightened to normal

When tightened inspection is applied, normal inspection shall be applied when:

- at least five samples pass the test sequence Y1; and
- no failure occurs during the test sequence Y2 or Y3.

– Stay at tightened level

When, being at tightened level, four samples only pass the test sequence Y1 and no failure occurs during test sequences Y2 or Y3, the tightened level is maintained and the following inspection is made three months after the preceding one with the same number of samples and the same test sequences.

– Tightened to production stop

In the event that four consecutive inspections remain on the tightened level or when during one annual inspection one of the following failures occurs:

- less than four samples pass test sequence Y1;
 - more than one failure occurs during test sequences Y2 or Y3;
- the production shall be discontinued pending action to improve the quality.

– Restart production

The production can restart after appropriate and confirmed corrective action. The restart shall be made under tightened inspection conditions.

ID.2.4 Number of samples to be tested

The number of samples for the various inspection levels is given in Table ID.2.

Table ID.2 – Number of samples to be tested

Inspection sequence	Number of samples for normal inspection	Number of samples for tightened inspection
Q	6	13
Y1, Y2, Y3	3 each	6 each

Out of each series of AFDDs of the same fundamental design only one set of samples need be tested, irrespective of the ratings.

For the purpose of this follow-up testing program, AFDDs are considered to be of the same fundamental design if they belong to the same classification according to 4.1, and:

- the arc current operating means have identical tripping mechanism and identical relay or solenoid, except for:
 - the number of turns and cross-sectional area of the windings;
 - the sizes and material of the core of the differential transformer;
 - the rated residual current; and
- the electronic part, if any, is of the same design and uses the same components, except for variations so as to achieve different arc current operating value.

Annex IE (informative)

SCPDs for short-circuit tests

IE.1 Introduction

For the verification of the minimum I^2t and I_p values to be withstood by the AFDD as given in Table 18 of 9.11.2.1, short-circuit tests have to be performed. The short-circuit tests shall be made by the use of the declared protective device or a silver wire using the test apparatus shown in Figure IE.1 or by the use of any other means producing the required I^2t and I_p values.

IE.2 Silver wires

For the purpose of verifying the minimum I^2t and I_p values to be withstood by the AFDD, in order to obtain reproducible test results, the SCPD, if any, may be a silver wire using the test apparatus shown in Figure IE.1.

For silver wires with at least 99,9 % purity, Table IE.1 gives an indication of the diameters according to the rated current I_n and the conditional short-circuit currents I_{nc} .

Table IE.1 – Indication of silver wire diameters as a function of rated currents and short-circuit currents

I_{nc}	I_n A					
	≤ 16	≤ 20	≤ 25	≤ 32	≤ 40	≤ 63
	Silver wire diameter ^a mm					
500	0,30	0,35	0,35	0,35		
1 000	0,30	0,35	0,40	0,50		
1 500	0,35	0,40	0,45	0,50	0,65	0,85
3 000	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,80
4 500	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,80
6 000	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,75
10 000	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,70

^a The silver wire diameter values are essentially based on peak current (I_p) considerations (see Table 18).

The silver wire shall be inserted in the appropriate position of the test apparatus shown in Figure IE.1, horizontally and stretched. The silver wire shall be replaced after each test.

IE.3 Declared protective devices

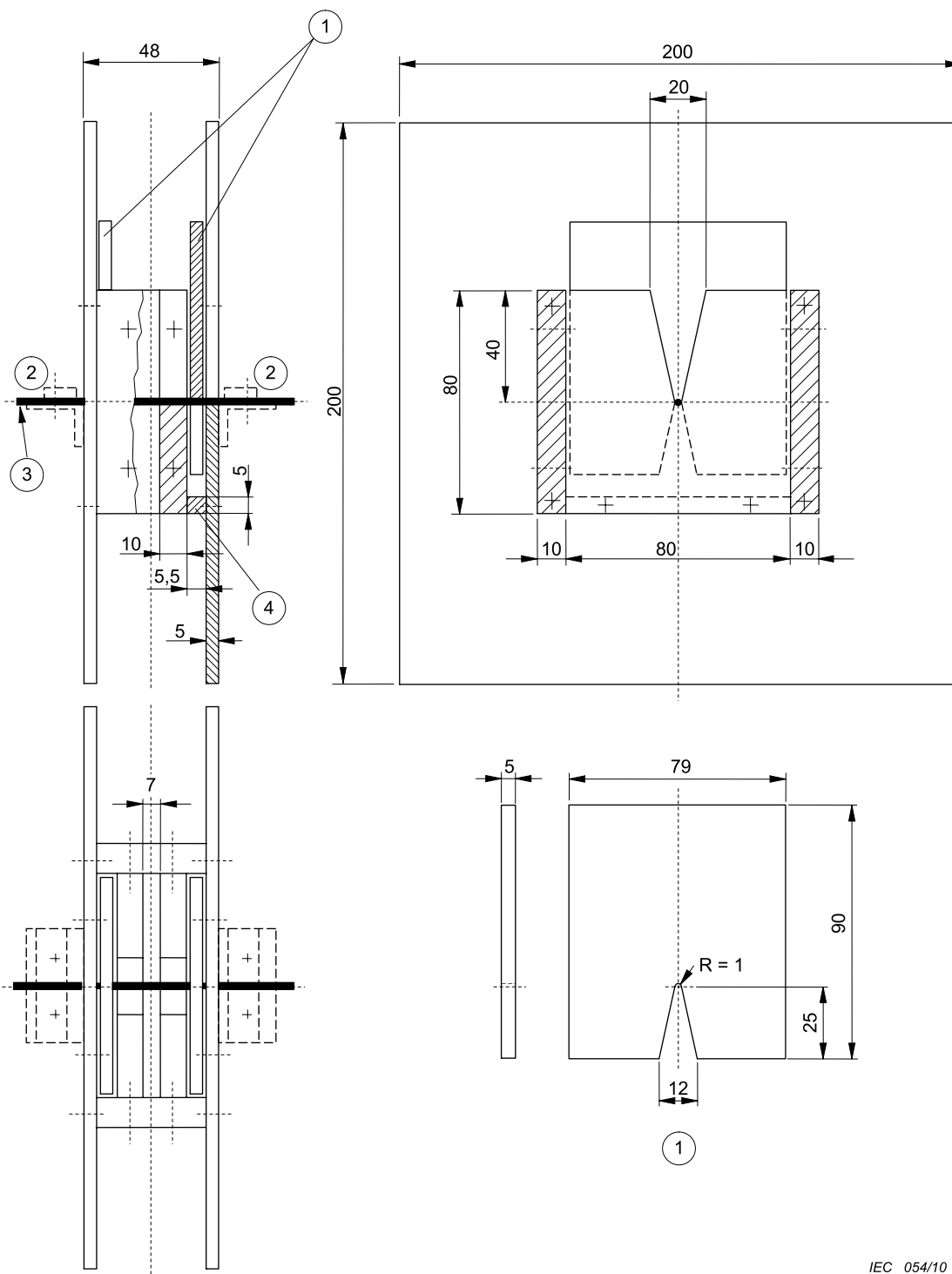
For the purpose of verifying the minimum I^2t and I_p values to be withstood by the AFDD, in order to obtain reproducible test results, the SCPD, if any, may be the declared protective device.

The rating of the declared protective device must not be smaller than the rating of the AFDD. Higher ratings of declared protective devices may be used to obtain the I^2t and I_p values of Table 18.

NOTE In case of fuse intermediate values can be achieved by adding fuses in parallel.

IE.4 Other means

Other means may be used provided that the values of Table 18 are fulfilled.



IEC 054/10

Key

- 1 Gliding plate
- 2 Terminal
- 3 Silver wire
- 4 Stop for gliding plate

Figure IE-1 – Test apparatus for the verification of the minimum I^2t and I_p values to be withstood by the AFDD

Annex J (normative)

Particular requirements for AFDDs with screwless type terminals for external copper conductors

J.1 Scope

This annex applies to AFDDs within the scope of Clause 1, equipped with screwless terminals, for current not exceeding 20 A primarily suitable for connecting unprepared (see J.3.6) copper conductors of cross-section up to 4 mm².

NOTE In AT, CZ, DE, DK, NL, NO and CH the upper limit of current for use of screwless terminals is 16 A.

In this annex, screwless terminals are referred to as terminals and copper conductors are referred to as conductors.

J.2 Normative references

Clause 2 of this standard applies.

J.3 Terms and definitions

As a complement to Clause 3 of this standard, the following definitions apply for the purpose of this annex.

J.3.1 **clamping units**

parts of the terminal necessary for mechanical clamping and the electrical connection of the conductors including the parts which are necessary to ensure correct contact pressure

J.3.2 **screwless-type terminal**

terminal for the connection and subsequent disconnection obtained directly or indirectly by means of springs, wedges or the like

Note 1 to entry: Examples are given in Figure J.2.

J.3.3 **universal terminal**

terminal for the connection and disconnection of all types of conductors (rigid and flexible)

Note 1 to entry: In the following countries only universal screwless type terminals are accepted: AT, BE, CN, DK, DE, ES, FR, IT, PT, SE and CH.

J.3.4 **non-universal terminal**

terminal for the connection and disconnection of a certain kind of conductor only

EXAMPLE Rigid-solid conductors only or rigid-(solid or stranded) conductors only.

J.3.5 **push-wire terminal**

non-universal terminal in which the connection is made by pushing-in rigid (solid or stranded) conductors

J.3.6

unprepared conductor

conductor which has been cut and the insulation of which has been removed over a certain length for insertion into a terminal

Note 1 to entry: A conductor the shape of which is arranged for introduction into a terminal or of which the strands are twisted to consolidate the end, is considered to be an unprepared conductor.

Note 2 to entry: The term "unprepared conductor" means conductor not prepared by soldering of the wire, use of cable lugs, formation of eyelets, etc., but includes its reshaping before introduction into the terminal or, in the case of flexible conductor, by twisting it to consolidate the end.

J.4 Classification

Clause 4 of this standard applies.

J.5 Characteristics of AFDDs

Clause 5 of this standard applies.

J.6 Marking

In addition to Clause 6 of this standard, the following requirements apply:

Universal terminals:

- no marking.

Non-universal terminals:

- terminals declared for rigid-solid conductors shall be marked by the letters "sol";
- terminals declared for rigid (solid and stranded) conductors shall be marked by the letter "r";
- terminals declared for flexible conductors shall be marked by the letter "f".

The markings should appear on the AFDD or, if the space available is not sufficient, on the smallest package unit or in technical information.

An appropriate marking indicating the length of insulation to be removed before insertion of the conductor into the terminal shall be shown on the AFDD.

The manufacturer shall also provide information, in his literature, on the maximum number of conductors which may be clamped.

J.7 Standard conditions for operation in service

Clause 7 of this standard applies.

J.8 Constructional requirements

J.8.1 General

Clause 8 of this standard applies, with the following modifications.

In 8.2.5 only 8.2.5.1, 8.2.5.2, 8.2.5.3, 8.2.5.6 and 8.2.5.7 apply.

Compliance is checked by inspection and by the tests of J.9.1 and J.9.2 of this annex, instead of 9.4 and 9.5.

In addition the following requirements apply.

J.8.2 Connection or disconnection of conductors

The connection or disconnection of conductors shall be made

- by the use of a general purpose tool or by a convenient device integral with the terminal to open it and to assist the insertion or the withdrawal of the conductors (e.g. for universal terminals);

or, for rigid conductors

- by simple insertion. For the disconnection of the conductors an operation other than a pull on the conductor shall be necessary (e.g. for push-wire terminals).

Universal terminals shall accept rigid (solid or stranded) and flexible unprepared conductors.

Non-universal terminals shall accept the types of conductors declared by the manufacturer.

Compliance is checked by inspection and by the tests of J.9.1 and J.9.2.

J.8.3 Dimensions of connectable conductors

The dimensions of connectable conductors are given in Table J.1.

The ability to connect these conductors shall be checked by inspection and by the tests of J.9.1 and J.9.2.

Table J.1 – Connectable conductors

Connectable conductors and their theoretical diameter									
Metric					AWG				
Rigid			Flexible		Rigid			Flexible	
	Solid	Stranded				Solid ^a	Class B stranded ^a		Classes I, K, M, stranded ^b
mm ²	Ø mm	Ø mm	mm ²	Ø mm	gauge	Ø mm	Ø mm	gauge	Ø mm
1,0	1,2	1,4	1,0	1,5	18	1,02	1,16	18	1,28
1,5	1,5	1,7	1,5	1,8	16	1,29	1,46	16	1,60
2,5	1,9	2,2	2,5	2,3	14	1,63	1,84	14	2,08
4,0	2,4	2,7	4,0	2,9	12	2,05	2,32	12	2,70
NOTE Diameters of the largest rigid and flexible conductors are based on Table 1 of IEC 60228:2004, and, for AWG conductors, on ASTM B 172-71, and ICEA publications S-19-81, S-66-524 and S-68-516.									
^a Nominal diameter + 5 %.									
^b Largest diameter + 5 % for any of the three classes I, K and M.									

J.8.4 Connectable cross-sectional areas

The nominal cross-sections to be clamped are defined in Table J.2.

Table J.2 – Cross-sections of copper conductors connectable to screwless-type terminals

Rated current A	Nominal cross-sections to be clamped mm ²
Up to and including 13	1 up to and including 2,5
Above 13 up to and including 20	1,5 up to and including 4

Compliance is checked by inspection and by the tests in J.9.2 and J.9.3.

J.8.5 Insertion and disconnection of conductors

The insertion and disconnection of the conductors shall be made in accordance with the manufacturer's instructions.

Compliance is checked by inspection.

J.8.6 Design and construction of terminals

Terminals shall be so designed and constructed that:

- each conductor is clamped individually;
- during the operation of connection or disconnection the conductors can be connected or disconnected either at the same time or separately;
- inadequate insertion of the conductor is avoided.

It shall be possible to clamp securely any number of conductors up to the maximum provided for.

Compliance is checked by inspection and by the tests of J.9.2 and J.9.3.

J.8.7 Resistance to ageing

The terminals shall be resistant to ageing.

Compliance is checked by the test of J.9.4.

J.9 Tests**J.9.1 General**

Clause 9 of this standard applies, by replacing 9.4 and 9.5 by the following tests:

J.9.2 Test of reliability of screwless terminals**J.9.2.1 Reliability of screwless system**

The test is carried out on three terminals of poles of new samples, with copper conductors of the rated cross sectional area in accordance with Table J.2. The types of conductors shall be in accordance with J.8.2.

The connection and subsequent disconnection shall be made five times with the smallest diameter conductor and successively five times with the largest diameter conductor.

New conductors shall be used each time, except for the fifth time, when the conductor used for the fourth insertion is clamped at the same place. Before insertion into the terminal, wires of stranded rigid conductors shall be re-shaped and wires of flexible conductors shall be twisted to consolidate the ends.

For each insertion, the conductors are either pushed as far as possible into the terminal or shall be inserted so that adequate connection is obvious.

After each insertion, the conductor being inserted is rotated 90° along its axis at the level of the clamped section and subsequently disconnected.

After these tests, the terminal shall not be damaged in such a way as to impair its further use.

J.9.2.2 Test of reliability of connection

Three terminals of poles of new samples are fitted with new copper conductors of the type and of the rated cross sectional area according to Table J.2.

The types of conductors shall be in accordance with J.8.2.

Before insertion into the terminal, wires of stranded rigid conductors and flexible conductors shall be reshaped and wires of flexible conductors shall be twisted to consolidate the ends.

It shall be possible to fit the conductor into the terminal without undue force in the case of universal terminals and with the force necessary by hand in the case of push-wire terminals.

The conductor is either pushed as far as possible into the terminal or shall be inserted so that adequate connection is obvious.

After the test, no wire of the conductor shall have escaped outside the terminal.

J.9.3 Tests of reliability of terminals for external conductors: mechanical strength

For the pull-out test three terminals of poles of new samples are fitted with new conductors of the type and of the minimum and maximum cross-sectional areas according to Table J.2.

Before insertion into the terminal, wires of stranded rigid conductors and flexible conductors shall be reshaped and wires of flexible conductors shall be twisted to consolidate the ends.

Each conductor is then subjected to a pull force of the value shown in Table J.3. The pull is applied without jerks for 1 min in the direction of the axis of the conductor.

Table J.3 – Pull forces

Cross-sectional area mm ²	Pull force N
1,0	35
1,5	40
2,5	50
4,0	60

During the test the conductor shall not slip out of the terminal.

J.9.4 Cycling test

The test is made with new copper conductors having cross section according to Table 12.

The test is carried out on new samples (a sample is one pole), the number of which is defined below, according to the type of terminals:

- universal terminals for rigid (solid and stranded) and flexible conductors: 3 samples each (6 samples in total);
- non-universal terminals for solid conductors only: 3 samples;
- non-universal for rigid (solid and stranded) conductors: 3 samples each (6 samples);

NOTE In case of rigid conductors, solid conductors can be used (if solid conductors are not available in a given country, stranded conductors can be used).

- non-universal for flexible conductors only: 3 samples.

A conductor having the cross section defined in Table 12 is connected in series as in normal use to each of the three samples as defined on Figure J.1.

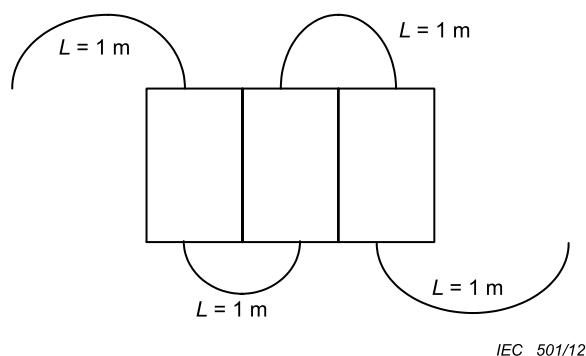


Figure J.1 – Connecting samples

The sample is provided with a hole (or equivalent) in order to measure the voltage drop on the terminal.

The whole test arrangement, including the conductors, is placed in a heating cabinet which is initially kept at a temperature of $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

To avoid any movement of the test arrangement until all the following voltage drop tests have been completed it is recommended that the poles are fixed on a common support.

Except during the cooling period, a test current corresponding to the rated current of the circuit breaker is applied to the circuit.

The samples shall be then subjected to 192 temperature cycles, each cycle having a duration of approximately 1 h, as follows:

The air temperature in the cabinet is raised to $40 ^\circ\text{C}$ in approximately 20 min. It is maintained within $\pm 5 ^\circ\text{C}$ of this value for approximately 10 min.

The samples are then allowed to cool down in approximately 20 min to a temperature of approximately $30 ^\circ\text{C}$, forced cooling being allowed. They are kept at this temperature for

approximately 10 min and, if necessary for measuring the voltage drop, allowed to cool down further, to a temperature of $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

The maximum voltage drop, measured at each terminal, at the end of the 192nd cycle, with the nominal current shall not exceed the smaller of the two following values:

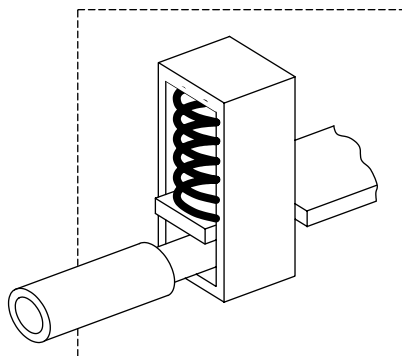
- either 22,5 mV,
- or 1,5 times the value measured after the 24th cycle.

The measurement shall be made as near as possible to the area of contact on the terminal.

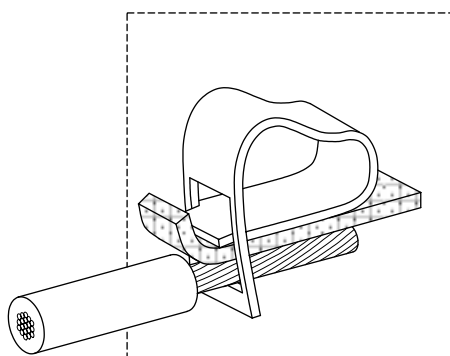
If the measuring points cannot be positioned closely to the point of contact, the voltage drop within the part of the conductor between the ideal and the actual measuring points shall be deducted from the voltage drop measured.

The temperature in the heating cabinet must be measured at a distance of at least 50 mm from the samples.

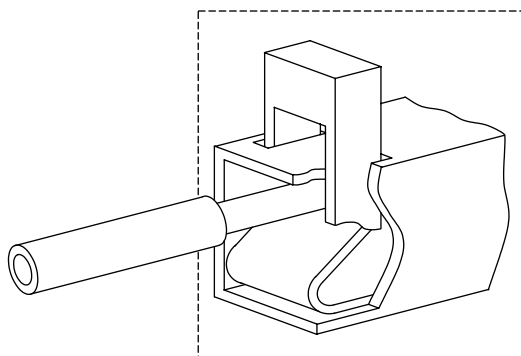
After this test an inspection with the naked eye, by normal or corrected vision, without additional magnification, shall show no changes evidently impairing further use, such as cracks, deformations or the like.



Screwless-type terminal with indirect pressure



Screwless-type terminal with direct pressure



Screwless-type terminal with actuating element

IEC 502/12

Figure J.2 – Examples of screwless-type terminals

J.10 Reference documents

IEC 60228:2004, *Conductors of insulated cables*

IEC 60998-1:2002, *Connecting devices for low voltage circuits for household and similar purposes – Part 1: General requirements*

IEC 60998-2-2:2002, *Connecting devices for low-voltage circuits for household and similar purposes – Part 2-2: Particular requirements for connecting devices as separate entities with screwless-type clamping units*

IEC 60999 (all parts), *Connecting devices – Electrical copper conductors – Safety requirements for screw-type and screwless-type clamping units*

Annex K (normative)

Particular requirements for AFDDs with flat quick-connect terminations

K.1 Scope

This annex applies to AFDDs within the scope of Clause 1 of this standard, equipped with flat quick-connect terminations consisting of a male tab (see K.3.2) with nominal width 6,3 mm and thickness 0,8 mm, to be used with a mating female connector for connecting electrical copper conductors according to the manufacturer's instructions, for rated currents up to and including 16 A.

NOTE The use of AFDDs with flat quick-connect terminations for rated currents up to and including 20 A is accepted in BE, FR, IT, ES, PT and US.

The connectable electrical copper conductors are flexible, having a cross-sectional area up to and including 4 mm², or rigid stranded, having a cross-sectional area up to and including 2,5 mm² (AWG equal to or greater than 12).

This annex applies exclusively to AFDDs having male tabs as an integral part of the device.

K.2 Normative references

As a complement to Clause 2 of this standard, the following normative reference applies:

IEC 61210, *Connecting devices – Flat quick-connect terminations for electrical copper conductors – Safety requirements*

K.3 Terms and definitions

As a complement to Clause 3 of this standard, the following definitions apply for the purpose of this annex.

K.3.1

flat quick-connect termination

electrical connection consisting of a male tab and a female connector which can be pushed into and withdrawn with or without the use of a tool

K.3.2

male tab

portion of a quick-connect termination which receives the female connector

K.3.3

female connector

portion of a quick-connect termination which is pushed onto the male tab

K.3.4

detent

dimple (depression) or hole in the male tab which engages a raised portion on the female connector to provide a latch for the mating parts.

K.4 Classification

Clause 4 of this standard applies.

K.5 Characteristics of AFDDs

Clause 5 of this standard applies.

K.6 Marking

The whole of Clause 6 of this standard applies, with the following addition after the lettered item k).

The following information regarding the female connector according to IEC 61210 and the type of conductor to be used shall be given in the manufacturers' instructions:

- k) manufacturer's name or trade mark;
- l) type reference;
- m) information on cross-sections of conductors and colour code of insulated female connectors (see Table K.1 below);
- n) the use of only silver or tin-plated copper alloys.

Table K.1 – Informative table on colour code of female connectors in relationship with the cross section of the conductor

Cross-section of the conductor mm ²	Colour code of the female connector
1	Red
1,5	Red or blue
2,5	Blue or yellow
4	Yellow

K.7 Standard conditions for operation in service

Clause 7 of this standard applies.

K.8 Constructional requirements

K.8.1 General

Clause 8 of this standard applies, with the following exceptions:

Replace 8.2.3 by:

K.8.2 Clearances and creepage distances (see Annex B)

8.2.3 applies, the female connectors being fitted to the male tabs of the AFDD.

Replace 8.2.5 by:

K.8.3 Terminals for external conductors

K.8.3.1 Male tabs and female connectors shall be of a metal having mechanical strength, electrical conductivity and resistance to corrosion adequate for their intended use.

NOTE Silver or tin plated copper alloys are examples of suitable solutions.

K.8.3.2 The nominal width of the male tab is 6,3 mm and the thickness 0,8 mm, applicable to rated currents up to and including 16 A.

NOTE The use for rated currents up to and including 20 A is accepted in BE, FR, IT, PT, ES and US.

The dimensions of the male tab shall comply with those specified in Table K.3 and in Figures K.2, K.3, K.4 and K.5, where the dimensions A, B, C, D, E, F, J, M, N and Q are mandatory.

The dimensions of the female connector which may be fitted-on are given in Figure K.6 and in Table K.4.

NOTE 2 The shapes of the various parts can deviate from those given in the Figures, provided that the specified dimensions are not influenced and the test requirements are complied with, for example: corrugated tabs, folded tabs, etc.

Compliance is checked by inspection and by measurement.

K.8.3.3 Male tabs shall be securely retained.

Compliance is checked by the mechanical overload test in K.9.2.

K.9 Tests

K.9.1 General

Clause 9 of this standard applies, with the following modifications:

Replace 9.5 by:

K.9.2 Mechanical overload-force

This test is carried out on 10 terminals of AFDDS, mounted as in normal use when wiring takes place.

The axial push force, and successively the axial pull force specified in the following Table K.2, are gradually applied to the male tab integrated in the AFDD, once only with a suitable test apparatus.

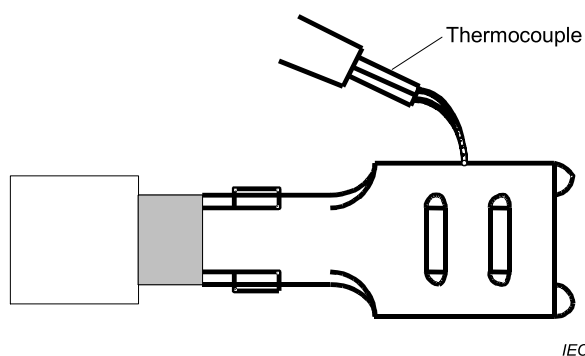
Table K.2 – Overload test forces

Push N	Pull N
96	88

No damage which could impair further use shall occur to the tab or to the AFDD in which the tab is integrated.

Addition to 9.8.3:

Fine-wire thermocouples shall be placed in such a way as not to influence the contact or the connection area. An example of placement is shown in Figure K.1.



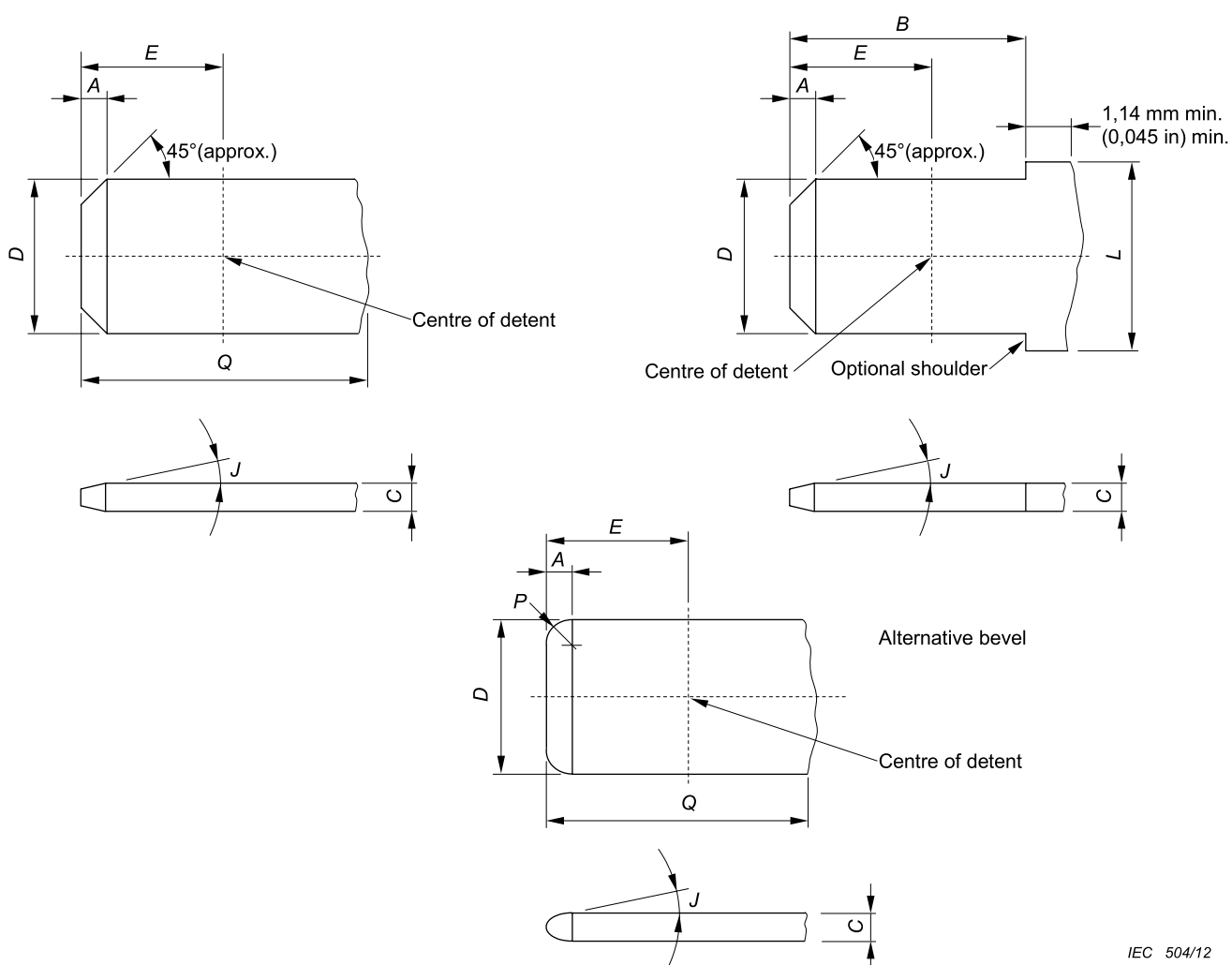
IEC 503/12

**Figure K.1 – Example of position of the thermocouple
for measurement of the temperature-rise**

Table K.3 – Dimensions of tabs

Dimensions in millimetres

Nominal size		A	B min	C	D	E	F	J	M	N	P	Q min
6,3 × 0,8	Dimple	1,0		0,84	6,40	4,1	2,0	12°	2,5	2,0	1,8	
		0,7	7,8	0,77	6,20	3,6	1,6	8°	2,2	1,8	0,7	8,9
	Hole	1,0		0,84	6,40	4,7	2,0	12			1,8	
		0,5	7,8	0,77	6,20	4,3	1,6	8°			0,7	8,9
NOTE 1 For the dimensions A to Q refer to Figures K.2 to K.5.												
NOTE 2 Where two values are shown in one column, they give the maximum and the minimum dimension.												



NOTE 1 Bevel A of 45° need not be a straight line if it is within the confines shown.

NOTE 2 Dimension L is not specified and can vary by the application (for example fixing).

NOTE 3 Dimension C of tabs may be produced from more than one layer of material provided that the resulting tab complies in all respects with the requirements of this standard.

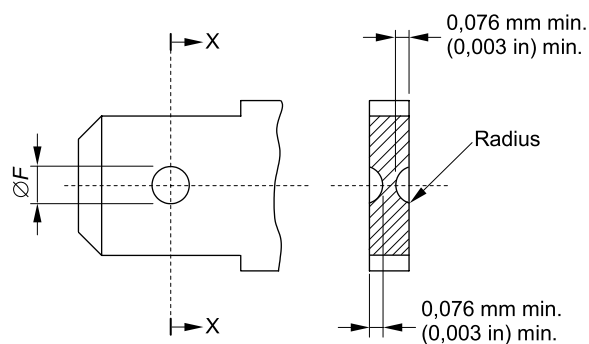
A radius on the longitudinal edge of the tab is permissible.

NOTE 4 The sketches are not intended to govern the design except with regard to the dimensions shown.

NOTE 5 The thickness C of the male tab can vary beyond Q or beyond $B + 1,14 \text{ mm}$ (0,045 in).

NOTE 6 All portions of the tabs are flat and free of burrs or raised plateaus, except that there may be a raised plateau over the stock thickness of 0,025 mm (0,001 in) per side, in an area defined by a line surrounding the detent and distant from it by 1,3 mm (0,051 in).

Figure K.2 – Dimensions of male tabs

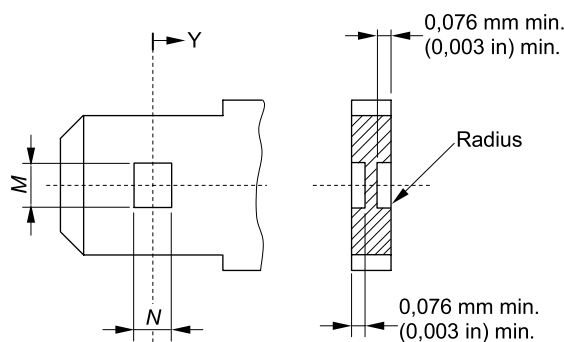


Section X-X

IEC 505/12

Detent shall be located within 0,076 mm (0,003 in) of the centre-line of the tab.

Figure K.3 – Dimensions of round dimple detents (see Figure K.2)

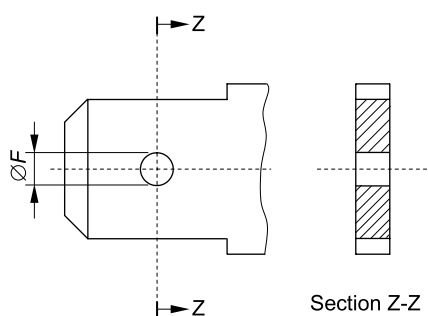


Section Y-Y

IEC 506/12

Detent shall be located within 0,13 mm (0,005 in) of the centre-line of the tab.

Figure K.4 – Dimensions of rectangular dimple detents (see Figure K.2)

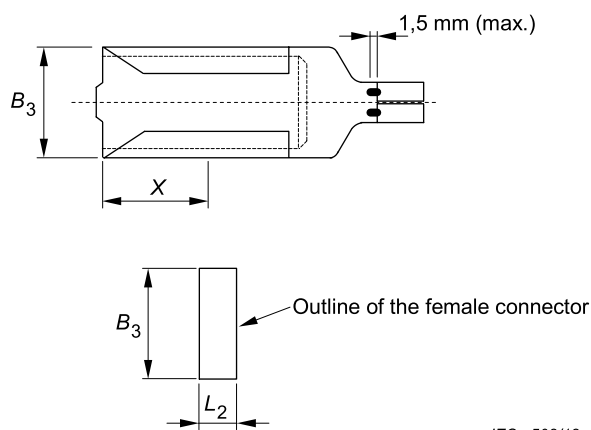


Section Z-Z

IEC 507/12

Detent shall be located within 0,076 mm (0,003 in) of the centre-line of the tab.

Figure K.5 – Dimensions of hole detents



IEC 508/12

Dimensions B_3 and L_2 are mandatory.

NOTE 1 For determining female connector dimensions varying from B_3 and L_2 it is necessary to refer to the tab dimensions in order to ensure that in the most onerous conditions the engagement (and detent, if fitted) between tab and female connector is correct.

NOTE 2 If a detent is provided, the dimension X is at manufacturer's discretion in order to meet the requirements of the performance clauses.

NOTE 3 Female connectors should be so designed that undue insertion of the conductor into the crimping area is visible or prevented by a stop in order to avoid any interference between the conductor and a fully inserted tab.

NOTE 4 The sketches are not intended to govern the design except as regards the dimensions shown.

Figure K.6 – Dimensions of female connectors

Table K.4 – Dimensions of female connectors

Tab size mm	Dimensions of female connector mm	
	B_3 max	L_2 max
6,3 × 0,8	7,80	3,50

Annex L

(normative)

Specific requirements for AFDDs with screw-type terminals for external untreated aluminium conductors and with aluminium screw-type terminals for use with copper or with aluminium conductors

L.1 Scope

This annex applies to AFDDs within the scope of this standard, equipped with screw-type terminals of copper – or of alloys containing at least 58 % of copper (if worked cold) or at least 50 % of copper (if worked otherwise), or of other metal or suitably coated metal, no less resistant to corrosion than copper and having mechanical properties no less suitable – for use with untreated aluminium conductors, or with screw-type terminals of aluminium material for use with copper or aluminium conductors.

In this annex copper-clad and nickel-clad aluminium conductors are considered as aluminium conductors.

NOTE In AT, AU and DE, the use of aluminium screw-type terminals for use with copper conductors is not allowed.

- In AT, CH and DE, terminals for aluminium conductors only are not allowed.
- In SP, the use of aluminium conductors is not allowed for final circuits in household and similar installations e.g. offices, shops.
- In DK, the minimum cross-sectional area for aluminium conductors is 16 mm².

L.2 Normative references

Clause 2 of this standard applies.

L.3 Terms and definitions

As a complement to Clause 3 of this standard, the following definitions apply for the purpose of this annex.

L.3.1

treated conductor

contact area of a conductor that has had its oxide layer on the outside strands scraped away and/or has had a compound added to improve connectability and/or prevent corrosion

L.3.2

untreated/unprepared conductor

conductor which has been cut and the insulation of which has been removed for insertion into a terminal

Note 1 to entry: A conductor, the shape of which is arranged for introduction into a terminal or the strands of which are twisted to consolidate the end, is considered to be an unprepared conductor.

L.3.3

equalizer

arrangement used in the test loop to ensure an equipotentiality point and uniform current density in a stranded conductor, without adversely affecting the temperature of the conductor(s)

L.3.4

reference conductor

continuous length of the same type and size conductor as that used in the terminal unit under test and connected in the same series circuit

Note 1 to entry: It enables the reference temperature and, if required, reference resistance to be determined

L.3.5

stability factor

Sf

measure of temperature stability of a terminal unit during the current cycling test

L.4 Classification

Clause 4 of this standard applies.

L.5 Characteristics of AFDDs

Clause 5 of this standard applies.

L.6 Marking

In addition to Clause 6 of this standard, the following requirements apply:

The terminal marking defined in Table L.1 shall be marked on the AFDD, near the terminals.

The other information concerning the number of conductors, the screw torque values (if different from Table 12) and the cross-sections shall be indicated on the AFDD.

Table L.1 – Marking for terminals

Conductor types accepted	Marking
Copper only	None
Aluminium only	Al
Aluminium and copper	Al/Cu

The manufacturer shall state in his catalogue that, for the clamping of an aluminium conductor the tightening torque shall be applied with appropriate means.

L.7 Standard conditions for operation in service

Clause 7 of this standard applies.

L.8 Constructional requirements

Clause 8 of this standard applies, with the following exceptions:

8.2.5.2 is completed by:

For the connection of aluminium conductors, AFDDs shall be provided with screw-type terminals allowing the connection of conductors having nominal cross-sections as shown in Table L.2.

Terminals for the connection of aluminium conductors and terminals of aluminium for the connection of copper or aluminium conductors shall have mechanical strength adequate to withstand the tests in 9.4, with the test conductors tightened with the torque indicated in Table 13, or with the torque specified by the manufacturer, which shall never be lower than that specified in Table 13.

**Table L.2 – Connectable cross-sections of aluminium conductors
for screw-type terminals**

Rated Current ^a A	Range of nominal cross-sections ^b to be clamped mm ²
Up to and including 13	1 to 4
Above 13 up to and including 16	1 to 6
Above 16 up to and including 25	1,5 to 10
Above 25 up to and including 32	2,5 to 16
Above 32 up to and including 50	4 to 25
Above 50 up to and including 80	10 to 35
Above 80 up to and including 100	16 to 50
Above 100 up to and including 125	25 to 70
^a It is required that, for current ratings up to and including 50 A, terminals be designed to clamp solid conductors as well as rigid stranded conductors; the use of flexible conductors is permitted. Nevertheless, it is permitted that terminals for conductors having cross-sections from 1 mm ² up to 10 mm ² be designed to clamp solid conductors only.	
^b Maximum wire sizes of Table 7, increased according to Table D.2 of IEC 61545:1996.	

Compliance is checked by inspection, by measurement and by fitting in turn one conductor of the smallest and one of the largest cross-section areas as specified.

8.1.5.4 *The text of 8.2.5.4 is replaced by:*

Terminals shall allow the conductors to be connected without special preparation.

Compliance is checked by inspection and the tests of L.9.

L.9 Tests

L.9.1 General

Clause 9 of this standard applies, with the following modifications/additions:

For the tests which are influenced by the material of the terminal and the type of conductor that can be connected, the test conditions of Table L.3 are applied.

Additionally, the test of L.9.3 is carried out on terminals separated from the AFDD.

Table L.3 – List of tests according to the material of conductors and terminals

Material of terminals		Material according to 8.1.4.4 ^a	Al ^a	
Material of conductor (Table L.1)		Al Use Tables L.2 and L.5	Cu Use Tables 6 and 10	Al Use Tables L.2 and L.5
9.4	Reliability of screws	Use Tables L.2, L.5 and 13	Use Tables 6, 10 and 13	Use Tables L.2, L.5 and 13
9.5.1	Pull-out test ^b	Use Tables L.2, L.5 and 13	Use Tables 8, 12 and 13	Use Tables L.2, L.5 and 13
9.5.2	Damage of the conductor	Use Tables L.2, L.5 and 13	Use Tables 8, 12 and 13	Use Tables L.2, L.5 and 13
9.5.3	Insertion of the conductor	Use Table L.4	Use Table 15	Use Table L.4
9.8	Temperature rise	Use Table L.5	Use Table 12	Use Table L.5
9.19	Verification of reliability	Use Table L.5	Use Table 12	Use Table L.5
L.9.3	Cycling test	Use Table 13	Use Table 13	Use Table 13
^a Use test sequences A and B and number of samples defined in Annex C. For AFDDs which are able to be connected to Al or Cu conductors, the test sequences and number of samples have to be doubled (one for the Cu conductor and one for the Al conductor)				
^b For the pull-out test 9.5.1, the value for 70 mm ² wire is under consideration.				

Table L.4 – Connectable conductors and their theoretical diameters

Metric					AWG				
Rigid			Flexible (copper only)		Rigid			Flexible (copper only)	
S	Solid	Stranded	S			Solid ^a	Class B stranded ^a		Classes ^b I, K, M stranded
mm ²	Ø mm	Ø mm	mm ²	Ø mm	Gauge	Ø mm	Ø mm	Gauge	mm
1,0	1,2	1,4	1,0	1,5	18	1,07	1,23	18	1,28
1,5	1,5	1,7	1,5	1,8	16	1,35	1,55	16	1,50
2,5	1,9	2,2	2,5	2,3 ^c	14	1,71	1,95	14	2,08
4,0	2,4	2,7	4,0	2,9 ^c	12	2,15	2,45	12	2,70
6,0	2,9	3,3	4,0	2,9 ^c	10	2,72	3,09		
10,0	3,7	4,2	6,0	3,9	8	3,43	3,89	10	3,36
16,0	4,6	5,3	10,0	5,1	6	4,32	4,91	8	4,32
25,0		6,6	16,0	6,3	4	5,45	6,18	6	5,73
35,0		7,9	25,0	7,8	2	6,87	7,78	4	7,25
					1	7,72	8,85		
50,0		9,1	35	9,2	0	8,51	9,64		12,08
70,0		12,0	50	12	0	9,266	10,64		
NOTE Diameters of the largest rigid and flexible conductors are based on IEC 60228:2004, Table 1 and, for AWG conductors, on ASTM B 172-71, ICEA S-19-81, ICEA S-66-524, ICEA S-68-516.									
^a Nominal diameter + 5 %.									
^b Largest diameter + 5 % for any of the three classes I, K, M.									
^c Dimensions for class 5 flexible conductors only, according to IEC 60228.									

L.9.2 Test conditions

Subclause 9.1 of this standard applies, except that the Al conductors to be connected are taken from Table L.5.

Table L.5 – Cross sections (S) of aluminium test conductors corresponding to the rated currents

S mm ²	I _n A
1,5	$I_n \leq 6$
2,5	$6 < I_n \leq 13$
4	$13 < I_n \leq 20$
6	$20 < I_n \leq 25$
10	$25 < I_n \leq 32$
16	$32 < I_n \leq 50$
25	$50 < I_n \leq 63$
35	$63 < I_n \leq 80$
50	$80 < I_n \leq 100$
70	$100 < I_n \leq 125$

L.9.3 Current cycling test**L.9.3.1 General**

This test verifies the stability of the screw-type terminal by comparing the temperature performance with that of the reference conductor under accelerated cycling conditions.

This test is carried out on separate terminals.

L.9.3.2 Preparation

The test is performed on four specimens, each one made by a couple of terminals, assembled in a manner which represents the use of the terminals in the AFDD (see examples shown in Figures L.2 to L.6). The screw-type terminals which have been removed from the product shall be attached to the conducting parts of the same cross-section, shape, metal and finish as that on which they are mounted on the product. The screw-type terminals shall be fixed to the conducting parts in the same manner (position, torque, etc.) as on the product. If one specimen fails during the test, four other specimens shall be tested and no other failures are admitted.

L.9.3.3 Test arrangement

The general arrangement of the samples shall be as shown in Figure L.1.

Ninety per cent of the value of torque stated by the manufacturer or, if not stated, selected in Table 13 shall be used for the test specimens.

The test is carried out with conductors according to Table L.5. The length of the test conductor from the point of entry to the screw-type terminal specimens to the equalizer (see L.3.3) shall be as in Table L.6.

Table L.6 – Test conductor length

Conductor cross section mm ²	Conductor wire size AWG	Minimum conductor length mm
$S \leq 10,0$	≤ 8	200
$16,0 \leq S \leq 25,0$	6 to 3	300
$35,0 \leq S \leq 70,0$	2 to 00	460

Test conductors are connected in series with a reference conductor of the same cross-section.

The length of the reference conductor shall be approximately at least twice the length of the test conductor.

Each free end of the test and reference conductor(s) not connected to a screw-type terminal specimen shall be welded or brazed to a short length of an equalizer of the same material as the conductor and of cross section not greater than that given in Table L.7. All strands of the conductor shall be welded or brazed to make an electrical connection with the equalizer.

Tool-applied compression type terminations without welding may be used for the equalizer if acceptable to the manufacturer and if the same performance is provided.

Table L.7 – Equalizer and busbar dimensions

Range of test current A	Maximum cross section mm ²	
	Al	Cu
0 – 50	45	45
51 – 125	105	85
126 – 225	185	155

The separation between the test and reference conductors shall be at least 150 mm.

The test specimen shall be suspended either horizontally or vertically in free air by supporting the equalizer or busbar by non-conductive supports so as not to subject the screw-type terminal to a tensile load. Thermal barriers shall be installed midway between the conductors which shall extend $25 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ widthways and $150 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ lengthways beyond the screw-type terminals (see Figure L.1). Thermal barriers are not required provided the specimens are separated by at least 450 mm. The specimens shall be located at least 600 mm from the floor, wall or ceiling.

The test specimens shall be located in a substantially vibration-free and draught-free environment and at an ambient temperature between 20 °C and 25 °C. Once the test is started, the maximum permissible variation is $\pm 1 \text{ K}$ provided the range limitation is not exceeded.

L.9.3.4 Temperature measurement

Temperature measurements are made by means of thermocouples, using a wire having a cross-section of not more than $0,07 \text{ mm}^2$ (approximately 30 AWG).

For screw-type terminals, the thermocouple shall be located on the conductor entry side of the screw-type terminal, close to the contact interface.

For the reference conductor, the thermocouples shall be located midway between the ends of the conductor, and under its insulation.

Positioning of the thermocouples shall not damage the screw-type terminal or the reference conductor.

NOTE 1 Drilling of a small hole and subsequent fastening of the thermocouple is an acceptable method, provided that the performance is not affected and that it is agreed by the manufacturer.

The ambient temperature shall be measured with two thermocouples in such a manner as to achieve an average and stable reading in the vicinity of the test loop without undue external influence. The thermocouples shall be located in a horizontal plane intersecting the specimens, at a minimum distance of 600 mm from them.

NOTE 2 A satisfactory method for achieving a stable measurement is, for example, to attach the thermocouple to unplated copper plates approximately 50 mm × 50 mm, having a thickness between 6 mm and 10 mm.

L.9.3.5 Test method and acceptance criteria

NOTE 1 Evaluation of performance is based on both the limit of screw-type terminal temperature rise and the temperature variation during the test.

The test loop shall be subjected to 500 cycles of 1 h current-on and 1 h current-off, starting at an a.c. current equal to 1,12 times the test current value determined in Table L.8. Near the end of each current-on period of the first 24 cycles, the current shall subsequently be adjusted to raise the temperature of the reference conductor to 75 °C.

At the 25th cycle the test current shall be adjusted for the last time and the stable temperature shall be recorded as the first measurement. There shall be no further adjustment of the test current for the remainder of the test.

Temperatures shall be recorded for at least one cycle of each working day, and after approximately 25, 50, 75, 100, 125, 175, 225, 275, 350, 425, and 500 cycles.

The temperature shall be measured during the last 5 min of the current-on time. If the size of the set of test specimens or the speed of the data acquisition system is such that not all measurements can be completed within 5 min, the current-on time shall be extended as necessary to complete such measurements.

After the first 25 cycles the current-off time may be reduced to a time 5 min longer than the time necessary to all terminal assemblies for cooling down to a temperature between ambient temperature T_a and $T_a + 5$ K during the current-off period. Forced-air cooling may be employed to reduce the off time, if acceptable to the manufacturer. In that case it shall be applied to the entire test loop and the resulting temperature of the forced air shall not be lower than the ambient air temperature.

The stability factor S_f for each of the 11 temperature measurements is to be determined by subtracting the average temperature deviation D from the 11 values of the temperature deviation d .

The temperature deviation d for the 11 individual temperature measurements is obtained by subtracting the associated reference conductor temperature from the screw-type terminal temperature.

NOTE 2 The value of d is positive if the screw-type temperature is higher than that of the reference conductor and negative if it is lower.

For each screw-type terminal

- the temperature rise shall not exceed 110 K;

– the stability factor S_f shall not exceed $\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

An example of calculation for one screw-type terminal is given in Table L.9.

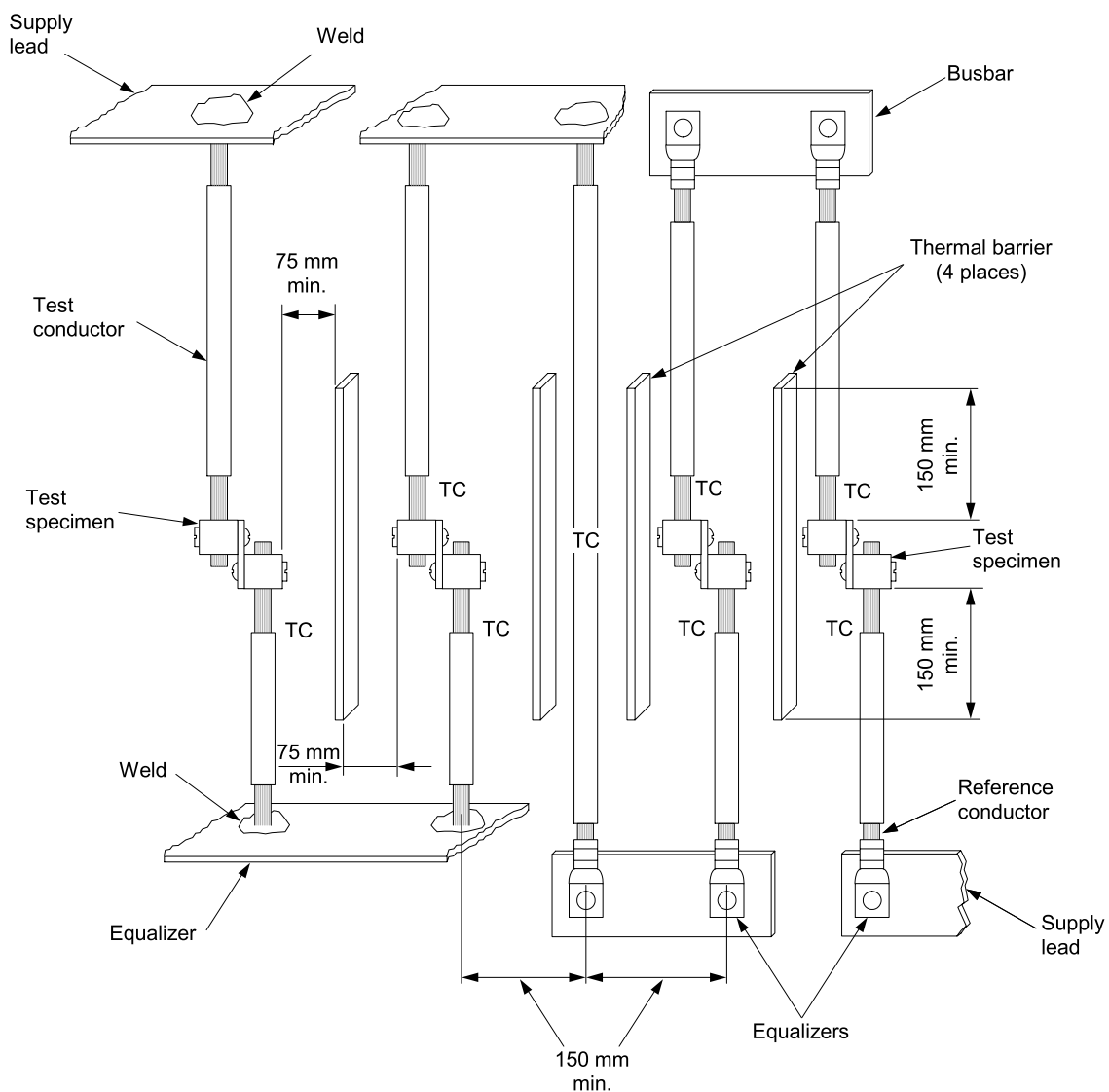
Table L.8 – Test current as a function of rated current

Metric sizes			AWG		
Rated current	Al conductor size	Test current	Rated current	Al conductor size	Test Current
A	mm ²	A	A	N°	A
$0 \leq I_n \leq 15$	2,5	26	$0 < I_n \leq 15$	12	30
$15 < I_n \leq 20$	4	35	$15 < I_n \leq 25$	10	40
$20 < I_n \leq 25$	6	46	$25 < I_n \leq 40$	8	53
$25 < I_n \leq 32$	10	60	$40 < I_n \leq 50$	6	69
$32 < I_n \leq 50$	16	79	$50 < I_n \leq 65$	4	99
$50 < I_n \leq 65$	25	99	$65 < I_n \leq 75$	3	110
$65 < I_n \leq 80$	35	137	$75 < I_n \leq 90$	2	123
$80 < I_n \leq 100$	50	171	$90 < I_n \leq 100$	1	152
$100 < I_n \leq 125$	70	190	$100 < I_n \leq 120$	0	190

Table L.9 – Example of calculation for determining the average temperature deviation D

Temperature measurement	Cycle Number	Temperatures		Temperature deviation $d = a - b$ K	Stability factor $S_f = d - D$ K
		Screw-type terminal a $^{\circ}\text{C}$	Reference conductor b $^{\circ}\text{C}$		
1	25	79	78	1	0,18
2	50	80	77	3	2,18
3	75	78	78	0	-0,82
4	100	76	77	-1	-1,82
5	125	77	77	0	-0,82
6	175	78	77	1	0,18
7	225	79	76	3	2,18
8	275	78	76	2	1,18
9	350	77	78	-1	-1,82
10	425	77	79	-2	-2,82
11	500	81	78	3	2,18

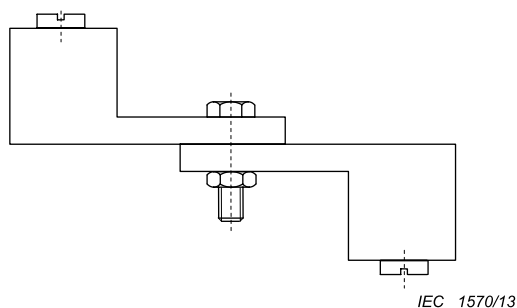
$$\text{Average temperature deviation } D = \frac{\sum d}{\text{number of measurements}} = \frac{9}{11} = 0,82$$



TC Thermocouple

IEC 1569/13

Figure L.1 – General arrangement for the test



The conducting part may be bolted, soldered or welded.

Figure L.2 – Example for the use of the terminals in the AFDD

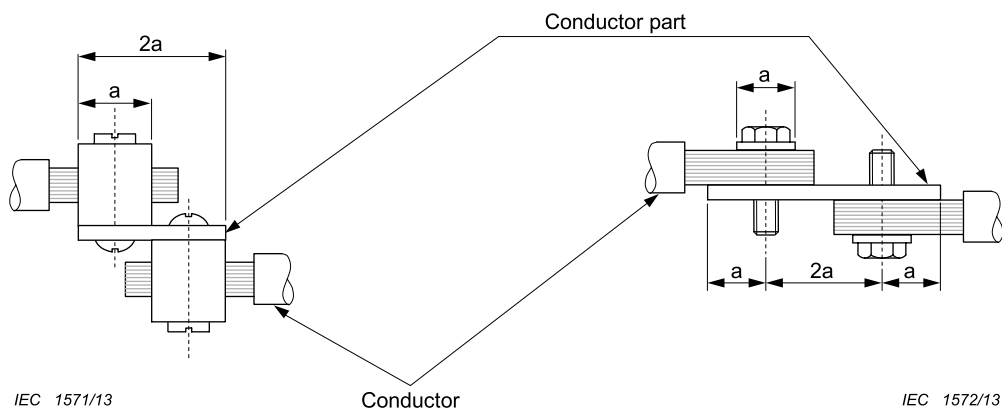


Figure L.3 – Example for the use of the terminals in the AFDD

Figure L.4 – Example for the use of the terminals in the AFDD

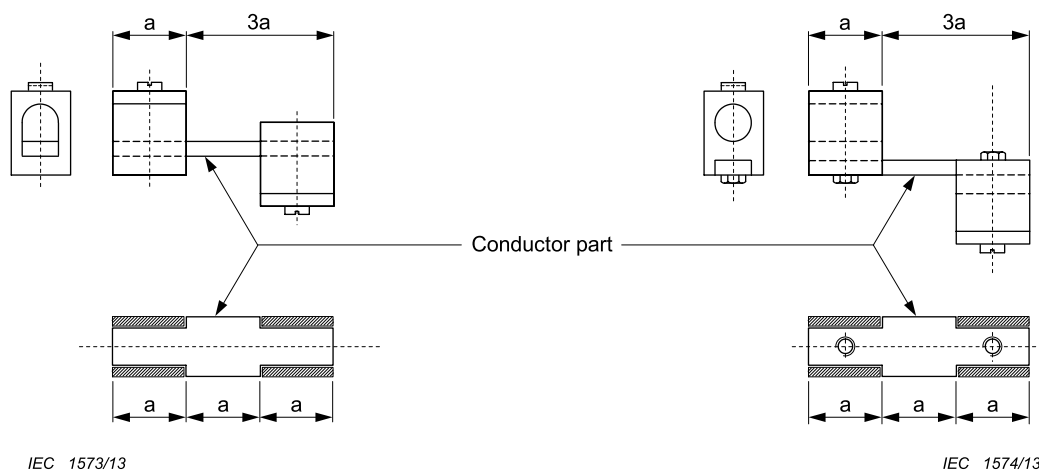


Figure L.5 – Example for the use of the terminals in the AFDD

Figure L.6 – Example for the use of the terminals in the AFDD

Bibliography

IEC 60038, *IEC Standard voltages*

IEC 60060-2, *High-voltage test techniques – Part 2: Measuring systems*

IEC 60112:2003, *Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials*

IEC 60227-1, *Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V – Part 1: General requirements*

IEC 60269-1:2006, *Low-voltage fuses – Part 1: General requirements*

IEC 60364-5-53:2001, *Electrical installations of buildings – Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment – Isolation, switching and control*

IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams*

IEC/TR 60664-2-1, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 2-1: Application guide – Explanation of the application of the IEC 60664 series, dimensioning examples and dielectric testing*

IEC 60664-3, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 3: Use of coating, potting or moulding for protection against pollution*

IEC 60664-5, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 5: Comprehensive method for determining clearances and creepage distances equal to or less than 2 mm*

IEC 60695-2-11:2000, *Fire hazard testing – Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire flammability test method for end-products*

IEC 60884-1, *Plugs and socket-outlets for household and similar purposes – Part 1: General requirements*

IEC 61000-3-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-2: Limits – Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)*

IEC 61000-4-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test*

IEC 61000-4-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

IEC 61000-4-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test*

IEC 61000-4-5:2005, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test*

IEC 61000-4-6, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*

IEC 61000-4-16:1998, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-16: Testing and measurement techniques – Test for immunity to conducted, common mode disturbances in the frequency range 0 Hz to 150 kHz*
Amendment 1:2001
Amendment 2:2009

IEC 61210, *Connecting devices – Flat quick-connect terminations for electrical copper conductors – Safety requirements*

IEC 61545:1996, *Connecting devices – Devices for the connection of aluminium conductors in clamping units of any material and copper conductors in aluminium bodied clamping units*

ASTM D785-08, *Standard Test Method for Rockwell Hardness of Plastics and Electrical Insulating Materials*

BS 1363-1:1995, *13 A plugs, socket-outlets, adaptors and connection units. Specification for rewirable and non-rewirable 13 A fused plugs*

BS 1363-2:1995, *13 A plugs, socket-outlets, adaptors and connection units. Specification for 13 A switched and unswitched socket-outlets*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	177
INTRODUCTION	179
1 Domaine d'application	180
2 Références normatives	181
3 Termes et définitions	182
4 Classification	185
4.1 Selon la méthode de construction	185
4.2 Selon la méthode de montage et de connexion	185
4.3 Selon le nombre de pôles et de voies de courant	185
4.4 DPDA fournissant des informations de surveillance	185
5 Caractéristiques des DPDA	186
5.1 Récapitulatif des caractéristiques et des conditions pour l'atténuation des risques d'incendie	186
5.2 Valeurs assignées et autres caractéristiques	186
5.2.1 Tension assignée	186
5.2.2 Courant assigné (I_n)	186
5.2.3 Fréquence assignée	187
5.2.4 Pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m)	187
5.2.5 Pouvoir de fermeture et de coupure assigné sur un pôle (I_{m1})	187
5.3 Valeurs normalisées et préférentielles	187
5.3.1 Valeurs préférentielles de la tension assignée (U_n)	187
5.3.2 Valeurs préférentielles du courant assigné (I_n)	188
5.3.3 Valeurs normalisées de la fréquence assignée	188
5.3.4 Valeur minimale du pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m)	188
5.3.5 Valeur minimale du pouvoir de fermeture et de coupure assigné sur un pôle (I_{m1})	188
5.3.6 Valeurs normalisées et préférentielles du courant conditionnel de court-circuit assigné (I_{nc}) et valeurs normalisées et préférentielles du courant conditionnel de court-circuit assigné pour un pôle (I_{nc1})	188
5.3.7 Valeurs limites des critères de fonctionnement pour les DPDA destinés aux courants d'arcs élevés et faibles	189
5.4 Valeur normalisée de la tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp})	190
5.5 Coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC)	190
5.5.1 Généralités	190
5.5.2 Courant conditionnel de court-circuit assigné (I_{nc}) et courant conditionnel de court-circuit assigné pour un pôle (I_{nc1})	190
5.5.3 Caractéristiques de fonctionnement du système d'ouverture des DPDA selon 4.1.1	190
6 Marquage et autres informations sur le produit	191
6.1 Marquage	191
6.2 Marquage supplémentaire pour les DPDA, selon 4.1.1	193
6.2.1 Marquage des DPDA	193
6.2.2 Instructions pour le câblage et le fonctionnement	193
7 Conditions normales de fonctionnement en service et d'installation	193
7.1 Conditions normales	193
7.2 Conditions d'installation	194

7.3	Degré de pollution	194
8	Exigences de construction et de fonctionnement	194
8.1	Généralités.....	194
8.2	Réalisation mécanique	195
8.2.1	Généralités.....	195
8.2.2	Mécanisme	196
8.2.3	Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite (voir l'Annexe B)	197
8.2.4	Vis, parties transportant le courant et connexions.....	200
8.2.5	Bornes pour conducteurs externes	201
8.3	Protection contre les chocs électriques	203
8.4	Propriétés diélectriques et aptitude au sectionnement	204
8.5	Echauffement	204
8.5.1	Limites d'échauffement.....	204
8.5.2	Température de l'air ambiant	205
8.6	Caractéristiques de fonctionnement.....	205
8.6.1	Caractéristiques de fonctionnement du dispositif de protection	205
8.6.2	Caractéristiques de fonctionnement.....	205
8.7	Endurance mécanique et électrique.....	205
8.8	Tenue aux courants de courts-circuits	205
8.9	Tenue aux contraintes mécaniques	206
8.10	Résistance à la chaleur	206
8.11	Résistance à la chaleur anormale et au feu	206
8.12	Comportement des DPDA en cas de surintensité dans le circuit principal	206
8.13	Comportement des DPDA en cas d'ondes de courant produites par des ondes de tension	206
8.14	Fiabilité	206
8.15	Compatibilité électromagnétique (CEM).....	206
8.16	Essai d'aveuglement pour un fonctionnement correct en présence de divers appareils connectés au côté aval.....	207
8.17	Performances du module PDA.....	207
8.18	Performances en cas de perte partielle des raccordements à l'alimentation.....	207
9	Procédure d'essai.....	208
9.1	Généralités.....	208
9.1.1	Procédure d'essai générale pour les différents types de DPDA.....	208
9.1.2	Les caractéristiques des DPDA se vérifient par les essais de type.....	208
9.1.3	Exécution des essais de type selon une séquence d'essais, en vue d'une certification	209
9.1.4	Exécution des essais individuels de série par le constructeur sur chaque dispositif.....	209
9.2	Conditions d'essai	210
9.3	Essai de l'indélébilité du marquage	211
9.4	Essai de la sûreté des vis, des parties transportant le courant et des connexions	211
9.5	Essai de la sûreté des bornes pour conducteurs externes	212
9.6	Vérification de la protection contre les chocs électriques.....	213
9.7	Essai des propriétés diélectriques	214
9.7.1	Généralités.....	214
9.7.2	Résistance à l'humidité.....	214
9.7.3	Résistance d'isolement du circuit principal.....	215

9.7.4	Rigidité diélectrique du circuit principal.....	216
9.7.5	Résistance d'isolement et rigidité diélectrique des circuits auxiliaires	216
9.7.6	Tenue des circuits de commande connectés au circuit principal vis-à-vis des tensions continues élevées pendant les mesures d'isolement	217
9.7.7	Vérification de la tenue aux tensions de choc (à travers les distances d'isolement et l'isolation solide) et des courants de fuite entre les contacts ouverts	218
9.8	Essai d'échauffement	221
9.8.1	Température de l'air ambiant	221
9.8.2	Procédure d'essai	221
9.8.3	Mesure de la température des parties.....	222
9.8.4	Echauffement d'un organe	222
9.9	Vérification de la caractéristique de fonctionnement	222
9.9.1	Généralités.....	222
9.9.2	Essais de défaut d'arc en série	222
9.9.3	Essais de défaut d'arc en parallèle	225
9.9.4	Vérification du fonctionnement correct en cas d'essai de aveuglement.....	227
9.9.5	Essai de déclenchement indésirable	230
9.10	Vérification de l'endurance mécanique et électrique	232
9.10.1	Conditions générales d'essai	232
9.10.2	Procédure d'essai	233
9.10.3	Etat du DPDA après essai	233
9.11	Vérification du comportement du DPDA dans les conditions de court-circuit	234
9.11.1	Généralités.....	234
9.11.2	Essais de courts-circuits pour les DPDA, selon l'Article 4.1.1	234
9.12	Vérification de la résistance aux secousses mécaniques et aux chocs	242
9.12.1	Secousses mécaniques	242
9.12.2	Chocs mécaniques	243
9.13	Essai de résistance à la chaleur	245
9.14	Essai de résistance à la chaleur anormale et au feu	246
9.15	Vérification des mécanismes à déclenchement libre	247
9.15.1	Conditions générales d'essai	247
9.15.2	Procédure d'essai	247
9.16	Essai de résistance à la rouille	247
9.17	Vérification de la valeur limite du courant de non-fonctionnement en cas de surintensité	248
9.18	Vérification du comportement des DPDA en cas d'ondes de courant produites par des ondes de tension	248
9.18.1	Généralités.....	248
9.18.2	Vérification du comportement aux ondes de courant jusqu'à 3 000 A (essai à l'onde de courant 8/20 µs).....	248
9.19	Vérification de la fiabilité	249
9.19.1	Généralités.....	249
9.19.2	Essais climatiques	249
9.19.3	Essai à la température de 40 °C	251
9.20	Vérification du vieillissement des composants électroniques	251
9.21	Compatibilité électromagnétique (CEM).....	251
9.21.1	Généralités.....	251
9.21.2	Essais de CEM abordés par d'autres articles de la présente norme	252

9.21.3 Essais de CEM à effectuer	252
9.21.4 DPDA critère de prestations.	254
9.22 Vérification de la protection en raison d'une surtension due à une rupture de neutre dans un système triphasé	254
9.23 Vérification du comportement en cas de perte partielle des raccordements à l'alimentation	254
Annexe A (normative) Séquences d'essais et nombre d'échantillons à essayer en vue de la certification	278
Annexe B (normative) Détermination des distances d'isolement et des lignes de fuite	287
Annexe C (normative) Condition pour la détection de l'émission de gaz ionisés pendant les essais de court-circuit	292
Annexe D (normative) Exigences et essais supplémentaires pour les DPDA conçus pour être assemblés sur site avec un dispositif de protection principal (disjoncteur, ID ou DD) selon la classification mentionnée en 4.1.3	295
Annexe E (normative) Essais individuels de série	300
Annexe F (informative) Description de l'essai d'arc par vibrations de 9.10.2	301
Annexe IA (informative) Méthodes de détermination du facteur de puissance d'un court-circuit.....	303
Annexe IB (informative) Exemples de conceptions de bornes	305
Annexe IC (informative) Correspondance entre les conducteurs de cuivre ISO et AWG	308
Annexe ID (informative) Programme d'essais de suivi pour les DPDA	309
Annexe IE (informative) DPCC pour les essais de court-circuit	313
Annexe J (normative) Prescriptions particulières pour les DPDA avec bornes sans vis pour conducteurs externes en cuivre.....	315
Annexe K (normative) Prescriptions particulières pour les DPDA avec bornes plates à connexion rapide	324
Annexe L (normative) Prescriptions particulières pour DPDA avec bornes à vis pour connexion de conducteurs externes en aluminium non traités et avec des bornes à vis en aluminium pour connexion de conducteurs externes en cuivre ou en aluminium.....	331
Bibliographie.....	341
Figure 1 – Vis autotaraudeuse par déformation de matière	255
Figure 2 – Vis autotaraudeuse par enlèvement de matière	255
Figure 3 – Doigt d'essai normalisé (9.6).....	256
Figure 4 – Circuit d'essai pour essais de défaut d'arc en série	257
Figure 5 – Générateur d'arc	257
Figure 6 – Circuit d'essai pour essais de défaut d'arc en parallèle	257
Figure 7 – Circuit d'essai en cas d'arc parallèle et d'essai de coupure de câble	258
Figure 8 – Appareil d'essai	258
Figure 9 – Essai pour vérification du fonctionnement correct en cas d'arc parallèle vers la terre	258
Figure 10 – Circuit d'essai pour essais d'aveuglement (charges inhibantes ou perturbatrices)	258
Figure 11 – Configuration d'essai pour essais d'aveuglement	259
Figure 12 – Filtre IEM 1 pour essais de masquage.....	260
Figure 13 – Filtre IEM 2 pour essais de masquage.....	260
Figure 14 – Description du filtre IEM décrit en Figure 13.....	260

Figure 15 – Circuit d'essai pour essais de masquage avec impédance de ligne.	260
Figure 16 – Essai diaphonique.....	261
Figure 17 – Vide	261
Figure 18 – Vide	261
Figure 19 – Schéma type pour tous les essais de court-circuit, excepté pour 9.11.2.4 c)	263
Figure 20 – Schéma type pour les essais de court-circuit 9.11.2.4 c)	264
Figure 21 – Détail des impédances Z , Z_1 et Z_2	265
Figure 22 – Exemple d'enregistrement d'étalonnage pour essai de court-circuit (9.11.2.2j)	265
Figure 23 – Appareil pour l'essai aux secousses (9.12.1).....	266
Figure 24 – Appareil d'essai de choc mécanique (9.12.2.2)	267
Figure 25 – Pièce de frappe pour pendule d'essai de choc (9.12.2.2)	268
Figure 26 – Support de montage pour l'échantillon pour l'essai de choc mécanique (9.12.2.2)	269
Figure 27 – Exemple de fixation d'un DPDA ouvert pour l'essai de choc mécanique (9.12.2.2)	270
Figure 28 – Exemple de fixation du DPDA pour montage en tableau pour l'essai de choc mécanique (9.12.2.2).....	271
Figure 29 – Application de la force pour l'essai mécanique sur un DPDA pour montage sur rail (9.12.2.3)	272
Figure 30 – Appareil pour l'essai à la bille (9.13.2)	272
Figure 31 – Onde de courant 8/20 μs	273
Figure 32 – Circuit pour l'essai des DPDA à l'onde de courant.....	273
Figure 33 – Période de stabilisation pour l'essai de fiabilité (9.19.2.3)	274
Figure 34 – Cycle d'essai de fiabilité (9.19.2.3).....	275
Figure 35 – Exemple de circuit d'essai pour la vérification du vieillissement des composants électroniques (9.20)	276
Figure 36 – Préparation des échantillons de câbles (9.9.2.6)	276
Figure 37 – Exemple de la tension d'arc et de la forme de la curen obtenu avec le cable pour l'essai.....	277
Figure 38 – Circuit d'essai pour arc en série dans un système triphasé avec une charge équilibrée et non équilibrée	277
Figure 39 – Configuration d'essai pour essais d'aveuglement pour DPDA tripolaires et quadripolaires	277
Figure C.1 – Condition d'essai	293
Figure C.2 – Grille	294
Figure C.3 – Circuit de grille	294
Figure F.1 – Mesure d'écart	301
Figure F.2 – Table d'essai d'arc par vibrations avec bornes desserrées	301
Figure F.3 – DPDA connecté à la table d'essai d'arc par vibrations pendant l'essai	302
Figure IB.1 – Exemples de bornes à trou	305
Figure IB.2 – Exemples de bornes à serrage sous tête de vis et bornes à goujon fileté.....	306
Figure IB.3 – Exemples de bornes à plaquette	307
Figure IB.4 – Exemples de bornes pour cosses.....	307
Figure IE-1 – Appareil d'essai pour la vérification des valeurs minimales I^2t et I_p que le DPDA doit supporter	314

Figure J.1 – Echantillons à raccorder	321
Figure J.2 – Exemples de bornes sans vis	322
Figure K.1 – Exemple de position du thermocouple pour la mesure de l'échauffement	327
Figure K.2 – Dimensions des languettes	328
Figure K.3 – Dimensions de l'empreinte sphérique du dispositif de verrouillage (voir Figure K.2).....	329
Figure K.4 – Dimensions de l'empreinte rectangulaire du dispositif de verrouillage (voir Figure K.2).....	329
Figure K.5 – Dimensions du trou du dispositif de verrouillage	329
Figure K.6 – Dimensions des clips	330
Figure L.1 – Disposition générale pour l'essai	339
Figure L.2 – Exemple de l'utilisation des bornes dans le DPDA.....	339
Figure L.3 – Exemple de l'utilisation des bornes dans le DPDA.....	340
Figure L.4 – Exemple de l'utilisation des bornes dans le DPDA.....	340
Figure L.5 – Exemple de l'utilisation des bornes dans le DPDA.....	340
Figure L.6 – Exemple de l'utilisation des bornes dans le DPDA.....	340
Tableau 1 – Valeurs limites du temps de fonctionnement pour les DPDA avec $U_n = 230\text{ V}$ et 400 V	189
Tableau 2 – Valeurs limites du temps de fonctionnement pour les DPDA avec $U_n = 120\text{ V}$	189
Tableau 3 – Nombre maximal de demi-cycles d'arc autorisés en $0,5\text{ s}$	189
Tableau 4 – Tension assignée de tenue aux chocs en fonction de la tension nominale de l'installation.....	190
Tableau 5 – Marquage et position du marquage.....	191
Tableau 6 – Conditions normales de fonctionnement en service	194
Tableau 7 – Distances d'isolement et lignes de fuite minimales (1 de 2)	198
Tableau 8 – Sections des conducteurs de cuivre à connecter pour bornes à vis.....	201
Tableau 9 – Valeurs des échauffements	204
Tableau 10 – Liste des essais de type	209
Tableau 11 – Conducteurs d'essais en cuivre correspondant aux courants assignés	210
Tableau 12 – Diamètres des filetages et couples à appliquer	211
Tableau 13 – Forces de traction.....	213
Tableau 14 – Tensions d'essais pour circuits auxiliaires	217
Tableau 15 – Tension d'essai pour la vérification de la tenue aux tensions de choc.....	219
Tableau 16 – Tension d'essai en fonction de la tension de choc assignée du DPDA et de l'altitude où est effectué l'essai, pour la vérification de l'aptitude au sectionnement	220
Tableau 17 – Essais à effectuer pour vérifier le comportement des DPDA dans des conditions de court-circuit	234
Tableau 18 – Valeurs minimales de I^2t et I_p	235
Tableau 19 – Facteurs de puissance pour les essais de court-circuit	237
Tableau 20 – Essais déjà abordés par la présente norme	252
Tableau 21 – Essais à réaliser pour la CEM.....	252
Tableau 22 – Valeurs préférentielles de la tension assignée	187
Tableau A.1 – Séquences d'essais pour les DPDA classés selon 4.1.1.....	279

Tableau A.2 – Séquences d’essais pour les DPDA classés selon 4.1.2.....	281
Tableau A.3 – Séquences d’essais pour les DPDA classés selon 4.1.3.....	283
Tableau A.4 – Nombre d’échantillons à soumettre à la procédure d’essai complète	285
Tableau A.5 – Nombre d’échantillons pour la procédure d’essai simplifiée	286
Tableau ID.1 – Séquences d’essais pendant les inspections de suivi.....	310
Tableau ID.2 – Nombre d’échantillons à mettre à l’essai	312
Tableau IE.1 – Indication des diamètres du fil d’argent en fonction des courants assignés et des courants de court-circuit	313
Tableau J.1 – Conducteurs raccordables	318
Tableau J.2 – Sections des conducteurs en cuivre raccordables aux bornes sans vis	318
Tableau J.3 – Forces de traction	320
Tableau K.1 – Tableau informatif concernant le code de couleur du clip en relation avec la section du conducteur.....	325
Tableau K.2 – Forces d’essai de surcharge.....	326
Tableau K.3 – Dimensions des languettes.....	327
Tableau K.4 – Dimensions des clips.....	330
Tableau L.1 – Marquage des bornes	332
Tableau L.2 – Sections des conducteurs en aluminium pouvant être connectés aux bornes à vis	333
Tableau L.3 – Liste des essais selon la matière des conducteurs et des bornes	334
Tableau L.4 – Conducteurs raccordables et leur diamètre nominal.....	334
Tableau L.5 – Sections (S) des conducteurs d’essai en aluminium correspondant aux courants assignés.....	335
Tableau L.6 – Longueur du conducteur d’essai	336
Tableau L.7 – Dimension des égaliseurs et des barres de connexion.....	336
Tableau L.8 – Courant d’essai en fonction du courant assigné.....	338
Tableau L.9 – Exemple de calcul pour la détermination de l’écart moyen de température D	338

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

EXIGENCES GÉNÉRALES DES DISPOSITIFS POUR LA DÉTECTION DE DÉFAUT D'ARCS

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

DÉGAGEMENT DE RESPONSABILITÉ

Cette version consolidée n'est pas une Norme IEC officielle, elle a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Seules les versions courantes de cette norme et de son(s) amendement(s) doivent être considérées comme les documents officiels.

Cette version consolidée de l'IEC 62606 porte le numéro d'édition 1.1. Elle comprend la première édition (2013-07) [documents 23E/785/FDIS et 23E/797/RVD] et son corrigendum 1 (2013-11), et son amendement 1 (2017-02) [documents 23E/993/FDIS et 23E/1003/RVD]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à son amendement.

This Final version does not show where the technical content is modified by amendment 1. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.

La Norme internationale IEC 62606 a été établie par le sous-comité 23E: Disjoncteurs et appareillage similaire pour usage domestique, du comité d'études 23 de la IEC: Petit appareillage.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Dans cette norme, les caractères suivants sont utilisés:

– *les requêtes de conformité: en italique.*

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

La présente Norme internationale a pour objectif d'indiquer les exigences à respecter et les procédures d'essais à mettre en œuvre pour les dispositifs à installer par du personnel qualifié, destinés à un usage domestique et analogue, afin de limiter les risques d'incendie électrique en aval du dispositif.

L'efficacité des dispositifs à courant différentiel résiduel (DDR), qui détectent le courant de fuite et produisent un arc électrique vers la terre du fait de la présence de courants de cheminement dans une installation électrique, est avérée pour l'atténuation des risques d'incendie. Cependant, les DDR, en tant que fusibles ou disjoncteurs, ne peuvent pas réduire les risques d'incendie électrique en raison de la production d'arcs électriques en série ou en parallèle entre les conducteurs sous tension.

Un défaut d'arc en série n'implique aucune fuite vers la terre. Par conséquent, les DDR ne peuvent pas détecter ce type de défaut. Par ailleurs, l'impédance du défaut d'arc en série réduit le courant de charge, ce qui maintient le courant en dessous du seuil de déclenchement du disjoncteur et du fusible. En cas d'arc en parallèle entre la phase et le conducteur neutre, le courant est uniquement limité par l'impédance de l'installation. Au pire, pour des cas sporadiques d'arcs, les disjoncteurs conventionnels n'ont pas été conçus à cette fin.

L'expérience et les informations disponibles ont confirmé que la valeur efficace d'un courant de défaut à la terre causé par un défaut d'arc, qui est capable de déclencher un incendie, n'est pas limitée à la fréquence d'alimentation de puissance nominale de 50/60 Hz, mais peut contenir un spectre de fréquences beaucoup plus élevé qui n'est pas pris en compte pour l'essai des DDR.

Il a été reconnu qu'une surtension provoquée par une rupture de neutre dans une installation triphasée pouvait entraîner des risques d'incendie.

La présente norme concerne les dispositifs conçus pour être installés dans le tableau de distribution d'une installation fixe à l'origine d'un ou plusieurs circuits finaux.

EXIGENCES GÉNÉRALES DES DISPOSITIFS POUR LA DÉTECTION DE DÉFAUT D'ARCS

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale s'applique aux dispositifs pour la détection de défaut d'arc (DPDA) utilisés à des fins domestiques et analogues dans des circuits en courant alternatif (AC), pour des tensions assignées ne dépassant pas 440 V AC, avec des fréquences assignées de 50 Hz, 60 Hz ou 50/60 Hz et des courants assignés ne dépassant pas 63 A.

NOTE 1 Aux Etats-Unis, les interrupteurs de circuit sur défaut d'arc (AFCI)¹, sont jugés similaires aux DPDA.

Un DPDA est conçu par le constructeur:

- comme un dispositif unique doté d'un système d'ouverture pouvant ouvrir le circuit protégé dans les conditions spécifiées; ou
- comme un dispositif unique doté d'un dispositif de protection; ou
- comme une unité séparée, conformément à l'Annexe D, assemblée sur site avec un dispositif de protection déclaré.

Le dispositif de protection intégré est un disjoncteur, conformément à l'IEC 60898-1 ou un DDR, selon l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou l'IEC 62423.

Ces dispositifs sont destinés à atténuer les risques d'incendies dans un circuit final d'une installation fixe, provoqués par la présence de courants de défaut d'arc. En effet, ces derniers comportent un risque de déclenchement d'incendie, dans certaines conditions, si l'arc persiste.

La protection contre le déclenchement d'incendie, dû à une surtension, conséquence d'une rupture de neutre, dans une installation triphasée, à intégrer dans ce type d'équipement en tant qu'option supplémentaire, est à l'étude à 9.22.

NOTE 2 Le courant de cheminement engendre la production d'arcs électriques et, par conséquent, peut provoquer un incendie.

La présente Norme Internationale s'applique aux dispositifs effectuant simultanément la détection et la reconnaissance du courant d'arc en ce qui concerne les risques d'incendie et définit les critères de fonctionnement, dans les conditions spécifiées pour la capacité d'ouverture du circuit lorsque le courant d'arc dépasse les valeurs limites mentionnées dans la présente norme.

Les DPDA satisfaisant à la présente norme, sauf ceux munis d'un neutre non coupé, conviennent à une utilisation dans des systèmes IT.

Les DPDA alimentés par des batteries ou par un circuit autre que le circuit protégé ne sont pas couverts par la présente norme.

Les DPDA assurent une isolation. Ils sont conçus pour être mis en œuvre par des personnes non averties et ne nécessitent aucun entretien.

Des exigences spécifiques peuvent être nécessaires pour:

¹ AFCI = *Arc Fault Circuit Interrupter*, en anglais

- les DPDA incorporés dans ou destinés seulement à l'association avec des socles et fiches de prises de courant ou des connecteurs à usages domestiques et analogues;
- les DPDA destinés à être utilisés à des fréquences autres que 50 Hz ou 60 Hz.

NOTE 3 Pour les DPDA incorporés dans ou destinés seulement aux socles de prises de courant, les exigences de cette norme peuvent être appliquées autant que possible conjointement avec les exigences de la norme IEC 60884-1 ou avec les exigences nationales du pays où le produit est mis sur le marché.

NOTE 4 Au Royaume-Uni, la fiche et le socle de la prise de courant n'ont pas besoin de satisfaire aux exigences de la norme IEC 60884-1. Au Royaume-Uni, la fiche doit satisfaire à la norme BS 1363-1 et le socle de la prise de courant doit satisfaire à la norme BS 1363-2.

Des précautions spéciales (par exemple des limiteurs de surtension) peuvent être nécessaires lorsque des surtensions excessives sont susceptibles de se produire au niveau de l'alimentation.

Les exigences de la présente norme s'appliquent pour des conditions normales de température et d'environnement. Elles s'appliquent aux DPDA destinés à être utilisés dans un environnement avec degré de pollution 2. Des exigences complémentaires peuvent être nécessaires pour des dispositifs utilisés dans des locaux présentant des conditions d'environnement plus sévères.

NOTE 5 Des DPDA pour applications DC sont à l'étude.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60068-2-30:2005, *Essais d'environnement – Partie 2-30: Essais – Essai Db et guide: Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 h + 12 h)*

IEC 60068-3-4:2001, *Essais d'environnement – Partie 3-4: Documentation d'accompagnement et guide – Essais de chaleur humide*

IEC 60364 (toutes les parties), *Installations électriques à basse tension*

IEC 60228, *Ames des câbles isolés*

IEC 60364-4-44:2007, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-44: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les perturbations de tension et les perturbations électromagnétiques*

IEC 60417, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel*, disponible à l'adresse suivante: <http://www.graphical-symbols.info/equipment>

IEC 60479, *Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques*

IEC 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

IEC 60664-1:2007, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

IEC 60695-2-10:2000, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-10: Essais au fil incandescent/chauffant – Appareillage et méthode commune d'essai*

IEC/TR 60755, *Exigences générales pour les dispositifs de protection à courant différentiel résiduel*

IEC 60898-1:2002, *Petit appareillage électrique – Disjoncteurs pour la protection contre les surintensités pour installations domestiques et analogues – Partie 1: Disjoncteurs pour le fonctionnement en courant alternatif*

IEC 61000-3-2:2014, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3-2: Limites – Limites pour les émissions de courant harmonique (courant appelé par les appareils ≤ 16 A par phase)*

IEC 61008-1:2010, *Interrupteurs automatiques à courant différentiel résiduel sans dispositif de protection contre les surintensités incorporé pour usages domestiques et analogues (ID) – Partie 1: Règles générales*

IEC 61009-1:2010, *Interrupteurs automatiques à courant différentiel résiduel avec dispositif de protection contre les surintensités incorporé pour usages domestiques et analogues (DD) – Partie 1: Règles générales*

IEC 61543:1995, *Dispositifs différentiels résiduels (DDR) pour usages domestique et analogues – Compatibilité électromagnétique*
IEC 61543:1995/AMD1:2004
IEC 61543:1995/AMD2:2005

IEC 62423, *Interrupteurs automatiques à courant différentiel résiduel de type B et de type F avec et sans protection contre les surintensités incorporée pour usages domestiques et analogues*

CISPR 14-1:2009, *Compatibilité électromagnétique – Exigences pour les appareils électrodomestiques, outillages électriques et appareils analogues – Partie 1: Emission*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la IEC/TR 60755, l'IEC 60898-1, l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1, l'IEC 62423, ainsi que les suivants, s'appliquent.

NOTE Quand les termes "tension" ou "courant" sont utilisés, ils impliquent les valeurs efficaces, à moins qu'il n'en soit précisé autrement.

3.1

arc

production d'arc électrique

décharge lumineuse d'électricité à travers un milieu isolant, en général accompagnée d'une volatilité partielle des électrodes

Note 1 à l'article: Un demi-cycle de courant sinusoïdal complet n'est pas considéré comme un demi-cycle de production d'arc électrique.

3.2

défaut d'arc

défaut de production d'arc électrique

arc non intentionnel dangereux

3.3

dispositif pour la détection d'arcs

DPDA

dispositif destiné à atténuer les effets des défauts d'arc en déconnectant le circuit lorsqu'un défaut d'arc est détecté

3.4

module pour la détection d'arcs

module PDA

partie du DPDA qui prend en charge la détection et la discrimination des défauts d'arc dangereux à la terre en série et en parallèle ainsi que le démarrage du dispositif qui coupe le courant

Note 1 à l'article: La coupure du courant peut être obtenue au moyen d'un système d'ouverture (voir 4.1.1), d'un dispositif de protection équipé d'un module PDA (voir 4.1.2) ou d'un dispositif de protection assemblé à un module PDA (voir 4.1.3).

3.5

détection

fonction qui consiste à détecter la présence d'un courant de défaut d'arc

3.6

interruption

fonction qui consiste à ramener automatiquement les contacts principaux du DPDA de la position de fermeture à la position d'ouverture, interrompant ainsi le(s) courant(s) de défaut d'arc qui circule(nt) entre eux

3.7

défaut d'arc à la terre

défaut d'arc où le courant circule du conducteur actif à la terre

Note 1 à l'article: Le courant d'arc à la terre peut présenter une valeur proche de celle du courant d'arc en parallèle dans certaines installations (par ex. installation TN).

3.8

défaut d'arc en parallèle

défaut d'arc où le courant d'arc circule entre les conducteurs actifs en parallèle avec la charge du circuit

3.9

défaut d'arc en série

défaut d'arc où le courant circule dans la/les charge(s) du circuit final protégé par un DPDA

3.10

position de fermeture

position dans laquelle la continuité prédéterminée du circuit principal du DPDA est assurée

3.11

position d'ouverture

position dans laquelle la distance d'isolement prédéterminée est assurée entre les contacts ouverts du circuit principal du DPDA

3.12

pôle

partie d'un DPDA exclusivement associée à une voie de courant de son circuit principal, électriquement séparée, équipée de contacts destinés à connecter et déconnecter le circuit principal lui-même et excluant les parties par le moyen desquelles le montage et le fonctionnement simultané des pôles est assuré

3.13

pôle neutre de sectionnement

pôle seulement destiné à couper le neutre et non prévu pour présenter un pouvoir de coupure

3.14

sectionnement

fonction de sectionnement

fonction destinée à couper l'alimentation de toute l'installation ou d'une section discrète de cette dernière en la séparant de toute source d'énergie électrique pour des raisons de sécurité

[SOURCE: IEC 60947-1:2007, 2.1.19]

3.15

distance de sectionnement

distance d'isolement entre contacts ouverts satisfaisant aux exigences de sécurité pour des besoins de sectionnement

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-17-35, modifiée – "sectionneurs" a été remplacé par "besoins de sectionnement".]

3.16

pouvoir de fermeture

valeur de la composante alternative d'un courant présumé qu'un DPDA est capable d'établir sous une tension donnée et dans des conditions prescrites d'emploi et de comportement

3.17

pouvoir de coupure

valeur de la composante alternative d'un courant présumé qu'un DPDA est capable d'interrompre sous une tension donnée et dans des conditions prescrites d'emploi et de comportement

3.18

courant conditionnel de court-circuit

I_{nc}

valeur de la composante alternative du courant présumé qu'un DPDA, protégé par un dispositif de protection contre les courts-circuits (DPCC) approprié placé en série, peut supporter dans des conditions prescrites d'emploi et de comportement

3.19

courant présumé

courant qui circulerait dans le circuit si chaque voie principale de courant du DPDA était remplacée par un conducteur d'impédance négligeable

Note 1 à l'article: Le courant présumé peut être qualifié de la même façon qu'un courant réel, par exemple: courant de coupure présumé, courant de crête présumé, etc.

3.20

courant de crête présumé maximal (d'un circuit en courant alternatif)

courant de crête présumé, quand l'amorce du courant a lieu à l'instant qui conduit à la plus haute valeur possible

3.21

pouvoir de coupure (fermeture et de coupure) en court-circuit

composante alternative du courant présumé, exprimée en valeur efficace, que le DPDA, par conception, établit, transporte pendant le temps d'ouverture et interrompt dans des conditions spécifiées

3.22

vis autotaraudeuse par déformation

vis autotaraudeuse ayant un filet ininterrompu

Note 1 à l'article: La fonction de ce filetage n'est pas d'enlever du matériau de la cavité.

Note 2 à l'article: NOTE 2 Un exemple de vis autotaraudeuse par déformation de matière est donné à la Figure 1.

3.23

vis autotaraudeuse à découpe

vis autotaraudeuse ayant un filet non continu

Note 1 à l'article: Une des fonctions de ce filetage est d'enlever du matériau de la cavité.

Note 2 à l'article: Un exemple de vis autotaraudeuse par enlèvement de matière est donné à la Figure 2.

4 Classification

4.1 Selon la méthode de construction

4.1.1 DPDA comme dispositif unique, composé d'un module PDA et d'un système d'ouverture ne fournissant pas de protection contre les surintensités ou contre le courant différentiel.

4.1.2 DPDA comme dispositif unique, composé d'un module PDA intégré à un dispositif de protection satisfaisant à une ou plusieurs des normes suivantes: IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1 ou IEC 62423.

4.1.3 DPDA conforme à l'Annexe D, composé d'un module PDA et d'un dispositif de protection déclaré, conçu pour être assemblé sur site.

4.2 Selon la méthode de montage et de connexion

Le DPDA type pour montage en tableau, aussi appelé DPDA type pour tableau de distribution, peut être connecté comme suit:

- a) Les DPDA dont les connexions ne sont pas associées au dispositif de fixation mécanique;
- b) Les DPDA dont les connexions sont associées au dispositif de fixation mécanique, par exemple:
 - 1) type enfichable;
 - 2) type à fixation par boulons.

NOTE Certains DPDA sont de type enfichable ou à fixation par boulons du côté de l'alimentation uniquement, les bornes de sortie étant les bornes habituellement utilisées pour la connexion des circuits.

4.3 Selon le nombre de pôles et de voies de courant

- DPDA unipolaire avec deux voies de courant (un pôle plus un neutre non coupé);
- DPDA bipolaire;
- DPDA tripolaires;
- DPDA quadripolaires.

NOTE 1 En Chine, le DPDA doté d'un neutre non coupé n'est pas autorisé.

4.4 DPDA fournissant des informations de surveillance

Des DPDA fournissant des informations de surveillance sont à l'étude.

A l'étude.

5 Caractéristiques des DPDA

5.1 Récapitulatif des caractéristiques et des conditions pour l'atténuation des risques d'incendie

Un DPDA doit assurer la détection de ce qui suit:

- défaut d'arc à la terre (voir 3.7); et
- défaut d'arc en parallèle (voir 3.8); et
- défaut d'arc en série (voir 3.9).

Les caractéristiques d'un DPDA doivent être indiquées de la façon suivante:

- courant assigné I_n (voir 5.2.2);
- tension assignée U_n (voir 5.2.1);
- fréquence assignée (voir 5.2.3);
- pouvoir de fermeture et de coupure assigné I_m (voir 5.2.4);
- pouvoir de fermeture et de coupure assigné sur un pôle I_{m1} (voir 5.2.5);
- degré de protection (voir l'IEC 60529);
- courant conditionnel de court-circuit assigné I_{nc} (voir 5.3.6 et 5.5.2);
- courant conditionnel de court-circuit assigné sur un pôle I_{nc1} (voir 5.3.6 et 5.5.2);
- méthode de connexion (voir 4.2).

5.2 Valeurs assignées et autres caractéristiques

5.2.1 Tension assignée

5.2.1.1 Tension assignée d'emploi (U_n)

La tension d'emploi assignée d'un DPDA (ci-après appelée "tension assignée") est la valeur de la tension attribuée par le constructeur, à laquelle se rapportent ses performances.

Plusieurs tensions assignées peuvent être attribuées à un même DPDA.

5.2.1.2 Tension assignée d'isolement (U_i)

La tension d'isolement assignée d'un DPDA est la valeur de la tension attribuée par le constructeur à laquelle se rapportent les tensions d'essai diélectrique et les lignes de fuite.

Sauf mention contraire, la tension d'isolement assignée est la valeur de la tension assignée maximale du DPDA. En aucun cas la tension d'emploi maximale assignée ne doit dépasser la tension d'isolement assignée.

5.2.1.3 Tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp})

La tension assignée de tenue aux chocs d'un DPDA doit être égale ou supérieure aux valeurs normalisées de la tension assignée de tenue aux chocs indiquées dans le Tableau F.1 de l'IEC 60664-1:2007, et le Tableau 4 de la présente norme.

5.2.2 Courant assigné (I_n)

Valeur du courant, attribuée au DPDA par le constructeur, que le dispositif peut supporter en service ininterrompu.

5.2.3 Fréquence assignée

La fréquence assignée d'un DPDA est la fréquence industrielle pour laquelle le DPDA est conçu et à laquelle correspondent les autres caractéristiques.

Plusieurs fréquences assignées peuvent être attribuées à un même DPDA.

5.2.4 Pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m)

Valeur efficace de la composante alternative du courant présumé, attribué par le constructeur qu'un DPDA peut établir, supporter et couper dans des conditions spécifiées.

Les conditions sont telles que spécifiées dans 9.11.2 pour les DPDA classés conformément à 4.1.1 et dans la norme du dispositif de protection déclaré (par exemple, IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1, IEC 62423) pour les DPDA classés conformément à 4.1.2 et 4.1.3.

5.2.5 Pouvoir de fermeture et de coupure assigné sur un pôle (I_{m1})

Valeur efficace de la composante alternative du courant présumé, attribué par le constructeur qu'un DPDA peut établir, supporter et couper avec un pôle dans des conditions spécifiées.

5.3 Valeurs normalisées et préférentielles

5.3.1 Valeurs préférentielles de la tension assignée (U_n)

Les valeurs préférentielles de la tension assignée sont les suivantes telles qu'indiquées dans le Tableau 22:

Tableau 22 – Valeurs préférentielles de la tension assignée

DPDA	Circuit alimentant le DPDA	Tension assignée des DPDA utilisés dans des systèmes 230 V, 230/400 V ou 400 V V	Tension assignée des DPDA utilisés dans des systèmes 120/240 V ou 240 V V
Unipolaire (à deux voies de courant)	Monophasé (phase à conducteur milieu à la terre ou phase à neutre)	230	120
Bipolaire	Monophasé (phase à neutre ou phase à phase ou phase à conducteur milieu à la terre)	230, 400	120, 240
Tripolaire	Triphasé (3 fils ou 4 fils) (système 400 V, 230/400 V ou 230 V)	230 400	
Quadripolaire	Triphasé (4 fils) (système 230/400 V)	400	
NOTE 1 Dans l'IEC 60038, la valeur de la tension de réseau de 230/400 V a été normalisée. Cette valeur va probablement remplacer progressivement les valeurs de 220/380 V et 240/415 V. NOTE 2 A chaque fois qu'il est fait référence à 230 V ou 400 V dans cette norme, les valeurs à prendre en compte peuvent être respectivement 220 V ou 240 V et 380 V ou 415 V. NOTE 3 A chaque fois qu'il est fait référence à 120 V, 120/240 V ou 240 V dans cette norme, les valeurs à prendre en compte peuvent être respectivement 100 V, 100/200 V ou 200 V. NOTE 4 A chaque fois qu'il est fait référence à 240 V en triphasé dans cette norme, les valeurs à prendre en compte peuvent être 100 V ou 120/208 V.			

NOTE Au Japon, le conducteur phase-neutre et le conducteur phase-terre (conducteur à la masse) sont pensés différemment, car les systèmes monophasés à 2 fils alimentés par une source de système à 2 fils ne possèdent pas de point neutre.

5.3.2 Valeurs préférentielles du courant assigné (I_n)

Les valeurs préférentielles du courant assigné sont:

$$6 - 8 - 10 - 13 - 16 - 20 - 25 - 32 - 40 - 50 - 63 \text{ A.}$$

5.3.3 Valeurs normalisées de la fréquence assignée

Les valeurs normalisées de la fréquence assignée sont 50 Hz, 60 Hz et 50/60 Hz.

5.3.4 Valeur minimale du pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m)

La valeur minimale du pouvoir de coupure et de fermeture assigné I_m est la plus grande des deux valeurs $10 I_n$ ou 500 A.

Les facteurs de puissance associés sont spécifiés dans 9.11.2 pour les DPDA classés conformément à 4.1.1 et dans la norme du dispositif de protection déclaré pour les DPDA classés conformément à 4.1.2 et 4.1.3.

5.3.5 Valeur minimale du pouvoir de fermeture et de coupure assigné sur un pôle (I_{m1})

La valeur minimale du pouvoir de coupure et de fermeture assigné sur un pôle I_{m1} est la plus grande des deux valeurs $10 I_n$ ou 500 A.

Les facteurs de puissance associés sont spécifiés dans 9.11.2 pour les DPDA classés conformément à 4.1.1 et dans la norme du dispositif de protection déclaré pour les DPDA classés conformément à 4.1.2 et 4.1.3.

5.3.6 Valeurs normalisées et préférentielles du courant conditionnel de court-circuit assigné (I_{nc}) et valeurs normalisées et préférentielles du courant conditionnel de court-circuit assigné pour un pôle (I_{nc1})

5.3.6.1 Généralités

Les valeurs normalisées et préférentielles du courant conditionnel de court-circuit assigné I_{nc} et I_{nc1} sont spécifiées comme suit:

5.3.6.2 Valeurs jusqu'à 10 000 A inclus

Jusqu'à 10 000 A inclus, les valeurs normalisées du courant conditionnel de court-circuit assigné I_{nc} et I_{nc1} sont:

$$3\,000 - 4\,500 - 6\,000 - 10\,000 \text{ A.}$$

Les facteurs de puissance associés sont spécifiés dans 9.11.2 pour les DPDA classés conformément à 4.1.1 et dans la norme du dispositif de protection déclaré pour les DPDA classés conformément à 4.1.2 et à 4.1.3.

NOTE En Corée, les valeurs de 1 000 A, 1 500 A, 2 000 A, 2 500 A, 7 500 A et 9 000 A sont également considérées comme valeurs normalisées.

5.3.6.3 Valeurs supérieures à 10 000 A

Pour les valeurs supérieures à 10 000 A, jusqu'à 25 000 A inclus, une valeur préférentielle est 20 000 A.

Les facteurs de puissance associés sont spécifiés dans 9.11.2 pour les DPDA classés conformément à 4.1.1 et dans la norme du dispositif de protection déclaré pour les DPDA classés conformément à 4.1.2 et 4.1.3.

Les valeurs supérieures à 25 000 A ne sont pas prises en considération dans cette norme.

5.3.7 Valeurs limites des critères de fonctionnement pour les DPDA destinés aux courants d'arcs élevés et faibles

5.3.7.1 Valeurs limites des critères de fonctionnement pour les DPDA destinés aux courants d'arcs faibles jusqu'à 63 A

Tableau 1 – Valeurs limites du temps de fonctionnement pour les DPDA avec $U_n = 230 \text{ V}$ et 400 V

Courant d'arc d'essai (valeurs efficaces)	2,5 A	5 A	10 A	16 A	32 A	63 A
Temps de fonctionnement maximal	1 s	0,5 s	0,25 s	0,15 s	0,12 s	0,12 s

NOTE Des courants d'arc faibles peuvent être provoqués par des défauts d'isolement phase-terre ou une production d'arc électrique en série.

Tableau 2 – Valeurs limites du temps de fonctionnement pour les DPDA avec $U_n = 120 \text{ V}$

Courant d'arc d'essai (valeurs efficaces)	5 A	10 A	16 A	32 A	63 A
Temps de fonctionnement maximal	1 s	0,4 s	0,28 s	0,14 s	0,14 s

Lorsque la valeur du courant d'essai auquel le dispositif d'essai de défaut d'arc est exposé ne figure pas dans les Tableaux 1 ou 2, le temps de fonctionnement admissible doit être déterminé par interpolation linéaire entre les valeurs de temps de fonctionnement au-dessus et en dessous de la valeur du courant d'essai réel.

5.3.7.2 Valeurs limites des critères de fonctionnement pour les DPDA avec des courants d'arcs élevés supérieurs à 63 A

Tableau 3 – Nombre maximal de demi-cycles d'arc autorisés en 0,5 s

Courant d'arc d'essai ^a (valeurs efficaces)	75 A	100 A	150 A	200 A	300 A	500 A
N ^b	12	10	8	8	8	8
^a Ce courant d'essai est le courant présumé avant la production d'un arc électrique dans le circuit d'essai.						
^b N est le nombre de demi-cycles à la fréquence assignée.						

NOTE Des courants d'arc élevés peuvent être provoqués par des défauts d'isolement phase-terre ou une production d'arc électrique en parallèle.

5.4 Valeur normalisée de la tension assignée de tenue aux chocs (U_{imp})

Le Tableau 4 donne les valeurs normalisées des tensions assignées de tenue aux chocs en fonction de la tension nominale de l'installation.

Tableau 4 – Tension assignée de tenue aux chocs en fonction de la tension nominale de l'installation

Tension assignée de tenue aux chocs U_{imp} kV	Tension nominale de l'installation	
	Systèmes triphasés V	Système monophasé avec point milieu à la terre V
2,5 ^a		120/240 ^b
4 ^a	230/400	120/240, 240 ^c
NOTE 1 Pour les tensions d'essai de vérification de l'isolation, voir le Tableau 15.		
NOTE 2 Pour les tensions d'essai de vérification de la distance de sectionnement à travers les contacts ouverts, voir le Tableau 16.		
^a Les valeurs 3 kV et 5 kV respectivement sont utilisées pour vérifier les distances de sectionnement à travers les contacts ouverts à l'altitude de 2 000 m (voir le Tableau 16).		
^b Pour les habitudes d'installation au Japon.		
^c Pour les habitudes d'installation dans les pays d'Amérique du Nord.		

Lorsqu'un DPDA est prévu pour être connecté (voir 4.1.1), intégré (voir 4.1.2) ou assemblé (voir 4.1.3) avec un ou plusieurs dispositif(s) de protection déclaré(s) dont les valeurs normalisées de tension assignée de tenue aux chocs sont plus strictes que celles mentionnées dans le Tableau 4, les conditions normales de fonctionnement en service et d'installation de la norme la plus stricte relative au dispositif de protection doivent s'appliquer.

5.5 Coordination avec les dispositifs de protection contre les courts-circuits (DPCC)

5.5.1 Généralités

Les DPDA doivent être protégés contre les courts-circuits au moyen de disjoncteurs ou de fusibles satisfaisant à leurs propres normes et conformément aux règles d'installation de la série IEC 60364.

La coordination entre les DPDA et le DPCC doit être vérifiée dans les conditions générales mentionnées en 9.11 afin de vérifier que la protection des DPDA contre les courants de court-circuit est adéquate jusqu'au courant conditionnel de court-circuit I_{nc} .

5.5.2 Courant conditionnel de court-circuit assigné (I_{nc}) et courant conditionnel de court-circuit assigné pour un pôle (I_{nc1})

Valeur efficace du courant présumé, fixée par le constructeur, qu'un DPDA protégé par un DPCC peut supporter, dans des conditions spécifiées, sans altérations irréversibles pouvant compromettre son fonctionnement.

Les conditions sont celles spécifiées en 9.11.

5.5.3 Caractéristiques de fonctionnement du système d'ouverture des DPDA selon 4.1.1

5.5.3.1 Généralités

Le système d'ouverture doit satisfaire à toutes les exigences applicables de la présente norme.

Les acronymes suivants I_{m1} et I_{nc1} sont utilisés pour les essais sur un pôle uniquement.

5.5.3.2 Pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m et I_{m1})

Les conditions du pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m et I_{m1}) en 5.2.4 et 5.2.5 sont celles spécifiées en 9.11.2.2 et en 9.11.2.3.

Les facteurs de puissance associés pour la valeur minimale du pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m et I_{m1}), mentionnés en 5.3.4 et 5.3.5, sont spécifiés dans le Tableau 19 de 9.11.2.1.

5.5.3.3 Pouvoir conditionnel de court-circuit assigné (I_{nc} et I_{nc1})

Les conditions du pouvoir conditionnel de court-circuit assigné (I_{nc} et I_{nc1}) en 5.3.6 sont celles spécifiées en 9.11.2.4.

Les facteurs de puissance associés sont indiqués dans le Tableau 19 de 9.11.2.1.

6 Marquage et autres informations sur le produit

6.1 Marquage

Chaque DPDA doit comporter un marquage indélébile composé de toutes les indications énumérées ci-après ou, pour les petits appareils, de certaines d'entre elles:

Tableau 5 – Marquage et position du marquage

	Marquage ou élément d'information	Position du marquage ou de l'information		
		Visible sur le produit installé	Sur le produit	Dans une brochure
a	le nom du constructeur ou sa marque de fabrique;		X	X
b	la désignation du type, le numéro de catalogue ou le numéro de série;		X	X
c	la/les tension(s) assignée(s);	X		X
d	la fréquence assignée: les DPDA ayant plus d'une fréquence assignée (par exemple, 50/60 Hz) doivent être marqués en conséquence;		X	X
e	le courant assigné;	X		X
f	le pouvoir de coupure et de fermeture assigné;		X	X
g	la position d'emploi si nécessaire;			X
h	le degré de protection (uniquement si différent de IP20);			X
i	le schéma de raccordement;		X	X
j	les références normatives		X	X

Le marquage doit se trouver sur le DPDA lui-même ou sur une ou plusieurs plaque(s) signalétique(s) fixée(s) au DPDA. Ce marquage doit être apposé de façon à être visible et lisible lorsque le DPDA est installé.

L'aptitude au sectionnement, assurée par tous les DPDA de la présente norme, peut être indiquée par la présence du symbole  (IEC 60617-7:2001-07) sur l'appareil. S'il est présent sur l'appareil, ce marquage peut être inclus dans un schéma de câblage, où il peut être combiné aux symboles d'autres fonctions.

NOTE En Australie, ce marquage est obligatoire, mais pas nécessairement visible après installation.

Lorsque le symbole est utilisé seul (c'est-à-dire pas dans un schéma de câblage), la combinaison avec les symboles d'autres fonctions n'est pas permise.

Si un degré de protection supérieur à IP20, selon l'IEC 60529, est marqué sur l'appareil, ce dernier doit y satisfaire, quelle que soit la méthode d'installation. Si le degré de protection plus élevé est obtenu par une méthode spécifique d'installation et/ou l'utilisation d'accessoires particuliers (tels que des couvre-bornes, des enveloppes, etc.), cela doit être spécifié dans la documentation du constructeur.

Si, pour de petits appareils, la place disponible ne permet pas de marquer toutes les indications ci-avant, les indications spécifiées en c et e au moins doivent être marquées et visibles quand celui-ci est installé. Les indications spécifiées en a, b, d, f, i et j peuvent être marquées sur le côté ou au dos de l'appareil et être visibles seulement avant l'installation de l'appareil. Autrement, l'information spécifiée en i peut être placée à l'intérieur de tout capot qui doit être démonté pour le raccordement à l'alimentation. Toute indication restante non marquée doit être mentionnée dans le catalogue du constructeur.

La position d'ouverture doit être indiquée par le symbole "O" (IEC 60417-5008:2002-10) et la position de fermeture par le symbole "┘" (trait vertical court, IEC 60417-5007:2002-10). Des symboles nationaux supplémentaires sont admis pour cette indication. Provisoirement, l'utilisation exclusive de symboles nationaux est autorisée. Ces indications doivent être facilement lisibles quand le DPDA est installé.

Autrement, un bouton demeurant dans sa position enfoncée suffit à indiquer la position de fermeture. Cependant, si le bouton ne reste pas enfoncé, un dispositif additionnel indiquant la position des contacts doit être fourni.

Si une distinction doit être établie entre les bornes d'entrées et de sorties, celles-ci doivent être clairement marquées (par exemple avec les termes "alimentation" et "utilisation" près des bornes correspondantes ou par des flèches indiquant le sens des parcours de la puissance).

Les bornes destinées exclusivement au branchement du circuit neutre doivent être marquées avec la lettre N.

Les bornes destinées au conducteur de protection, le cas échéant, doivent être marquées du symbole  (IEC 60417-5019:2006-08).

Le marquage doit être indélébile, facilement lisible et ne doit pas être placé sur des vis, rondelles détachables ou autres parties amovibles.

Les bornes doivent être compatibles avec tous les types de conducteurs: rigides (massifs ou câblés) et souples, sauf spécification contraire du fabricant.

Pour les bornes universelles (pour les conducteurs rigides à âme massive, rigides à âme câblée et souples):

- pas de marquage.

Pour les bornes non universelles:

- les bornes déclarées pour les conducteurs rigides à âme massive uniquement doivent être marquées par la lettre "s" ou par "sol";
- les bornes prévues pour conducteurs rigides (massifs ou câblés) uniquement doivent être marquées par la lettre "r";

Il convient que le marquage apparaisse sur le DPDA ou, si la place disponible est insuffisante, sur le plus petit emballage ou dans les informations techniques.

Le marquage prévu à l'Article 6 de l'IEC 60898-1 ou IEC 61008-1 ou IEC 61009-1 doit être indiqué, le cas échéant, pour les dispositifs de 4.1.2

La conformité est vérifiée par inspection et selon l'essai mentionné en 9.3, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

6.2 Marquage supplémentaire pour les DPDA, selon 4.1.1

6.2.1 Marquage des DPDA

Les DPDA doivent comporter le marquage suivant:

- a) Courant assigné maximal du dispositif de protection principal avec lequel ils peuvent être connectés (par ex. 32 A max.) pour la protection contre les courts-circuits. Si cette valeur dépend des dispositifs de protection déclarés, la valeur la plus faible est marquée;
- b) Pouvoir de fermeture et de coupure assigné sur un pôle (I_{m1});
- c) Courant conditionnel de court-circuit assigné (I_{nc});
- d) Courant de court-circuit conditionnel assigné sur un pôle (I_{nc1}).

Il est recommandé que les références du dispositif de protection principal auquel le DPDA peut être connecté en série soient marquées.

Le constructeur doit déclarer l'intégrale de Joule I^2t et le courant crête I_p que le DPDA supporte. Lorsque ces valeurs ne sont pas déclarées, les valeurs minimales sont celles données dans le Tableau 18.

Pour les DPDA destinés à être raccordés à plusieurs dispositifs de protection, les valeurs de crête les plus élevées de I^2t et I des dispositifs de protection, déclarées par le constructeur, s'appliquent.

La conformité est vérifiée par inspection et par les essais mentionnés en 9.3 dans la présente norme.

6.2.2 Instructions pour le câblage et le fonctionnement

La feuille de caractéristiques et le catalogue du constructeur du DPDA doivent indiquer avec quel dispositif de protection déclaré et normalisé, conformément à l'IEC 60898-1, l'IEC 61009-1, l'IEC 62423 et/ou l'IEC 60269, il peut être connecté.

Le constructeur doit fournir des instructions adéquates avec le DPDA.

Ces instructions doivent concerner au moins ce qui suit:

- le(s) type(s) et numéro(s) de catalogue(s) qui indiquent notamment le courant et la tension, etc. des dispositif(s) de protection déclaré(s) avec le(s)quel(s) le DPDA est destiné à être raccordé;
- le(s) facteur(s) de déclassement, le cas échéant.

7 Conditions normales de fonctionnement en service et d'installation

7.1 Conditions normales

Les DPDA satisfaisant à cette norme doivent être capables de fonctionner dans les conditions normales suivantes, indiquées dans le Tableau 6.

Tableau 6 – Conditions normales de fonctionnement en service

Grandeurs d'influence	Domaine d'emploi normal	Valeurs de référence	Tolérances pour les essais ^f
Température ambiante ^{a g}	–5 °C à +40 °C ^b	20 °C	± 5 °C
Altitude	Inférieure ou égale à 2 000 m		
Humidité relative maximale à 40 °C	50 % ^c		
Champ magnétique externe	Inférieur ou égal à 5 fois le champ magnétique terrestre dans toutes les directions	Champ magnétique terrestre	^d
Position	Comme indiqué par le constructeur avec une tolérance de 2° dans toutes les directions ^e	Comme indiqué par le constructeur	2 ° dans n'importe quelle direction
Fréquence	Valeur de référence ± 5 % ^f	Valeur assignée	± 2 %
Distorsion de l'onde sinusoïdale	Inférieure ou égale à 5 %	Zéro	5 %
^a La valeur maximale de la température moyenne journalière est de +35 °C. ^b Des valeurs hors de ce domaine sont admises pour des conditions climatiques plus sévères, après accord entre constructeur et utilisateur. ^c Des degrés d'humidité relative plus élevés sont admis à des températures plus basses (par exemple 90 % à 20 °C). ^d Si un DPDA est installé à proximité d'un fort champ magnétique, des exigences complémentaires peuvent être nécessaires. ^e Le dispositif doit être fixé de façon à ne subir aucune déformation susceptible d'affecter ses fonctions. ^f Les tolérances données sont applicables, sauf spécification contraire dans l'essai spécifique. ^g Des limites extrêmes de –20 °C et de +60 °C sont admissibles pendant le stockage et le transport et il convient de les prendre en compte dans la conception de l'appareil.			

Lorsqu'un DPDA est connecté (voir 4.1.1), intégré (voir 4.1.2) ou assemblé (voir 4.1.3) à un ou plusieurs dispositif(s) de protection déclaré(s) associé(s) dont les conditions normales de fonctionnement en service et d'installation sont plus strictes que celles mentionnées dans le Tableau 6, les conditions normales de fonctionnement en service et d'installation de la norme la plus stricte relative au dispositif de protection doivent s'appliquer.

7.2 Conditions d'installation

Les DPDA doivent être installés selon les indications du constructeur.

7.3 Degré de pollution

Les DPDA satisfaisant à la présente norme sont destinés à un environnement au degré de pollution 2, c'est-à-dire que: normalement, seule une pollution non conductrice est constatée, si ce n'est qu'une conductivité temporaire provoquée par la condensation peut être attendue ponctuellement.

8 Exigences de construction et de fonctionnement

8.1 Généralités

Le Module PDA ne doit pas porter atteinte aux principales caractéristiques de fonctionnement du dispositif de protection déclaré. Le Module PDA intégré à un DPDA, selon 4.1.3 et le dispositif de protection doivent provenir du même constructeur ou comporter la même marque de fabrique.

Par conséquent, le constructeur doit déclarer à la fois quel dispositif de protection le Module PDA peut être associé et quel Module PDA est adapté au dispositif de protection.

Un DPDA ne doit pas être conçu de sorte que le Module PDA fournisse un courant entre une phase et le conducteur neutre ou de protection de l'installation responsable du déclenchement d'un autre dispositif.

Les DPDA doivent être conçus et construits de sorte que, en cas d'utilisation normale, leurs performances soient sûres, fiables et sans danger pour l'utilisateur ou l'environnement.

Les DPDA doivent satisfaire à la présente norme, conformément au domaine d'application et aux classifications appropriées.

Les DPDA classés selon 4.1.1 doivent satisfaire aux exigences et aux essais mentionnés dans la présente norme (voir plus particulièrement 6.2, 9.11.2 et 9.18.1).

En ce qui concerne les DPDA destinés à être raccordés à plusieurs dispositifs de protection, une sélection des essais les plus stricts parmi toutes les normes applicables aux dispositifs de protection doit être appliquée une seule fois.

Le degré de protection des DPDA, conformément à 4.1.1, ne doit pas être inférieur au degré de protection du dispositif de protection déclaré auquel ils doivent être raccordés.

Lorsqu'un DPDA peut être raccordé à plusieurs dispositifs de protection déclarés, le degré de protection le plus élevé de toutes les normes applicables, y compris cette norme, s'applique.

Les DPDA classés selon 4.1.2 doivent satisfaire à la norme pertinente du dispositif de protection auquel ils seront intégrés (IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1 ou IEC 62423, selon le cas) ainsi qu'aux exigences et aux essais indiqués dans cette norme.

Lorsque les essais inclus dans cette norme sont également inclus dans l'IEC 60898-1, l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou l'IEC 62423, une sélection des exigences et des essais les plus stricts parmi les normes applicables doit être appliquée une seule fois.

Les DPDA classés selon 4.1.3 doivent satisfaire aux exigences mentionnées dans la présente norme et aux exigences et essais indiqués dans l'Annexe D, le cas échéant.

En ce qui concerne les DPDA destinés à être assemblés avec plusieurs dispositifs de protection, une sélection des essais les plus stricts parmi toutes les normes applicables doit être appliquée une seule fois.

8.2 Réalisation mécanique

8.2.1 Généralités

Le dispositif de détection du courant d'arc et de déclenchement, associé aux risques d'incendie, doit être situé entre les bornes d'entrée et de sortie du DPDA.

Des interventions extérieures ne doivent pas permettre de modifier les caractéristiques de fonctionnement du DPDA.

Aucun procédé ne doit permettre de mettre hors d'état de marche ou d'interdire le fonctionnement du DPDA.

Les instructions doivent indiquer qu'il n'est pas autorisé de raccorder à un DPDA un disjoncteur ou un dispositif de protection contre les surintensités, avec un pouvoir de court-circuit assigné donné, selon 4.1.1, afin de ne pas nuire au fonctionnement en court-circuit.

La conformité est vérifiée avec la documentation.

8.2.2 Mécanisme

Les contacts mobiles de tous les pôles des DPDA multipolaires doivent être couplés mécaniquement de telle façon que tous les pôles, à l'exception du pôle neutre de sectionnement s'il y a lieu, se ferment et s'ouvrent effectivement ensemble, qu'ils soient manœuvrés manuellement ou automatiquement.

Le pôle neutre de sectionnement ne doit pas se fermer après et ne doit pas s'ouvrir avant le(s) autre(s) pôle(s).

Les DPDA doivent être dotés de mécanismes à déclenchement libre.

Il doit être possible d'ouvrir ou de fermer les DPDA manuellement.

Les DPDA doivent être construits de telle façon que les contacts mobiles puissent rester uniquement dans la position de fermeture (voir 3.3.1) ou d'ouverture (voir 3.3.2), même lorsque l'organe de manœuvre est abandonné dans une position intermédiaire.

Les DPDA en position d'ouverture (voir 3.3.2) doivent présenter une distance de sectionnement conforme aux exigences nécessaires pour respecter la fonction sectionnement (voir 3.3.5).

L'indication de la position des contacts principaux doit être fournie par un ou tous les dispositifs suivants:

- la position de l'organe de manœuvre (cette solution étant préférée), ou
- un indicateur mécanique séparé.

Si un indicateur mécanique séparé est utilisé pour indiquer la position des contacts principaux, il doit être de couleur rouge pour la position de fermeture et de couleur verte pour la position d'ouverture.

NOTE Aux Etats-Unis, les couleurs rouges et vertes ne sont pas utilisées pour indiquer la position du contact.

Les moyens d'indication de la position du contact doivent être fiables.

Les DPDA doivent être conçus de telle façon que l'organe de manœuvre, le plastron ou le capot ne puissent être mis en place que de façon à assurer une indication correcte de la position des contacts.

Lorsque les dispositifs pour verrouiller les organes de manœuvre en position d'ouverture sont fournis ou spécifiés par le constructeur, le verrouillage dans cette position doit seulement être possible lorsque les contacts principaux sont en position d'ouverture.

Le verrouillage de l'organe de manœuvre dans la position de fermeture est permis pour des applications particulières.

Lorsque l'organe de manœuvre est utilisé pour indiquer la position des contacts, l'organe de manœuvre, une fois abandonné, doit automatiquement se mettre ou rester dans la position correspondant à celle des contacts mobiles; dans ce cas l'organe de manœuvre doit avoir deux positions de repos distinctes correspondant à la position des contacts, mais, pour l'ouverture automatique, une troisième position distincte de l'organe de manœuvre peut être prévue. Dans ce cas il doit être nécessaire de réarmer le DPDA manuellement avant de pouvoir le refermer.

Le fonctionnement du mécanisme ne doit pas être influencé par la position des enveloppes ou des capots et doit être indépendant de toute partie amovible.

Un capot scellé en place par le constructeur est considéré comme une partie non amovible.

Si le capot est utilisé comme organe de guidage pour les boutons-poussoirs, les boutons de l'extérieur du DPDA ne doivent pas pouvoir être enlevés.

Les organes de manœuvre doivent être solidement fixés sur leurs axes et ils ne doivent pas pouvoir être retirés sans l'aide d'un outil.

Les organes de manœuvre directement fixés aux capots sont autorisés. Si l'organe de manœuvre présente un mouvement de haut en bas et de bas en haut, lorsque le DPDA est monté comme en usage normal, les contacts doivent être fermés par le mouvement de bas en haut.

La conformité aux exigences ci-avant est vérifiée par inspection et essai manuel et, pour le mécanisme à déclenchement libre par les essais mentionnés en 9.11 et en 9.15, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.2.3 Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite (voir l'Annexe B)

Les distances d'isolement et les lignes de fuite minimales sont données dans le Tableau 7 qui est fondé sur le fait que le DPDA est destiné à fonctionner dans des environnements avec degré de pollution 2.

La conformité du point 1 dans le Tableau 7 est vérifiée par mesure et par les essais de 9.7.6.4.1 et 9.7.6.4.2. L'essai est effectué avec des échantillons non soumis au traitement d'humidité, tel que décrit au 9.7.1.

Les distances d'isolement des points 2 et 4 peuvent être réduites à condition que les distances d'isolement mesurées ne soient pas plus courtes que le minimum autorisé dans l'IEC 60664-1:2007 pour les conditions de champs homogènes.

Dans ce cas, après le traitement d'humidité décrit en 9.7.1, la conformité des points 2 et 4 et les conditions mentionnées en 9.7.3, points b), c), d) et e), est vérifiée dans l'ordre suivant:

- essais selon 9.7.3 à 9.7.6, le cas échéant;
- essais, selon 9.7.6.2, appliqués avec les tensions d'essai indiquées dans le Tableau 15 et avec les conditions d'essai mentionnées en 9.7.2, points b), c), d) et e).

Si les mesures ne démontrent aucune réduction des distances d'isolement, l'essai de 9.7.7.2 n'est pas appliqué.

La conformité du point 3 dans le Tableau 7 est vérifiée par mesure.

NOTE 1 Toutes les mesures obligatoires mentionnées dans 8.2.3 sont effectuées à la séquence d'essai A sur un échantillon et les essais mentionnés en 9.7.7.2 sont effectués trois échantillons de la séquence d'essai B.

Certaines parties des circuits imprimés connectées aux parties actives protégées contre la pollution par l'utilisation d'une protection de type 2, selon l'IEC 60664-3, sont dispensées de cette vérification.

Les matériaux isolants sont classés en groupes de matériaux, en fonction de leur indice comparatif de résistance au cheminement (IRC), conformément à 4.8.1 de l'IEC 60664-1:2007.

Tableau 7 – Distances d'isolement et lignes de fuite minimales (1 de 2)

	Distances d'isolement minimales mm			Lignes de fuite minimales ^{e, f} mm											
				Groupe IIIa ^h (175 V ≤ CTI < 400 V) ^d				Groupe II (400 V ≤ CTI < 600 V) ^d				Groupe I (600 V ≤ CTI) ^d			
	Tension assignée V			Tension de service ^e V											
	<i>U_{imp}</i>														
	2,5 kV	4 kV	4 kV												
Description	120/240 120	120/240 240	230/400 230 400	> 25 ≤ 50 ⁱ	120	250	400	> 25 ≤ 50 ⁱ	120	250	400	> 25 ≤ 50 ⁱ	120	250	400
1. entre parties actives séparées lorsque les contacts principaux sont en position d'ouverture ^a	2,0	4,0	4,0	1,20	2,00	4,0	4,0	0,90	2,00	4,0	4,0	0,60	2,00	4,0	4,0
2. entre parties actives de polarité différente ^a	1,5	3,0	3,0	1,20	1,50	3,0	4,0	0,90	1,50	3,0	3,0	0,60	1,50	3,0	3,0
3. entre circuits alimentés par des sources différentes, l'une d'elles étant en TBTP ou TBTS ^g	3,0	6,0	8,0		3,0	6,0	8,0		3,0	6,0	8,0		3,0	6,0	8,0
				Tension assignée V											
				120/240	230/400		120/240		230/400		120/240		230/400		
4. entre parties actives et – les surfaces accessibles des organes de manœuvre – les vis ou autres organes de fixation des capots qui doivent être retirés lors du montage du DPDA – la surface sur laquelle le DPDA est monté^b – les vis ou les autres organes de fixation du DPDA^b – les capots ou boîtes métalliques^b – les autres parties métalliques accessibles^c – les bâtis métalliques supportant des DPDA de type à encastrer	1,50	3,0	3,0	1,50	4,0		1,50		3,0		1,50		3,0		

Tableau 7 (2 de 2)

NOTE 1 Les valeurs données pour 400 V sont aussi valables pour 440 V.

NOTE 2 Les parties du chemin du neutre, le cas échéant, sont considérées comme des parties actives.

NOTE 3 Il convient de prendre des précautions pour assurer des distances d'isolement et des lignes de fuite adéquates entre les parties actives de polarité différentes des DPDA de type enfichable placés les uns à côté des autres. Si les exigences pour les distances d'isolement et pour les lignes de fuite ne répondent pas à toutes les surfaces adjacentes du DPDA, une information appropriée sera fournie pour les procédures d'installation.

- ^a Pour les contacts auxiliaires et de commande, les valeurs sont données dans la norme correspondante.
- ^b Les valeurs sont doublées si les distances d'isolement et les lignes de fuite entre les parties actives du dispositif et l'écran métallique ou la surface sur laquelle le PDA est monté ne dépendent pas uniquement de la conception du DPDA, de façon qu'elles puissent être réduites lorsque ce dernier est monté dans les conditions les plus défavorables.
- ^c Y compris une feuille métallique en contact avec les surfaces en matériau isolant, accessibles après installation pour un usage normal. La feuille est poussée dans les coins, les rainures, etc., au moyen d'un doigt d'essai rigide et rectiligne, en accord avec 9.6 (voir la Figure 3).
- ^d Voir l'IEC 60112:2003.
- ^e L'interpolation est admise lors de la détermination de lignes de fuite correspondant à des valeurs de tension intermédiaires par rapport à celles citées comme tension de service. Lors de l'interpolation, une interpolation linéaire doit être utilisée et les valeurs doivent être arrondies au même nombre de chiffres que les valeurs issues des tableaux. Pour la détermination des lignes de fuite, voir l'Annexe B.
- ^f Les lignes de fuite ne peuvent pas être inférieures aux distances d'isolement associées.
- ^g Pour couvrir toutes les tensions, y compris la TBT, d'un contact auxiliaire.
- ^h Pour le groupe de matériaux IIIb ($100\text{ V} \leq \text{CTI} < 175\text{ V}$), les valeurs pour le groupe de matériaux IIIa multipliées par 1,6 s'appliquent.
- ⁱ Pour des tensions de service jusqu'à 25 V inclus, il peut être fait référence à l'IEC 60664-1:2007.

NOTE 2 L'information sur les exigences pour la conception de l'isolation solide et des essais appropriés est fournie dans l'IEC 60664-1:2007, 5.3 et 6.1.3.

NOTE 3 Pour les distances d'isolement sur les matériaux de circuits imprimés, la Note 3 suivante du Tableau F.2 de l'IEC 60664-1:2007 peut être utilisée: "Pour les matériaux de circuits imprimés, les valeurs pour le degré de pollution 1 s'appliquent avec, pour exception, que les valeurs ne doivent pas être inférieures à 0,04 mm, comme spécifié dans le Tableau F.4.". Pour les lignes de fuite sur les matériaux de circuits imprimés, les distances du Tableau F.4 de l'IEC 60664-1:2007 peuvent être utilisées si elles sont protégées par un revêtement, satisfaisant aux exigences et essais de l'IEC 60664-3.

NOTE 4 Le dimensionnement des distances d'isolement et des lignes de fuite, pour les intervalles égaux ou inférieurs à 2 mm, pour les cartes de circuits imprimés, peut être optimisé dans certaines conditions en cas d'utilisation de l'IEC 60664-5. Seuls les niveaux d'humidité HL2 et HL3 sont considérés.

8.2.4 Vis, parties transportant le courant et connexions

8.2.4.1 Les connexions, qu'elles soient électriques ou mécaniques, doivent résister aux efforts mécaniques qui se produisent en usage normal.

Les vis mises en œuvre pour le montage du DPDA lors de son installation ne doivent pas être du type vis autotaraudeuses à découpe.

NOTE 1 Les vis (ou écrous) mises en œuvre lors du montage du DPDA comprennent les vis pour la fixation des capots ou des plaques de recouvrement, mais pas les moyens de connexion pour les conduits filetés et pour la fixation de la base du DPDA.

La conformité est vérifiée par l'essai mentionné en 9.4, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

NOTE 2 Il est considéré que les connexions à vis sont vérifiées par les essais de 9.8, 9.11, 9.12 et 9.20.

8.2.4.2 Pour les vis s'engageant dans un filetage en matériau isolant et mises en œuvre lors du montage du DPDA pendant l'installation, une introduction correcte de la vis dans le trou fileté ou l'écrou doit être assurée.

La conformité est vérifiée par inspection et par un essai manuel.

NOTE L'exigence concernant l'introduction correcte est satisfaite si l'introduction en biais de la vis est évitée, par exemple, au moyen d'un guidage de la vis à l'aide de la partie à fixer, par un évidement dans la partie femelle du filetage ou par l'emploi d'une vis dont le début du filet a été enlevé.

8.2.4.3 Les connexions électriques doivent être conçues de telle façon que la pression de contact ne se transmette pas par l'intermédiaire de matériaux isolants autres que de la céramique, du mica pur ou autres matières présentant des caractéristiques au moins équivalentes, sauf si un retrait ou fléchissement éventuel de la matière isolante est susceptible d'être compensé par une élasticité suffisante des parties métalliques.

La conformité est vérifiée par inspection.

NOTE Le caractère approprié de la matière est estimé par rapport à la stabilité des dimensions.

8.2.4.4 Les parties transportant le courant, y compris les parties destinées aux conducteurs de protection, doivent être faites, le cas échéant, d'un métal ayant, dans les conditions se manifestant dans l'appareil, une résistance mécanique, une conductivité électrique et une résistance à la corrosion suffisantes pour l'utilisation qui leur est destinée.

Des exemples de matériaux appropriés sont donnés ci-après:

- soit en cuivre;
- soit en alliage contenant au moins 58 % de cuivre pour les pièces obtenues par laminage à froid ou au moins 50 % de cuivre pour les autres;
- soit en un autre métal ou un métal avec revêtement adapté, résistant aussi bien que le cuivre à la corrosion et ayant des propriétés mécaniques équivalentes.

En cas d'utilisation d'alliages ferreux ou de métal ferreux avec revêtement adapté, la conformité à la résistance à la corrosion est vérifiée par un essai de résistance à la rouille (voir 9.16).

Les exigences de ce paragraphe 8.2.4.4 ne s'appliquent pas aux contacts, circuits magnétiques, éléments chauffants, éléments bimétalliques, shunts, parties des dispositifs électroniques ni aux vis, écrous, rondelles, plaques de serrage, parties similaires des bornes et parties du circuit d'essai.

8.2.5 Bornes pour conducteurs externes

8.2.5.1 Les bornes pour conducteurs externes doivent être telles que les conducteurs puissent être connectés de sorte que la pression de contact nécessaire soit maintenue de façon permanente.

Dans la présente norme, seules les bornes à vis pour conducteurs externes en cuivre sont considérées.

Des dispositifs de connexion pour barres sont admis pourvu qu'ils ne soient pas utilisés pour la connexion de câbles.

De tels dispositifs peuvent être du type enfichable ou du type à boulons.

Les bornes doivent être facilement accessibles dans les conditions prévues d'emploi.

La conformité est vérifiée par l'essai mentionné en 9.5, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.2.5.2 Les DPDA doivent être munis de bornes permettant la connexion de conducteurs en cuivre ayant les sections nominales indiquées dans le Tableau 8.

NOTE Des exemples de configurations de bornes sont indiqués à l'Annexe IB.

Les bornes du DPDA, conformément à 4.1.1, doivent pouvoir être raccordées à l'ensemble des sections nominales des conducteurs, spécifiées dans les normes relatives aux dispositifs de protection déclarés, pour les courants assignés des dispositifs de protection déclarés auxquels elles sont conçues pour être raccordées.

La conformité est vérifiée par inspection, par mesures et par l'introduction successive de conducteurs de la plus petite et de la plus grande section spécifiée.

Tableau 8 – Sections des conducteurs de cuivre à connecter pour bornes à vis

Courant assigné ^b A		Plage des sections nominales à serrer ^a mm ²	
Supérieur à	Jusqu'à inclusivement	Conducteurs rigides (massifs ou câblés)	Conducteurs souples
–	13	1 à 2,5	1 à 2,5
13	16	1 à 4	1 à 4
16	25	1,5 à 6	1,5 à 6
25	32	2,5 à 10	2,5 à 6
32	50	4 à 16	4 à 10
50	80	10 à 25	10 à 16

NOTE Pour les conducteurs en cuivre AWG, voir l'Annexe IC.

^a Pour des valeurs nominales de courant allant jusqu'à 50 A inclus, les bornes doivent être conçues pour serrer aussi bien des conducteurs massifs que des conducteurs câblés rigides. Toutefois, les bornes pour conducteurs de section 1 mm² à 6 mm² peuvent être conçues pour serrer seulement des conducteurs massifs.

^b Une série de DPDA ayant la même conception de base et réalisation des bornes, les bornes sont munies de conducteurs en cuivre de la plus petite section pour le courant assigné minimal et de la plus grande section pour le courant assigné maximal, comme spécifié, massif et câblé, selon le cas.

8.2.5.3 Les dispositifs de serrage des conducteurs dans les bornes ne doivent servir à la fixation d'aucun autre constituant, bien qu'ils puissent maintenir en place les bornes ou les empêcher de tourner.

La conformité est vérifiée par inspection et selon l'essai mentionné en 9.5, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.2.5.4 Les bornes pour courants assignés jusqu'à 32 A inclus doivent permettre la connexion des conducteurs sans préparation spéciale.

La conformité est vérifiée par inspection.

NOTE Le terme "préparation spéciale" comprend l'étamage du fil du conducteur, l'utilisation de cosses, la formation d'œillets, etc., mais ne comprend pas la remise en forme du conducteur avant son introduction dans la borne, ou le torsadage d'un conducteur souple pour en consolider l'extrémité.

8.2.5.5 Les bornes doivent avoir une résistance mécanique appropriée.

Les vis et les écrous pour le serrage des conducteurs doivent avoir un pas métrique ISO ou un filetage d'un pas comparable et d'une résistance mécanique équivalente.

La conformité est vérifiée par inspection et selon les essais mentionnés en 9.4 et 9.5.1, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.2.5.6 Les bornes doivent être conçues de manière à serrer le conducteur sans lui occasionner de dommages majeurs.

La conformité est vérifiée par inspection et selon l'essai mentionné en 9.5.2, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.2.5.7 Les bornes doivent être conçues de manière à serrer le conducteur de façon sûre et entre surfaces métalliques.

La conformité est vérifiée par inspection et selon les essais mentionnés en 9.4 et 9.5.1, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.2.5.8 Les bornes doivent être conçues ou placées de manière que ni un conducteur rigide massif ni un brin d'un conducteur câblé ne puissent s'échapper alors que les vis ou écrous sont serrés.

Cette exigence ne s'applique pas aux bornes pour cosses et barrettes.

La conformité est vérifiée par l'essai mentionné en 9.5.3, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.2.5.9 Les bornes doivent être fixées ou situées de façon que, lorsque les vis ou écrous de serrage sont serrés ou desserrés, leurs fixations ne se desserrent pas.

Ces exigences n'impliquent pas que les bornes doivent être conçues de manière telle que leur rotation ou déplacement soit empêché, mais tout mouvement doit être suffisamment limité pour empêcher la non-conformité aux exigences de la présente norme.

L'utilisation d'une matière de remplissage ou d'une résine est considérée comme suffisante pour empêcher une borne de prendre du jeu à condition que:

- la matière de remplissage ou la résine ne soit pas soumise à des contraintes en usage normal;
- l'efficacité de la résine ou de la matière de remplissage ne soit pas altérée par les températures atteintes par la borne dans les conditions les plus défavorables spécifiées dans cette norme.

La conformité est vérifiée par inspection, par mesure et selon l'essai mentionné en 9.4, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.2.5.10 Les vis ou écrous de serrage des bornes destinés à la connexion des conducteurs de protection doivent être prémunis de façon adéquate contre un desserrage accidentel et il ne doit pas être possible de les desserrer sans l'aide d'un outil.

La conformité est vérifiée par un essai manuel.

En général, les modèles de bornes dont des exemples sont donnés à l'Annexe IB procurent une élasticité suffisante pour satisfaire à l'exigence; pour d'autres modèles, des dispositions spéciales telles que l'utilisation d'une pièce élastique convenable, qui n'est pas susceptible d'être retirée par inadvertance, peut être nécessaire.

8.2.5.11 Les vis et écrous destinés à la connexion des conducteurs externes doivent s'engager dans un filetage métallique et les vis ne doivent pas être autotaraudeuses.

8.3 Protection contre les chocs électriques

Les DPDA doivent être conçus de telle façon que, lorsqu'ils sont fixés et raccordés comme en usage normal, les parties actives ne soient pas accessibles.

NOTE Le terme "usage normal" implique que les DPDA sont installés selon les instructions du constructeur.

Une partie est considérée "accessible" si elle peut être touchée avec le doigt d'essai normalisé (voir en 9.6).

Dans le cas des DPDA autres que ceux du type enfichable, les parties extérieures autres que les vis ou autres organes de fixation des capots et étiquettes, accessibles lorsque les DPDA sont fixés et raccordés comme en usage normal, doivent être en matière isolante ou entièrement revêtues de matière isolante, à moins que les parties actives ne soient enfermées dans une enveloppe intérieure en matière isolante.

Les revêtements doivent être fixés de façon à ne pas risquer d'être perdus au cours de l'installation des DPDA. Ils doivent disposer de l'épaisseur et de la résistance mécanique suffisantes et offrir une protection adéquate aux endroits présentant des angles vifs.

Les entrées de câbles ou de conduits doivent être en matière isolante ou munies de manchons ou dispositifs analogues en matière isolante. Ces dispositifs doivent être fixés de façon sûre et disposer d'une résistance mécanique suffisante.

Dans le cas des DPDA enfichables, les parties extérieures autres que les vis ou autres organes de fixation des capots, accessibles en usage normal, doivent être en matière isolante.

Les organes de manœuvre métalliques doivent être isolés des parties actives et leurs parties conductrices, qui autrement seraient des "parties conductrices exposées", doivent être revêtues de matière isolante, à l'exception de celles permettant d'accoupler les organes de manœuvre isolés de plusieurs pôles.

Les parties métalliques du mécanisme ne doivent pas être accessibles. En outre, elles doivent être isolées des parties métalliques accessibles, des bâtis métalliques supportant la base des DPDA de type encastré, des vis ou autres organes de fixation de la base sur son support et des plaques métalliques utilisées comme support.

Les DPDA enfichables doivent pouvoir être remplacés facilement, sans toucher aux parties actives.

Le vernis et l'email ne sont pas considérés comme assurant un isolement suffisant au sens du présent paragraphe.

La conformité est vérifiée par inspection et selon l'essai mentionné en 9.6, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.4 Propriétés diélectriques et aptitude au sectionnement

Les DPDA doivent avoir des propriétés diélectriques appropriées et doivent assurer le sectionnement.

Les circuits de commande connectés au circuit principal ne doivent pas être endommagés par des tensions continues élevées résultant des mesures d'isolement qui sont normalement effectuées après que les DPDA ont été installés.

La conformité est vérifiée par les essais mentionnés en 9.7, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.5 Echauffement

8.5.1 Limites d'échauffement

Les échauffements des parties d'un DPDA spécifiés dans le Tableau 9, mesurés dans les conditions indiquées en 9.8.2, ne doivent pas dépasser les valeurs limites indiquées dans le Tableau 9

Le DPDA ne doit pas subir de dommages de nature à affecter ses fonctions et son utilisation en toute sécurité.

Tableau 9 – Valeurs des échauffements

Parties ^{a, b}	Echauffement K
Bornes pour des connexions externes ^c	65
Parties extérieures susceptibles d'être touchées lors d'une manœuvre manuelle du DPDA, y compris les organes de manœuvre en matière isolante et les organes métalliques des moyens de couplage isolés pour le fonctionnement de plusieurs pôles	40
Parties métalliques extérieures des organes de manœuvre	25
Autres parties extérieures, y compris la face du DPDA en contact direct avec la surface de montage	60
^a Il n'est pas spécifié de valeur pour les contacts, dans la mesure où la conception de la plupart des DPDA est telle que la mesure directe de la température de ces parties ne peut pas être effectuée sans risquer de provoquer des altérations ou le déplacement de parties susceptibles d'affecter la reproductibilité des essais. L'essai de fiabilité (voir 9.19) est considéré suffisant pour la vérification indirecte du comportement des contacts vis-à-vis des échauffements non admissibles en service.	
^b Il n'est pas spécifié de valeur pour les parties autres que celles indiquées dans le tableau, mais les parties adjacentes en matière isolante ne doivent pas subir de dommages et le fonctionnement du DPDA ne doit pas être affecté.	
^c Pour les DPDA du type enfichable, les bornes de la base sur laquelle les DPDA sont installés.	

Lorsqu'un DPDA est raccordé (voir 4.1.1), intégré (voir 4.1.2) ou assemblé (voir 4.1.3) à un ou plusieurs dispositif(s) de protection déclaré(s) associé(s) dont les conditions normales d'échauffement sont plus strictes que celles mentionnées dans le Tableau 9, les conditions normales de fonctionnement en service et d'installation de la norme la plus stricte relative au dispositif de protection doivent s'appliquer (IEC 60898, IEC 61008, IEC 61009, IEC 62423).

8.5.2 Température de l'air ambiant

Les limites d'échauffement indiquées dans le Tableau 9 sont seulement applicables si la température de l'air ambiant demeure entre les limites indiquées dans le Tableau 6.

8.6 Caractéristiques de fonctionnement

8.6.1 Caractéristiques de fonctionnement du dispositif de protection

Les DPDA classés selon 4.1.2 doivent satisfaire aux caractéristiques de fonctionnement de la norme pertinente du dispositif de protection auquel ils sont intégrés (IEC 60898-1, IEC 61008-1, IEC 61009-1 ou IEC 62423, selon le cas).

La conformité est vérifiée en menant à bien tous les essais pertinents de la norme applicable spécifiée.

Les DPDA classés selon 4.1.3 doivent satisfaire aux caractéristiques de fonctionnement de la norme pertinente du dispositif de protection avec lequel ils sont assemblés (IEC 60898, IEC 61008-1, IEC 61009-1 ou IEC 62423, selon le cas).

La conformité est vérifiée en menant à bien tous les essais pertinents de la norme applicable spécifiée et de l'Annexe D.

8.6.2 Caractéristiques de fonctionnement

8.6.2.1 Généralités

Les caractéristiques de fonctionnement des DPDA doivent satisfaire aux exigences suivantes.

La conformité des paragraphes suivants est vérifiée par les essais mentionnés dans 9.9.

8.6.2.2 Fonctionnement en cas de défaut d'arc en série

Le fonctionnement des DPDA en cas de présence d'un courant de défaut d'arc doit respecter la durée de coupure indiquée dans le Tableau 1 ou 2, selon le cas.

La conformité est vérifiée par les essais mentionnés en 9.9.2.

8.6.2.3 Fonctionnement en cas de défaut d'arc parallèle

Le fonctionnement des DPDA en cas de défaut d'arc parallèle doit respecter le nombre de demi-cycles d'arc dans le Tableau 3.

La conformité est vérifiée par les essais mentionnés en 9.9.3.

8.7 Endurance mécanique et électrique

Les DPDA doivent être capables d'effectuer un nombre spécifié d'opérations mécaniques et électriques appropriées.

La conformité est vérifiée par l'essai mentionné en 9.10, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.8 Tenue aux courants de courts-circuits

Les DPDA doivent pouvoir effectuer un nombre spécifié d'opérations en court-circuit, pendant lesquelles ils ne doivent ni mettre en danger l'opérateur ni engendrer un amorçage entre les parties conductrices sous tension ou entre ces dernières et la terre.

La conformité est vérifiée par les essais mentionnés en 9.11, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.9 Tenue aux contraintes mécaniques

Les DPDA doivent avoir une résistance mécanique appropriée pour supporter les contraintes qui leur sont imposées pendant l'installation et l'utilisation.

La conformité est vérifiée par l'essai mentionné en 9.12, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.10 Résistance à la chaleur

Les DPDA doivent être suffisamment résistants à la chaleur.

La conformité est vérifiée par l'essai mentionné en 9.13, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.11 Résistance à la chaleur anormale et au feu

Les parties extérieures des DPDA en matériau isolant ne doivent pas être susceptibles de s'enflammer et de propager le feu si des parties transportant le courant, dans des conditions de défaut ou de surcharge, atteignent à leur voisinage une température élevée. La résistance à la chaleur anormale et au feu des autres parties en matière isolante est considérée vérifiée par les autres essais de la présente norme.

La conformité est vérifiée par l'essai mentionné en 9.14, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.12 Comportement des DPDA en cas de surintensité dans le circuit principal

Les DPDA doivent remplir les conditions spécifiées de surintensité.

La conformité est vérifiée par l'essai mentionné en 9.17, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.13 Comportement des DPDA en cas d'ondes de courant produites par des ondes de tension

Les DPDA doivent supporter de façon appropriée les ondes de courant à la terre dues à la charge des capacités de l'installation et les ondes de courant dues à des amorçages dans l'installation.

La conformité est vérifiée par les essais mentionnés en 9.18, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.14 Fiabilité

Les DPDA doivent encore fonctionner de façon sûre, même après un long service, compte tenu du vieillissement de leurs composants.

La conformité est vérifiée par les essais mentionnés en 9.19 et 9.20, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.15 Compatibilité électromagnétique (CEM)

Les DPDA doivent satisfaire aux exigences CEM appropriées.

La conformité est vérifiée par les essais mentionnés en 9.21, conformément à la procédure d'essai indiquée en 9.1.1.

8.16 Essai d'aveuglement pour un fonctionnement correct en présence de divers appareils connectés au côté aval

Les DPDA ne doivent pas être aveuglés et doivent pouvoir continuer à détecter le défaut d'arc si divers appareils sont connectés au côté aval.

La conformité est vérifiée par les essais mentionnés en 9.9.4.

8.17 Performances du module PDA

Un DPDA doit être doté d'une fonction d'essai à actionnement manuel ou automatique, ou les deux, qui contrôle le circuit de détection d'arc.

La fonction d'essai automatique doit être exécutée à chaque démarrage et à intervalles ne dépassant pas au moins une fois par jour.

Pendant les essais automatiques, il n'est pas nécessaire d'ouvrir les contacts en exécutant l'essai.

NOTE 1 Les parties mécaniques du mécanisme sont vérifiées au moyen des essais d'endurance. Les contacts sont vérifiés par le biais des essais de court-circuit. Pour cette raison, ces parties sont supposées être très fiables et ne doivent pas faire l'objet d'un essai périodique.

En cas d'essai manuel, le dispositif doit se déclencher.

NOTE 2 Des exigences supplémentaires et la procédure d'essai pour tester les performances manuellement ou automatiquement sont à l'étude.

En cas de détection d'un dysfonctionnement au cours des essais automatiques, le DPDA doit se déclencher et indiquer le résultat.

Les DPDA dotés d'une fonction DDR ont besoin d'un dispositif d'essai, conformément à la norme de produit pertinente.

Le conducteur de protection de l'installation ne doit pas être mis sous tension (le courant de contact et/ou de la tension de contact doit être limitée en-dessous des niveaux dangereux selon la série de normes IEC 60364 et IEC 60479) pendant l'essai de fonctionnement.

A des fins de vérification, le constructeur doit fournir la documentation nécessaire pour le circuit de la fonction d'essai.

8.18 Performances en cas de perte partielle des raccordements à l'alimentation

Les DPDA tripolaires et quadripolaires doivent également se comporter comme exigé en cas de défaut d'arc en série, en parallèle et à la terre lorsqu'ils sont connectés comme suit:

- pour un DPDA tripolaire, avec deux phases seulement;
- pour un DPDA quadripolaire: avec trois phases sans neutre, avec deux phases seulement, et une phase et neutre.

La conformité est vérifiée par les essais de 9.23.

9 Procédure d'essai

9.1 Généralités

9.1.1 Procédure d'essai générale pour les différents types de DPDA

Les DPDA classés selon 4.1.1 doivent être connectés en série avec le(s) dispositif(s) de protection déclaré(s) qui satisfont à l'IEC 60898-1 ou l'IEC 61009-1 ou l'IEC 62423 ou l'IEC 60269, pour les essais mentionnés en 9.11.2.5,

Pour les DPDA destinés à être raccordés à plusieurs dispositifs de protection, la procédure d'essai est appliquée avec les valeurs les plus élevées de I^2t et I crête des dispositifs de protection, déclarées par le constructeur.

Le(s) dispositif(s) de protection déclaré(s) doivent satisfaire aux essais de:

- l'IEC 60898-1 pour les disjoncteurs;
- l'IEC 61009-1 ou l'IEC 62423 pour les DD;
- la série IEC 60269 pour les fusibles

selon le cas.

Les DPDA classés selon 4.1.2 doivent dans un premier temps être soumis à essai conformément à l'IEC 60898-1, l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou l'IEC 62423, selon le cas.

Une fois les essais mentionnés dans l'IEC 60898-1, la IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou l'IEC 62423 exécutés, les essais supplémentaires indiqués dans la présente norme doivent être appliqués afin de démontrer la conformité à cette norme.

Si les essais inclus dans cette norme sont également présents dans l'IEC 60898-1, l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou l'IEC 62423, les essais les plus stricts parmi toutes les normes applicables doivent être appliqués une seule fois, mais les critères d'acceptation combinent les critères d'acceptation de toutes les normes applicables.

Les DPDA classés selon 4.1.3 doivent dans un premier temps être assemblés, tel que déclaré par le constructeur, au(x) dispositif(s) de protection déclaré(s) (conformément aux instructions des constructeurs) qui satisfait/satisfont à l'IEC 60898-1, l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou l'IEC 62423, selon le cas.

La procédure d'essai indiquée dans la présente norme ainsi que les exigences supplémentaires et l'essai mentionné dans l'Annexe D doivent ensuite s'appliquer.

En ce qui concerne les DPDA destinés à être assemblés à plusieurs dispositifs de protection, la procédure d'essai doit être répétée pour chaque dispositif de protection déclaré par le constructeur ou les essais les plus stricts parmi toutes les normes applicables doivent être appliqués une seule fois, mais les critères d'acceptation combinent les critères d'acceptation de toutes les normes applicables.

L'Annexe A fournit la séquence d'essais et le nombre d'échantillons nécessaire pour mettre les DPDA à l'essai.

9.1.2 Les caractéristiques des DPDA se vérifient par les essais de type

La liste des essais de type spécifiés par la présente norme est indiquée dans le Tableau 10:

Tableau 10 – Liste des essais de type

Essai	Paragraphe
– Indélébilité du marquage	9.3 ^a
– Sûreté des vis, partie transportant le courant et connexions	9.4 ^a
– Sûreté des bornes pour conducteurs externes	9.5 ^a
– Protection contre les chocs électriques	9.6 ^a
– Propriétés diélectriques	9.7 ^a
– Echauffement	9.8
– Caractéristique de fonctionnement	9.9
– Endurance mécanique et électrique	9.10 ^a
– Comportement en conditions de court-circuit	9.11
– Tenue aux contraintes mécaniques	9.12 ^a
– Résistance à la chaleur	9.13 ^a
– Résistance à la chaleur anormale et au feu	9.14 ^a
– Vérification des mécanismes à déclenchement libre	9.15
– Essai de résistance à la rouille	9.16
– Vérification de la valeur limite du courant de non-fonctionnement en cas de surintensité	9.17
– Comportement en cas d'ondes de courant produites par des ondes de tension	9.18
– Vérification de la fiabilité	9.19
– Vérification du vieillissement des composants électroniques	9.20
– Compatibilité électromagnétique	9.21
– Vérification de la protection en raison d'une surtension due à une rupture de neutre dans un système triphasé	9.22
– Vérification du comportement en cas de perte partielle des raccordements à l'alimentation	9.23
^a Pour les DPDA classés selon 4.1.2, ces essais sont déjà couverts par les essais, conformément à la norme pertinente pour les DDR ou les disjoncteurs et n'ont pas besoin d'être répétés.	

9.1.3 Exécution des essais de type selon une séquence d'essais, en vue d'une certification

NOTE Le terme "certification" recouvre:

- une déclaration de conformité du constructeur;
- ou la certification par tierce partie, par exemple par un organisme certificateur indépendant.

La séquence d'essais et le nombre d'échantillons à soumettre à ces essais sont indiqués dans l'Annexe A.

Sauf spécification contraire, chaque séquence d'essais est réalisée sur un nouveau DPDA. Les grandeurs d'influence ont leurs valeurs de référence normales (voir le Tableau 6).

9.1.4 Exécution des essais individuels de série par le constructeur sur chaque dispositif

Les essais individuels de série des DPDA sont indiqués dans l'Annexe E.

L'essai individuel de série des caractéristiques de fonctionnement des dispositifs de protection déclarés pour les DPDA classés selon 4.1.2 et 4.1.3 doit être appliqué

conformément aux normes relatives aux dispositifs de protection déclarés, à savoir l'IEC 60898-1, l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou l'IEC 62423, selon le cas.

9.2 Conditions d'essai

Le DPDA est monté individuellement, selon les instructions du constructeur et à l'air libre, à une température ambiante comprise entre 20°C et 25 °C, sauf spécification contraire et est protégé contre un réchauffement ou un refroidissement externe excessif.

Les DPDA conçus pour être installés dans des enveloppes individuelles sont soumis à essai dans la plus petite des enveloppes spécifiées par le constructeur.

NOTE 1 Une enveloppe individuelle est une enveloppe conçue pour ne recevoir qu'un seul appareil.

Sauf spécification contraire, en raison de la présence du dispositif de protection déclaré, le DPDA est équipé du câble approprié ayant les sections spécifiées au Tableau 11 et fixé sur un panneau de contre-plaqué, peint en noir mat, d'au moins 20 mm d'épaisseur, le mode de fixation doit être conforme aux exigences de montage recommandées par le constructeur.

**Tableau 11 – Conducteurs d'essais en cuivre
correspondant aux courants assignés**

Courant assigné I_n A	$I_n \leq 6$	$6 < I_n \leq 13$	$13 < I_n \leq 20$	$20 < I_n \leq 25$	$25 < I_n \leq 32$	$32 < I_n \leq 50$	$50 < I_n \leq 63$
S mm ²	1	1,5	2,5	4	6	10	16

NOTE 2 Pour les conducteurs AWG, voir l'Annexe IC.

En l'absence de spécifications sur les tolérances, les essais de type sont effectués à des valeurs au moins aussi sévères que celles spécifiées dans la présente norme. Sauf spécification contraire, les essais sont effectués à la fréquence assignée ± 5 %.

Pendant les essais, l'entretien et le démontage des échantillons ne sont pas autorisés.

Pour les essais mentionnés en 9.8, 9.9, 9.19.3 et 9.20, le DPDA est connecté comme suit:

- les connexions sont exécutées au moyen de câbles à âme massive en cuivre, isolés au PVC;
- les connexions sont à l'air libre et leur écartement n'est pas inférieur à la distance entre les bornes;
- la longueur minimale de chaque connexion provisoire de borne à borne est de:
 - 1 m pour les sections ≤ 10 mm²;
 - 2 m pour les sections > 10 mm².

Les couples de serrage à appliquer aux vis des bornes sont égaux aux deux tiers de ceux qui sont spécifiés dans le Tableau 12.

Dans le cas des DPDA à opération manuelle dépendante, une vitesse de manœuvre de 0,1 m/s ± 25 % doit être utilisée pendant la mise en œuvre des essais mentionnés en 9.10 et 9.11. Cette vitesse est mesurée aux extrémités quand et où l'organe de manœuvre de l'appareil d'essai touche l'organe de manœuvre du DPDA en essai. Pour les manettes rotatives, leur vitesse angulaire doit essentiellement correspondre aux conditions ci-dessus, appliquées à la vitesse (mesurée à ses extrémités) de l'organe de manœuvre du DPDA soumis à essai.

9.3 Essai de l'indélébilité du marquage

L'essai est effectué en frottant le marquage à la main pendant 15 s avec un chiffon de coton imbibé d'eau, puis pendant 15 s avec un chiffon de coton imbibé d'hexane aliphatique (avec une teneur maximale en carbures aromatiques de 0,1 % en volume, un indice de kauributanol de 29, une température initiale d'ébullition d'environ 65 °C, une température de point sec d'environ 69 °C et une masse spécifique de 0,68 g/cm³).

Le marquage par empreinte, moulage ou gravure, n'est pas soumis à cet essai.

Après cet essai, le marquage doit être facilement lisible. Après la totalité des essais de la présente norme, le marquage doit aussi être facilement lisible.

Les étiquettes ne doivent pas pouvoir être facilement enlevées, ni se recroqueviller.

9.4 Essai de la sûreté des vis, des parties transportant le courant et des connexions

La conformité aux exigences de 8.1.4 est vérifiée par inspection et, pour les vis et écrous manœuvrés lors du montage et de la connexion du DPDA, par l'essai suivant.

Les vis ou les écrous sont serrés et desserrés:

- 10 fois pour les vis avec engagement dans un filetage en matériau isolant;
- 5 fois dans tous les autres cas.

Les vis ou écrous avec engagement dans un filetage en matériau isolant sont complètement retirés et réinsérés à chaque fois.

L'essai est effectué au moyen d'un tournevis d'essai ou d'une clef appropriée, en appliquant le couple indiqué dans le Tableau 12.

Les vis ou écrous doivent être serrés par un mouvement régulier et continu.

L'essai est effectué uniquement avec des conducteurs rigides ayant les sections les plus élevées spécifiées au Tableau 8, massifs ou câblés, selon le cas le plus défavorable. Le conducteur est déplacé chaque fois que la vis ou l'écrou est desserré(e).

Tableau 12 – Diamètres des filetages et couples à appliquer

Diamètre nominal du filetage mm		Couple Nm		
Supérieur à	Jusqu'à inclusivement	I	II	III
–	2,8	0,2	0,4	0,4
2,8	3,0	0,25	0,5	0,5
3,0	3,2	0,3	0,6	0,6
3,2	3,6	0,4	0,8	0,8
3,6	4,1	0,7	1,2	1,2
4,1	4,7	0,8	1,8	1,8
4,7	5,3	0,8	2,0	2,0
5,3	6,0	1,2	2,5	3,0
6,0	8,0	2,5	3,5	6,0
8,0	10,0	–	4,0	10,0

La colonne I s'applique non seulement aux vis sans tête si la vis, lorsqu'elle est serrée, ne dépasse pas du trou, mais également aux autres vis qui ne peuvent pas être serrées au moyen d'un tournevis ayant une lame plus large que le diamètre de la vis.

La colonne II s'applique aux autres vis qui sont serrées au moyen d'un tournevis.

La colonne III s'applique aux vis et aux écrous serrés par d'autres moyens qu'un tournevis.

Si une vis a une tête hexagonale munie d'une fente pour le serrage par un tournevis et si les valeurs des colonnes II et III sont différentes, l'essai est effectué deux fois, d'abord en appliquant à la tête hexagonale le couple défini à la colonne III, puis sur un autre échantillon, en appliquant, au moyen d'un tournevis, le couple défini à la colonne II. Si les valeurs des colonnes II et III sont identiques, seul l'essai avec le tournevis est effectué.

Pendant l'essai, les connexions vissées ne doivent pas prendre de jeu et il ne doit être constaté aucun dommage, tel que bris de vis ou détérioration des fentes de la tête, du filetage, des rondelles ou des étriers, susceptible de nuire à l'usage ultérieur du DPDA.

De plus, les enveloppes et les capots ne doivent pas être endommagés.

9.5 Essai de la sûreté des bornes pour conducteurs externes

9.5.1 Les bornes sont munies de conducteurs en cuivre de même type (massifs, câblés ou souples) des sections les plus petites et les plus grandes spécifiées dans le Tableau 8.

Les bornes doivent être compatibles avec tous les types de conducteurs: rigides (massifs ou câblés) et souples, sauf spécification contraire du fabricant.

Les bornes doivent être soumises à essai avec la section minimale et maximale de chaque type de conducteurs, sur les nouvelles bornes, comme suit:

- Les essais pour conducteurs massifs doivent utiliser des conducteurs de section 1 mm² à 6 mm², selon le cas;
- Les essais pour conducteurs câblés doivent utiliser des conducteurs de section 1,5 mm² à 25 mm², selon le cas;
- Les essais pour conducteurs souples doivent utiliser des conducteurs de section 1 mm² à 16 mm², selon le cas.

Le conducteur est inséré dans une nouvelle borne à la distance minimale prescrite ou si aucune distance n'est prescrite, jusqu'à ce qu'il apparaisse sur la face opposée de la borne et dans la position la plus susceptible de favoriser l'échappement du brin.

Les vis de serrage sont alors serrées avec un couple égal aux deux tiers de celui indiqué dans la colonne appropriée du Tableau 12.

Chaque conducteur est alors soumis à une traction de la valeur, en Newton, indiquée au Tableau 13, en fonction de la section correspondante du conducteur soumis à essai.

La traction est appliquée sans à-coups, pendant 1 min. dans la direction de l'axe de l'espace du conducteur.

Si nécessaire, les valeurs d'essai, pour les différentes sections de la force de traction concernée, doivent être clairement indiquées dans le rapport d'essai.

Tableau 13 – Forces de traction

Section du conducteur inséré dans la borne mm ²	De 1 à 4 inclus	Plus de 4 et jusqu'à 6 inclus	Plus de 6 et jusqu'à 10 inclus	Plus de 10 et jusqu'à 16 inclus	Plus de 16 et jusqu'à 50 inclus
Traction N	50	60	80	90	100

Pendant l'essai, le conducteur ne doit pas bouger de façon appréciable dans la borne.

9.5.2 Les bornes sont munies de conducteurs en cuivre, de la plus petite et de la plus grande section spécifiées dans le Tableau 8, massifs ou câblés, selon le cas le plus défavorable. Les vis des bornes sont serrées, à un couple égal aux deux tiers de celui indiqué dans la colonne appropriée du Tableau 12.

Les vis des bornes sont alors desserrées et la partie du conducteur pouvant avoir été affectée par la borne est examinée.

Les conducteurs ne doivent pas montrer de dommages majeurs ni de brins sectionnés.

NOTE Les conducteurs sont considérés comme endommagés de manière excessive s'ils présentent des empreintes profondes ou tranchantes.

Pendant l'essai, les bornes ne doivent pas se desserrer et aucun dommage tel qu'un bris de vis ou une détérioration des fentes de la tête, du filetage, des rondelles ou des étriers, qui nuirait à l'usage ultérieur de la borne, ne doit être détecté.

9.5.3 Les bornes sont munies de la plus grande section indiquée au Tableau 8 pour le conducteur en cuivre câblé et/ou souple.

Avant l'insertion dans la borne, les brins du conducteur sont convenablement remis en forme.

Le conducteur est introduit dans la borne jusqu'à ce qu'il atteigne le fond de la borne ou jusqu'à ce qu'il apparaisse sur la face opposée de la borne, dans la position la plus susceptible de permettre l'échappement d'un brin (ou de brins). Les vis ou écrous de serrage sont alors serré(s) à un couple égal aux deux tiers de celui indiqué dans la colonne appropriée du Tableau 12.

Après l'essai, aucun brin du conducteur ne doit s'être échappé du dispositif de retenue.

9.6 Vérification de la protection contre les chocs électriques

Cette exigence est applicable aux parties des DPDA accessibles par l'opérateur quand ils sont montés comme en usage normal.

L'essai est effectué avec le doigt d'essai normalisé de la Figure 3, sur le DPDA monté comme en usage normal (voir la note en 8.3) et équipé de conducteurs de la plus petite et de la plus grande section qui peuvent être connectés au DPDA.

Le doigt d'essai normalisé doit être conçu de sorte que chacune des sections puisse être tournée selon un angle de 90° par rapport à l'axe du doigt dans une même direction seulement.

Le doigt d'essai normalisé est appliqué dans toutes les positions possibles d'un doigt réel, un indicateur de contact électrique étant utilisé pour montrer un contact avec des parties actives.

Il est recommandé d'utiliser une lampe pour l'indication d'un contact, la tension étant d'au moins 40 V. Le doigt d'essai normalisé ne doit pas toucher de parties actives.

Les DPDA avec enveloppes ou couvercles en matériau thermoplastique sont soumis à essai additionnel suivant, effectué à une température ambiante de $35\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, les DPDA étant à cette température.

Les DPDA sont soumis pendant 1 min à une force de 75 N, appliquée par l'intermédiaire de l'extrémité d'un doigt d'essai rigide, de mêmes dimensions que le doigt d'essai normalisé. Ce doigt est appliqué à tous les endroits où un excès de souplesse du matériau isolant pourrait compromettre la sécurité du DPDA. Il n'est pas appliqué aux parois minces défonçables.

Pendant cet essai, les enveloppes ou couvercles ne doivent pas se déformer à un degré tel que des parties sous tension puissent être touchées avec le doigt d'essai rigide.

Les DPDA ouverts, ayant des parties non prévues pour être couvertes par une enveloppe, sont soumis à cet essai avec un panneau frontal métallique et montés comme en usage normal.

9.7 Essai des propriétés diélectriques

9.7.1 Généralités

Les DPDA doivent être soumis à essai conformément aux paragraphes suivants.

9.7.2 Résistance à l'humidité

9.7.2.1 Préparation du DPDA pour essai

Les parties du DPDA qui peuvent être enlevées sans l'aide d'un outil sont déposées et soumises au traitement d'humidité avec la partie principale, les couvercles faisant ressort sont ouverts pendant ce traitement.

Les orifices d'entrée éventuels sont laissés ouverts. Si des parties défonçables sont prévues, l'une d'elles est ouverte.

9.7.2.2 Conditions d'essai

Le traitement d'humidité est effectué dans une chambre humide contenant de l'air à une humidité relative de $93\% \pm 5\%$.

La température de l'air dans lequel l'échantillon est placé est maintenue à $\pm 2\text{ °C}$ près de toute valeur quelconque convenable T comprise entre 20 °C et 30 °C .

Avant d'être placé dans l'enceinte humide, l'échantillon est amené à une température comprise entre la température $T\text{ °C}$ et $T\text{ °C} + 4\text{ °C}$.

9.7.2.3 Procédure d'essai

L'échantillon est maintenu dans l'enceinte pendant 48 h.

NOTE 1 L'obtention d'une humidité relative comprise entre 91 % et 95 % consiste par exemple à placer dans l'enceinte humide une solution saturée de sulfate de sodium (Na_2SO_4) ou de nitrate de potassium (KNO_3) dans l'eau, présentant une surface de contact avec l'air suffisamment grande.

Pour obtenir les conditions spécifiées à l'intérieur de l'enceinte, il est recommandé d'assurer la circulation permanente de l'air dans l'enceinte et d'employer une enceinte thermiquement isolée.

9.7.2.4 Etat du DPDA après l'essai

Après ce traitement, l'échantillon ne doit pas présenter de dommage au sens de la présente norme et doit supporter les essais mentionnés en 9.7.3, 9.7.4, 9.7.5, 9.7.6 et 9.7.7.2 (selon le cas).

9.7.3 Résistance d'isolement du circuit principal

Le DPDA traité comme spécifié en 9.7.2 est ensuite retiré de l'enceinte humide.

Après un intervalle compris entre 30 min et 60 min suivant ce traitement, la résistance d'isolement est mesurée 5 s après avoir appliqué une tension continue d'environ 500 V, dans l'ordre successif suivant:

- a) le DPDA étant en position d'ouverture, successivement entre chaque paire des bornes électriquement reliées ensemble lorsque le DPDA est en position de fermeture;
- b) le DPDA étant en position de fermeture, successivement entre chaque pôle et les autres pôles reliés entre eux, les composants électroniques connectés entre les voies de courant étant déconnectés pour l'essai;
- c) le DPDA étant en position de fermeture, entre toutes les bornes reliées entre elles et la masse, y compris une feuille métallique ou une partie en contact avec la surface extérieure du logement en matériau isolant mais avec les surfaces des bornes gardées complètement libres afin d'éviter un amorçage entre les bornes et la feuille métallique;
- d) entre les parties métalliques du mécanisme et la masse;

NOTE L'accès aux parties métalliques du mécanisme peut être effectué de façon spécifique pour cette mesure.

- e) pour les DPDA comportant une enveloppe métallique avec un revêtement intérieur en matériau isolant, entre la masse et une feuille métallique en contact avec la surface intérieure du revêtement en matériau isolant, y compris les manchons et les dispositifs analogues.

Les mesures a), b), et c) sont effectuées après avoir connecté tous les circuits auxiliaires à la masse.

Le terme "masse" comprend:

- toutes les parties métalliques accessibles et une feuille de métal en contact avec les surfaces en matière isolante accessibles après installation dans les conditions normales d'emploi;
- la surface sur laquelle la base du DPDA est montée, revêtue si nécessaire, d'une feuille métallique;
- les vis et autres dispositifs pour la fixation de la base sur son support;
- les vis de fixation des capots qui doivent être retirées pour le montage du DPDA;
- les parties métalliques des organes de manœuvre mentionnées en 8.3.

Si le DPDA est muni d'une borne destinée à l'interconnexion des conducteurs de protection, cette borne est reliée à la masse.

Pour les mesures selon b), c), d) et e), la feuille métallique est appliquée de manière que le composé éventuel soit effectivement soumis à essai.

La résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à:

- 2 M Ω pour les mesures selon a) et b);
- 5 M Ω pour les autres mesures.

9.7.4 Rigidité diélectrique du circuit principal

Une fois que le DPDA a réussi les essais dans 9.7.3, la tension d'essai spécifiée est appliquée pendant 1 min entre les parties indiquées en 9.7.3, les composants électroniques, s'il y a lieu, étant déconnectés pour l'essai.

La tension d'essai doit avoir une forme d'onde pratiquement sinusoïdale et une fréquence comprise entre 45 Hz et 65 Hz.

La source de la tension d'essai doit pouvoir fournir un courant de court-circuit d'au moins 0,2 A.

Aucun déclencheur à maximum de courant ne doit fonctionner lorsque le courant dans le circuit de sortie est inférieur à 100 mA.

Les valeurs de la tension d'essai doivent être la suivante:

- 2 000 V pour a) à d) en 9.7.3;
- 2 500 V pour e) en 9.7.3.

Une tension ne dépassant pas la moitié de la valeur prescrite est tout d'abord appliquée, puis élevée en moins de 5 s à la pleine valeur.

Il ne doit pas se produire de contournement, ni de perforation pendant l'essai.

Il n'est pas tenu compte des décharges lumineuses qui ne sont pas accompagnées d'une chute de tension.

9.7.5 Résistance d'isolement et rigidité diélectrique des circuits auxiliaires

- a) Les mesures de résistance d'isolement et les essais de rigidité diélectrique pour les circuits auxiliaires sont effectués immédiatement après la mesure des essais de la résistance d'isolement et de rigidité diélectrique du circuit principal, dans les conditions données en b) et c) ci-après.

Si en service normal, des composants électroniques sont connectés au circuit principal, les connexions temporaires doivent être faites pour les essais de façon que, pendant les essais, aucune tension n'apparaisse entre les entrées et les sorties de ces composants.

- b) Les mesures de résistance d'isolement sont effectuées:

- entre les circuits auxiliaires connectés ensemble et la masse;
- entre chaque partie du circuit auxiliaire pouvant être isolée des autres parties en service normal et le reste des autres parties connectées ensemble;

à une tension continue de 500 V CC environ, après que la tension a été appliquée pendant 1 min.

La résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à 2 MΩ.

- c) Une tension sensiblement sinusoïdale, à la fréquence assignée, est appliquée pendant 1 min entre les parties indiquées en b).

Les valeurs de tension à utiliser sont indiquées au Tableau 14.

Tableau 14 – Tensions d'essais pour circuits auxiliaires

Tension assignée des circuits auxiliaires (alternative ou continue) V		Tension d'essai V
Supérieure à	Jusqu'à inclusivement	
0	30	600
30	50	1 000
50	110	1 500
110	250	2 000
250	500	2 500

Au début de l'essai, la tension ne doit pas dépasser la moitié de la valeur spécifiée. Elle est ensuite augmentée de façon continue jusqu'à sa pleine valeur en un temps qui n'est pas inférieur à 5 s ni supérieur à 20 s.

Pendant l'essai, aucune perforation ni contournement ne doit apparaître.

NOTE 1 Les décharges qui ne correspondent pas à une chute de tension ne sont pas notées.

NOTE 2 Dans le cas de DPDA où le circuit auxiliaire n'est pas accessible pour la vérification des exigences données en b), les essais sont faits sur des échantillons spécialement préparés par le constructeur ou selon ses instructions.

NOTE 3 Les circuits auxiliaires ne comprennent pas les circuits de commande des DPDA dépendant fonctionnellement de la tension d'alimentation.

NOTE 4 Les circuits de commande autres que ceux du circuit secondaire des transformateurs de détection et des circuits de commande connectés au circuit principal sont soumis aux mêmes essais que les circuits auxiliaires.

9.7.6 Tenue des circuits de commande connectés au circuit principal vis-à-vis des tensions continues élevées pendant les mesures d'isolement

L'essai est effectué sur un DPDA fixé sur un support métallique, en position fermée, tous les circuits de commande étant connectés comme en service.

Une source à tension continue ayant les caractéristiques suivantes est utilisée:

– tension à vide: $600 \text{ V }^{+25}_{0} \text{ V}$;

NOTE Cette valeur est provisoire.

– taux d'ondulation maximal: 5 %;

où: ondulation = $100 \times [(valeur\ maximale - valeur\ moyenne) / valeur\ moyenne]$

– courant de court-circuit: $12 \text{ mA }^{+2}_{0} \text{ mA}$.

Cette tension d'essai est appliquée pendant 1 min successivement entre chaque pôle et les autres pôles connectés ensemble à la masse.

Après ce traitement, le fonctionnement du DPDA est vérifié en répétant l'essai mentionné en 9.9.2.4 avec le courant le plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas.

9.7.7 Vérification de la tenue aux tensions de choc (à travers les distances d'isolement et l'isolation solide) et des courants de fuite entre les contacts ouverts

9.7.7.1 Procédure d'essai général de la tenue aux essais de tensions de choc

Les ondes de choc sont délivrées par un générateur produisant des ondes de choc positives et négatives ayant un temps de montée de 1,2 μ s et un temps à mi-hauteur de 50 μ s, les tolérances étant les suivantes:

± 5 % pour la valeur crête;

± 30 % pour le temps de montée;

± 20 % pour le temps de mi-hauteur.

Pour chaque essai, cinq impulsions positives et cinq impulsions négatives sont appliquées. L'intervalle entre les ondes consécutives doit être d'au moins 1 s pour les ondes de même polarité et doit être d'au moins 10 s pour les ondes de polarité différente.

Lorsque l'essai de tension de choc est effectué sur un DPDA complet, l'atténuation ou l'amplification de la tension d'essai doit être prise en compte. Il faut s'assurer que la valeur requise de la tension d'essai est appliquée aux bornes de l'équipement mis à essai.

L'impédance de l'appareil d'essai ne doit pas avoir une valeur nominale supérieure à 500 Ω .

NOTE 1 Dans 9.7.7.2, pour la vérification des distances d'isolement de l'isolation principale sur un DPDA complet, l'IEC 60664-1 et IEC 60664-2-1 recommandent d'utiliser un générateur avec une très faible impédance. A cet effet, un générateur hybride avec une impédance virtuelle de 2 Ω est approprié si les composants internes ne sont pas déconnectés avant l'essai. L'IEC 60664-1 et IEC/TR 60664-2-1 recommandent de mesurer la tension d'essai correcte directement à la distance d'isolement. La forme des impulsions est réglée avec le DPDA mis à essai connecté à l'appareil générateur d'impulsions. A cet effet, des diviseurs de tension et des capteurs de tension appropriés peuvent être utilisés. Il est recommandé de déconnecter les limiteurs de surtension avant de procéder aux essais.

Pour les DPDA avec parafoudre incorporé qui ne peut pas être déconnecté, il est recommandé d'ajuster la forme des impulsions sans connexion du DPDA au générateur d'impulsions.

De petites oscillations dans les impulsions sont admises, pourvu que leur amplitude au voisinage de la crête de l'impulsion ne dépasse pas 5 % de la valeur de crête.

Pour les oscillations sur la première moitié du front, des amplitudes ne dépassant pas 10 % de la valeur de crête sont admises.

Aucune décharge disruptive (amorçage, contournement ou perforation) ne doit apparaître pendant l'essai.

NOTE 2 Un oscilloscope peut être utilisé pour observer la tension de choc afin de détecter les décharges disruptives.

9.7.7.2 Vérification des distances d'isolement avec la tenue aux tensions de choc

Si la mesure des distances d'isolement aux points 2 et 4 du Tableau 7 et les dispositifs donnés en 9.7.3 b), c), d) et e) montrent une réduction de la longueur requise, le présent essai s'applique. Cet essai est effectué immédiatement après la mesure de la résistance d'isolement en 9.7.5.

NOTE La mesure des distances d'isolement peut être remplacée par cet essai.

L'essai est effectué sur un DPDA en position fermée, fixé sur un support métallique.

Les valeurs de la tension d'essai de choc doivent être choisies dans le Tableau 15, en accord avec la tension assignée de tenue aux chocs du DPDA donnée dans le Tableau 4. Ces valeurs sont corrigées selon la pression barométrique et/ou l'altitude à laquelle les essais sont effectués selon le Tableau 15.

Une première série d'essais est effectuée en appliquant l'onde de tension entre:

- le(s) pôle(s) de phase et le pôle ou chemin du neutre connectés entre eux;
- et le support métallique raccordé à la ou aux bornes destinées au conducteur de protection, s'il y a lieu.

Une deuxième série d'essais est effectuée en appliquant l'onde de tension entre:

- le(s) pôle(s) de phase, connectés entre eux;
- et le pôle ou chemin du neutre du DPDA, selon le cas.

Une troisième série d'essais est effectuée en appliquant l'onde de tension entre les dispositifs donnés en 9.7.3 b), c), d) et e) et non soumis à essai au cours des deux premières séquences décrites ci-dessus.

Il ne doit y avoir aucune décharge disruptive. Si toutefois une seule décharge disruptive se produit, dix impulsions supplémentaires, de même polarité que celle ayant provoqué l'occurrence de la décharge, sont appliquées, les connexions étant celles avec lesquelles le défaut s'est produit.

Aucune autre décharge disruptive ne doit apparaître.

Tableau 15 – Tension d'essai pour la vérification de la tenue aux tensions de choc

Tension assignée de tenue aux chocs U_{imp} kV	Tensions d'essais en fonction de l'altitude $U_{1,2/50}$ c.a. crête kV				
	Niveau de la mer	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
2,5	2,9	2,8	2,8	2,7	2,5
4	4,9	4,8	4,7	4,4	4,0

9.7.7.3 Vérification des courants de fuite entre les contacts ouverts (aptitude au sectionnement)

NOTE Cette vérification ne s'applique pas aux DPDA classés selon 4.1.2 (car ce serait redondant) et 4.1.3 (voir l'Annexe D).

Chaque pôle du DPDA en position d'ouverture est alimenté par une tension équivalente à 1,1 fois sa tension d'emploi assignée.

Le courant de fuite entre les contacts ouverts est mesuré après les essais mentionnés en 9.10 et 9.11 et ne doit pas dépasser 2 mA.

9.7.7.4 Vérification de la résistance de l'isolation des contacts ouverts et de l'isolation principale à une onde de surtension en usage normal

9.7.7.4.1 Généralités

Ces essais ne sont pas précédés par le traitement à l'humidité décrit dans 9.7.2.

Les essais mentionnés en 9.7.7.4, comme indiqués dans les exigences indiquées en 8.2.3, doivent être effectués avant 9.7.2 sur 3 échantillons de la séquence d'essai B de l'Annexe A.

Les valeurs de la tension d'essai de choc doivent être choisies dans le Tableau 16, en accord avec la tension assignée de l'installation pour laquelle le DPDA est destiné à être utilisé, comme indiqué dans le Tableau 4. Ces valeurs sont corrigées selon la pression barométrique et/ou l'altitude à laquelle les essais sont effectués, conformément au Tableau 16.

Tableau 16 – Tension d'essai en fonction de la tension de choc assignée du DPDA et de l'altitude où est effectué l'essai, pour la vérification de l'aptitude au sectionnement

Tension nominale de l'installation V	Tensions d'essais en fonction de l'altitude				
	Crête c.a. $U_{1,2/50}$ kV				
Système monophasé avec point milieu à la terre	Niveau de la mer	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
avec point milieu à la terre 120/240 ^a	3,5	3,5	3,4	3,2	3,0
Système monophasé 120/240 240 ^b	6,2	6,0	5,8	5,6	5,0
Systèmes triphasés 230/400	6,2	6,0	5,8	5,6	5,0
^a Pour les habitudes d'installation au Japon.					
^b Pour les habitudes d'installation dans les pays d'Amérique du Nord.					

9.7.7.4.2 DPDA en position d'ouverture

L'essai est effectué sur un DPDA fixé sur un support métallique comme en usage normal.

Les impulsions sont appliquées entre:

- les bornes d'alimentation raccordées entre elles;
- et les bornes de sortie raccordées entre elles, les contacts étant en position ouverte.

Aucune décharge disruptive ne doit apparaître pendant l'essai.

9.7.7.4.3 DPDA en position de fermeture

9.7.7.4.3.1 Essai de tenue aux tensions de choc

La série d'essais est effectuée sur un DPDA fixé sur un support métallique, connecté comme en usage normal et en position fermée.

Tous les composants reliant l'isolation principale doivent être déconnectés.

Une première série d'essais est effectuée en appliquant les impulsions entre:

- le(s) pôle(s) de phase et le pôle ou chemin du neutre connectés entre eux; et
- le support métallique raccordé à la ou aux borne(s) destinée(s) au conducteur de protection, s'il y a lieu.

Une deuxième série d'essais est effectuée en appliquant les impulsions entre:

- le(s) pôle(s) de phase, connectés entre eux; et
- le pôle ou chemin du neutre du DPDA.

Il ne doit y avoir aucune décharge disruptive. Si toutefois une seule décharge disruptive se produit, dix impulsions supplémentaires, de même polarité que celle ayant provoqué

l'occurrence de la décharge, sont appliquées, les connexions étant celles avec lesquelles le défaut s'est produit.

Aucune autre décharge disruptive ne doit apparaître.

9.7.7.5 Vérification du comportement des composants reliant l'isolation principale

Il est nécessaire de s'assurer que les composants, reliant l'isolation principale et ayant été déconnectés pendant l'essai de tension de choc pour tester l'isolation principale, ne gênent pas le comportement ou la sécurité de l'isolation principale du DPDA pendant l'usage normal.

Un nouvel échantillon de DPDA est mis à essai afin de vérifier que les composants reliant l'isolation principale ne réduisent pas la sécurité à l'égard de surtensions temporaires de courte durée.

La tension d'essai possède une fréquence de 50/60 Hz. Conformément à l'IEC 60364-4-44:2007, Tableau 44.A2 et à l'IEC 60664-1:2007, la valeur efficace de la tension d'essai pour l'isolation principale est $1\,200\text{ V} + U_n$ où U_n est la valeur de tension nominale entre la ligne et le neutre.

NOTE 1 A titre d'exemple, pour un DPDA avec une tension assignée $U_n = 250\text{ V}$, la valeur de la tension d'essai (courant alternatif) pour l'isolation principale est $1\,200\text{ V} + 250\text{ V}$, donc la valeur efficace de la tension d'essai est $1\,450\text{ V}$.

La tension est appliquée pendant 5 s entre:

- le(s) pôle(s) de phase et le pôle ou chemin du neutre connectés entre eux; et
- le support métallique raccordé à la ou aux bornes destinées au conducteur de protection, s'il y a lieu.

Le DPDA est ensuite inspecté visuellement. Il convient qu'aucun élément reliant l'isolation principale ne montre d'altération visible.

NOTE 2 Il est admis de remplacer un fusible avant de connecter le DPDA au secteur. Si un fusible assurant la protection d'un parafoudre a sauté, il est admis de remplacer également le parafoudre.

Ensuite, le DPDA est raccordé au secteur, conformément aux instructions du fabricant. Le fonctionnement de le DPDA est vérifié au moyen de l'essai mentionné en 9.9.2.4 avec le courant le plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas.

Cet essai ne s'applique pas aux dispositifs avec neutre solide.

9.8 Essai d'échauffement

9.8.1 Température de l'air ambiant

La température de l'air ambiant doit être mesurée pendant le dernier quart de la période d'essai au moyen d'au moins deux thermomètres ou couples thermoélectriques disposés symétriquement autour du DPDA, à environ la moitié de sa hauteur et à une distance d'environ 1 m du DPDA.

Les thermomètres ou couples thermoélectriques doivent être protégés contre les courants d'air et les rayonnements de chaleur.

Il convient de veiller à éviter les erreurs dues aux variations brusques de température.

9.8.2 Procédure d'essai

Un courant égal à I_n , à une tension assignée, circule simultanément par tous les pôles du DPDA pendant une durée suffisante pour atteindre l'état d'équilibre thermique. Dans la

pratique, cette condition est atteinte lorsque la variation de l'échauffement ne dépasse pas 1 K/h.

Pour un DPDA quadripolaire, l'essai est d'abord effectué en faisant passer le courant spécifié par les trois pôles de phase seulement.

L'essai est ensuite répété en faisant passer le courant à travers le pôle prévu pour la connexion du neutre et le pôle adjacent au neutre.

Pendant ces essais, l'échauffement ne doit pas dépasser les valeurs indiquées dans le Tableau 9.

9.8.3 Mesure de la température des parties

La température des différentes parties spécifiées au Tableau 9 doit être mesurée au moyen de couples thermoélectriques à fils fins ou par des moyens équivalents, placés le plus près possible du point le plus chaud.

Une bonne conductivité thermique entre le couple thermoélectrique et la surface de la partie en essai doit être assurée.

9.8.4 Echauffement d'un organe

L'échauffement d'un organe est la différence entre la température de cet organe, mesurée conformément à 9.8.3, et la température de l'air ambiant, mesurée conformément à 9.8.1.

9.9 Vérification de la caractéristique de fonctionnement

9.9.1 Généralités

Le DPDA est installé comme en usage normal.

Le circuit d'essai doit avoir une inductance négligeable.

Pour un DPDA ayant plus d'une tension assignée (par ex. 120 V et 240 V), les essais doivent être effectués à la tension la plus basse et à la tension la plus élevée.

Pour un DPDA ayant plus d'une fréquence assignée, les essais doivent être effectués à chaque fréquence assignée.

Pour les essais de 9.9.2.2 à 9.9.2.5, l'échantillon de câble doit être remplacé après chaque mesure.

9.9.2 Essais de défaut d'arc en série

9.9.2.1 Généralités

Un DPDA représentatif doit éliminer le défaut de production d'arc électrique dans le délai spécifié dans le Tableau 1 ou 2 pour le niveau de courant d'arc mis à essai. Les DPDA doivent être mis à essai à leur courant assigné.

Le DPDA étant alimenté par toutes les phases, les essais doivent être effectués, s'il y a lieu, entre une phase choisie au hasard et le neutre, et entre deux phases choisies au hasard.

Les essais doivent être menés à bien en connectant un échantillon de câble (préparé conformément à 9.9.2.6) en série avec le DPDA, conformément à la Figure 4 pour les essais de 9.9.2.2 à 9.9.2.5 et conformément à la Figure 38 pour les essais 9.9.2.8 et 9.9.2.9.

L'ajustement des courants d'essai sans production d'arc, dans la ligne où l'échantillon de câble est placé, est obtenu par application de la tension entre ligne et neutre réduite de 50 V pour tenir compte de la valeur de la tension d'arc pendant l'essai. Pour un DPDA tripolaire, le point milieu des résistances dans la Figure 38 doit être connecté directement au neutre. Pour les essais de 9.9.2.2, et seulement au courant assigné, l'ajustement du courant d'essai dans l'échantillon de câble sans production d'arc est obtenu par application de la tension assignée.

Le temps de fonctionnement mesuré à chaque niveau de courant d'arc ne doit pas être supérieur au délai spécifié dans le Tableau 1 ou 2.

9.9.2.2 Vérification du fonctionnement correct en cas de défaut d'arc en série dans un circuit déjà chargé

Les interrupteurs d'essai S1, S3 et S4 et le DPDA étant en position de fermeture, et le courant d'essai étant stabilisé, le courant d'arc d'essai est ajusté, de la valeur de courant d'arc la plus faible au courant assigné du DPDA, par la charge résistive. L'interrupteur d'essai S2 est ensuite ouvert.

L'interrupteur d'essai S4 est soudainement ouvert pour insérer l'échantillon de câble préparé en série avec la charge. Le temps de fonctionnement est mesuré trois fois. Aucune mesure ne doit dépasser la valeur limite spécifiée dans le Tableau 1 ou 2, selon le cas.

9.9.2.3 Vérification du fonctionnement correct en cas de charge avec un défaut d'arc en série

Les interrupteurs d'essai S3 et S4 étant en position d'ouverture, et les interrupteurs d'essai S1, et le DPDA étant en position d'ouverture, le courant d'arc d'essai est ajusté par la charge résistive associée à la valeur de courant d'arc la plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas. L'interrupteur d'essai S2 est ensuite ouvert.

L'interrupteur d'essai S1 et le DPDA étant en position de fermeture, et les interrupteurs d'essai S4 et S3 étant en position d'ouverture, l'interrupteur d'essai S3 est soudainement fermé afin de fournir à la charge un défaut d'arc en série.

Le temps de fonctionnement est mesuré trois fois. Aucune mesure ne doit dépasser la valeur limite spécifiée dans le Tableau 1 ou 2, selon le cas.

L'essai est ensuite répété pour la valeur de courant assigné du DPDA.

9.9.2.4 Vérification du fonctionnement correct en cas d'apparition soudaine d'un défaut d'arc en série dans le circuit

Les interrupteurs d'essai S1, S3 et le DPDA étant en position de fermeture, le courant d'arc d'essai est ajusté par la charge résistive associée à la valeur de courant d'arc la plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas. L'interrupteur d'essai S2 est ouvert suite à l'ouverture de l'interrupteur d'essai S1.

Les interrupteurs d'essai S1 et S4 étant en position d'ouverture, l'interrupteur d'essai S1 est soudainement fermé afin de fournir au DPDA et à la charge un défaut d'arc en série.

Le temps de fonctionnement est mesuré trois fois. Aucune mesure ne doit dépasser la valeur limite spécifiée dans le Tableau 1 ou 2, selon le cas.

L'essai est ensuite répété pour la valeur de courant assigné du DPDA.

9.9.2.5 Essai aux températures limites

Le DPDA doit effectuer les essais de 9.9.2.2 successivement dans les conditions suivantes:

- température ambiante: -5°C , uniquement pour la valeur la plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas et avec une tension égale à 0,85 fois la tension assignée ;
- température ambiante: 40° , le DPDA ayant été précédemment chargé avec le courant assigné, jusqu'à ce qu'il atteigne les conditions thermiques de régime permanent, uniquement pour la valeur du courant assigné du DPDA et avec une tension égale à 1,1 fois la tension assignée. Une fois le régime permanent atteint, les essais de déclenchement doivent être exécutés. Pour les essais de déclenchement, le passage du courant assigné peut être interrompu, à condition que la durée totale d'interruption ne dépasse pas 30 s. Dès que la somme des durées d'interruption dépasse 30 s, le DPDA doit être à nouveau chargé avec le courant assigné pendant 5 min avant la mesure du temps déclenchement suivante.

9.9.2.6 Préparation des échantillons de câbles

Deux conducteurs avec une section de $1,5\text{ mm}^2$ (ou AWG 16), étroitement liés (par ex. avec du ruban adhésif ou équivalent), doivent être préparés comme suit (voir la Figure 36).

Un câble doté de conducteurs parallèles doit être utilisé pour cet essai. Il convient qu'un des câbles suivants soit utilisé pour mettre le DPDA à l'essai étant donné qu'ils fournissent des résultats similaires.

NOTE Si ces câbles ne peuvent pas être trouvés dans un pays, une évaluation des résultats obtenus avec les câbles nationaux doit être effectuée.

- Le câble flexible en PVC classé IEC 60227 IEC41, selon l'IEC 60227-1, Annexe A, doté de deux conducteurs, approprié pour cet essai.
 - L'échantillon de câble peut aussi être préparé avec deux conducteurs flexibles en PVC uniques, IEC classés IEC 60227 IEC02, maintenus avec un ruban isolant en PVC.
 - Les câbles SPT2 et H05VV-F dotés de deux conducteurs sont particulièrement bien adaptés à cet essai. Un câble quelconque doté de conducteurs flexibles uniques H05V, maintenus avec un ruban isolant en PVC, peut aussi être utilisé pour l'essai.
- a) Le matériau et la géométrie de l'échantillon doivent être appropriés à une carbonisation suffisante entre les conducteurs et au démarrage de la production d'arc en appliquant la tension assignée.
 - b) Les échantillons de câbles doivent être coupés à une longueur minimale de 200 mm (ou 8 pouces) et les fils individuels séparés à chaque extrémité des échantillons de câbles sur 25 mm (ou 1 pouce).
 - c) L'isolation des deux fils doit être découpée sur 50 mm (ou 2 pouces), à une extrémité, à une profondeur suffisante pour exposer les conducteurs sans endommager les brins.
 - d) Une découpe ou incision, perpendiculaire à l'axe des échantillons de câbles, doit être faite dans l'isolation du câble environ à la moitié de la longueur du câble pour exposer les conducteurs sans endommager les brins.
 - e) Les conducteurs doivent être dénudés à une extrémité, à environ 12 mm (ou 0,5 in), pour la connexion aux circuits d'essai.

Les échantillons de câbles doivent ensuite être conditionnés pour créer une voie conductrice carbonisée dans l'isolation, entre les deux conducteurs de câbles:

- f) L'échantillon de câble doit être connecté à un circuit fournissant un courant de court-circuit de 30 mA et une tension à circuit ouvert d'au moins 7 kV. Le circuit doit être alimenté pendant environ 10 s ou jusqu'à ce que la fumée s'arrête.
- g) L'échantillon de câble doit être connecté à un circuit fournissant un courant de court-circuit de 300 mA à une tension d'au moins 2 kV ou suffisante pour provoquer la circulation du courant. Le circuit doit être alimenté pendant environ une minute ou jusqu'à ce que la fumée s'arrête.

La voie carbonisée doit être considérée complète si une lampe à incandescence de 100 W/120 V commence à briller à 120 V ou une résistance, ayant une valeur de résistance équivalente (avec une lampe à incandescence de 100 W/120 V) en série avec la voie, absorbe 0,3 A à 120 V ou une lampe à incandescence de 100 W/230 V commence à briller à

230 V ou une résistance, ayant une valeur de résistance équivalente (avec une lampe à incandescence de 100 W/230 V).

On doit pouvoir modifier le circuit d'essai de sorte que le courant ne circule pas par le dispositif à l'essai pendant le cycle de conditionnement haute tension.

9.9.2.7 Générateur d'arc

Un générateur d'arc est un appareil qui comprend une électrode fixe et une électrode mobile, tel qu'indiqué sur la Figure 5.

NOTE La valeur a de la Figure 5 n'est pas très importante. Elle peut être d'environ $17 \text{ mm} \pm 7,5 \text{ mm}$ ($0,7 \text{ in} \pm 0,3 \text{ in}$).

Une électrode doit se composer d'une tige en charbon graphité de $6 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ de diamètre et l'autre électrode doit être une tige en cuivre. L'extrémité de l'arc d'une ou des deux électrode(s) peut être orientée comme indiqué sur la Figure 5.

Il peut être nécessaire de nettoyer et aiguïser les tiges afin d'avoir des conditions d'arc reproductibles.

Après insertion dans un circuit, la séparation des deux dispositifs à une distance appropriée doit générer un arc constant entre les deux électrodes.

Lors de l'utilisation du générateur d'arc, le DPDA doit éliminer le défaut de production d'arc électrique en moins de 2,5 fois le temps de fonctionnement dans le Tableau 1 ou 2.

9.9.2.8 Vérification du fonctionnement correct en cas d'arc dans un système triphasé avec une charge déséquilibrée

Cet essai est applicable seulement à un DPDA quadripolaire.

L'essai de détection doit être effectué pour chaque pôle et le neutre séparément. Quelle que soit la valeur du courant assigné, le courant dans les trois phases doit être ajusté à 2,5 A, 5 A et au courant assigné (voir Figure 38), conformément à 9.9.2.1. L'essai d'arc doit être effectué sur chaque phase à son tour, au courant précédemment ajusté.

La procédure d'essai doit être conforme à 9.9.2.2.

9.9.2.9 Vérification du fonctionnement correct en cas d'arc dans un système triphasé avec une charge équilibrée

Cet essai est applicable à un DPDA tripolaire et à un DPDA quadripolaire.

L'essai de détection doit être effectué pour chaque pôle, excepté le neutre. Le courant de charge dans chaque phase doit être ajusté à la valeur de courant d'arc la plus faible et au courant assigné du DPDA (voir Figure 38), conformément à 9.9.2.1.

La procédure d'essai doit être appliquée conformément à 9.9.2.2.

9.9.3 Essais de défaut d'arc en parallèle

9.9.3.1 Vérification du fonctionnement correct en cas d'arc parallèle avec courant limité

Un DPDA doit éliminer le défaut de production d'arc électrique si le nombre de demi-cycles de production d'arc électrique mentionné dans le Tableau 3 est constaté dans un délai de 0,5 s. Pour les besoins de ces exigences, un demi-cycle de production d'arc électrique se compose de toutes les traces de courant détectées dans un délai de 10 ms pour un dispositif ayant une

fréquence assignée de 50 Hz et 8,3 ms pour un dispositif dont la fréquence assignée est de 60 Hz. Au cours de cette période, un passage de courant peut être détecté, mais pas en permanence.

Avant et après chaque période de passage de courant, une période sans courant ou avec un courant très réduit peut avoir lieu. Le courant très réduit est considéré comme un courant dont l'amplitude est inférieure à 5 % du courant disponible ou un courant qui persiste au maximum pendant 5 % de la durée du demi-cycle. Ces conditions peuvent durer pendant une partie d'un demi-cycle ou plusieurs demi-cycles. Un demi-cycle sinusoïdal complet de passage de courant n'est pas considéré comme un demi-cycle de production d'arc électrique.

Les essais doivent être réalisés aux niveaux de courant de défaut de 75 A et 100 A.

Le DPDA étant alimenté par toutes les phases, les essais doivent être effectués entre une phase choisie au hasard et le neutre (le cas échéant), et entre deux phases choisies au hasard, s'il y a lieu.

L'essai est exécuté conformément à la Figure 6.

L'échantillon de câble est préparé de la même façon qu'en 9.9.2.6.

Le courant d'essai est ajusté à 75 A avec l'impédance de ligne Z dans le circuit et les interrupteurs d'essai S1, S2, S3 et S4 en position de fermeture. Les interrupteurs S2, S3 et S4 sont ensuite ouverts. Le DPDA et l'interrupteur d'essai S1 sont fermés. L'interrupteur d'essai S3 est soudainement fermé.

Le DPDA doit s'ouvrir, conformément au Tableau 3.

L'essai est ensuite répété avec un courant ajusté à 100 A, avec l'impédance Z . Le DPDA doit s'ouvrir conformément au Tableau 3.

Le DPDA doit éliminer le défaut de production d'arc électrique si le nombre de demi-cycles de production d'arc électrique mentionné dans le Tableau 3 est constaté dans un délai de 0,5 s. Il est considéré que le délai de 0,5 s commence avec le premier demi-cycle de production d'arc électrique.

L'essai doit être répété avec un nouvel échantillon de câble si la durée de production d'arc électrique est plus courte que celle nécessaire pour le nombre de demi-cycles mentionné dans le Tableau 3 et si le DPDA ne se déclenche pas.

9.9.3.2 Vérification du fonctionnement correct en cas d'arc parallèle et d'essai de coupure de câble

L'essai est exécuté conformément à la Figure 7.

L'appareil d'essai T pour l'essai de coupure de câble doit être conforme à la Figure 8 ou équivalent.

Les essais doivent être effectués entre une phase choisie au hasard et le neutre (le cas échéant), et entre deux phases choisies au hasard, s'il y a lieu.

La lame en acier doit être de 1,2 mm d'épaisseur (nominale) pour un DPDA de tension 120 V ou de 3 mm d'épaisseur (nominale) pour un DPDA de 230 V avec des dimensions approximatives de 32 mm par 140 mm. La lame peut être remplacée, si nécessaire. La lame peut être aiguisée, après accord de toutes les personnes concernées. Elle doit être fixée à un levier afin de maintenir un angle de coupe et de produire l'effet escompté. En cas d'utilisation de l'appareil d'essai représenté sur la Figure 8 ou d'un équivalent, la lame doit être

positionnée de façon à obtenir un contact ferme avec un conducteur et un contact pour la production d'arc électrique avec le second conducteur.

Les échantillons de conducteurs à mettre à l'essai doivent comprendre deux conducteurs utilisés dans le pays, étroitement liés (par ex. avec du ruban adhésif), avec une section, conformément au Tableau 11. Les échantillons doivent mesurer au maximum 1,2 m de long et être positionnés en dessous de la lame, comme indiqué sur la Figure 8.

NOTE Les câbles SPT2 et H05VV-F sont particulièrement bien adaptés à cet essai.

Les essais doivent être menés à bien avec la tension assignée du DPDA et le courant d'arc d'essai mentionné dans le Tableau 3. Le courant d'arc d'essai doit être ajusté avec l'impédance Z et les interrupteurs d'essai S1, S2, S3 et S4 en position de fermeture. Le DPDA doit être mis à essai avec trois échantillons de fils à chaque niveau de courant. Chaque échantillon de fil doit uniquement être utilisé pour un essai.

Le bord coupant du levier (longueur du bord de la lame à mettre en contact avec les conducteurs représentatifs) doit se trouver à n'importe quel endroit le long du bord coupant de la lame. Les interrupteurs d'essai S1 et S3 étant en position de fermeture, une force directe, verticale, lente et constante doit être appliquée sur le levier de façon à permettre à la lame de couper l'isolation de l'échantillon du conducteur soumis à essai. La lame doit entrer fermement en contact avec un conducteur, puis établir un point de contact avec l'autre conducteur.

Le DPDA doit éliminer le défaut de production d'arc électrique si le nombre de demi-cycles de production d'arc électrique mentionné dans le Tableau 3 est constaté dans un délai de 0,5 s.

L'essai doit être répété avec un nouvel échantillon de câble si la durée de production d'arc électrique est plus courte que celle nécessaire pour le nombre de demi-cycles mentionné dans le Tableau 3 et si le DPDA ne se déclenche pas.

9.9.3.3 Vérification du fonctionnement correct en cas de défaut d'arc à la terre

L'essai mentionné en 9.9.3.1 est répété à 5 A et 75 A, mais de façon à produire un arc vers la terre.

La condition des essais est décrite à la Figure 9.

Le DPDA doit s'ouvrir conformément au Tableau 1 ou 2 pour 5 A et conformément au Tableau 3 pour 75 A.

Le DPDA doit éliminer le défaut de production d'arc électrique si le nombre de demi-cycles de production d'arc électrique mentionné dans le Tableau 3 est constaté dans un délai de 0,5 s. Il est considéré que le délai de 0,5 s commence avec le premier demi-cycle de production d'arc électrique.

L'essai doit être répété avec un nouvel échantillon de câble si la durée de production d'arc électrique est plus courte que celle nécessaire pour le nombre de demi-cycles mentionné dans le Tableau 3 et si le DPDA ne se déclenche pas.

9.9.4 Vérification du fonctionnement correct en cas d'essai de aveuglement

9.9.4.1 Généralités

Le fonctionnement correct du DPDA doit être vérifié dans différentes configurations d'inhibition. Ces essais d'inhibition sont menés à bien d'après la méthode d'essai spécifiée en 9.9.2.1. Soit un générateur d'arc ou un échantillon de câble carbonisé peut être utilisé pour produire un défaut d'arc, tel qu'indiqué par le constructeur.

Le DPDA étant alimenté par toutes les phases, les essais doivent être effectués entre une phase choisie au hasard et le neutre (le cas échéant), et entre deux phases choisies au hasard, s'il y a lieu.

9.9.4.2 Essai d'aveuglement avec charges d'inhibition

Cet essai s'applique à un DPDA unipolaire à deux voies de courant et à un DPDA bipolaire.

Une première série d'essais sans charge d'inhibition est exécutée. Le DPDA et le générateur d'arc ou échantillon de câble sont connectés au circuit, conformément à la Figure 10, avec le courant limité par une charge résistive. Le courant est ajusté avec la charge résistive de la Figure 10. S1 est ouvert.

La tension d'essai doit être la tension assignée du DPDA. Chaque DPDA doit être mis à essai trois fois à 2,5 A pour un DPDA avec une tension assignée de 230 V et 5 A pour un DPDA avec une tension assignée de 120 V.

Une seconde série d'essais est ensuite appliquée avec des charges d'inhibition, en utilisant la même charge résistive. Le DPDA, la charge résistive, le cas échéant, et le dispositif d'essai de défaut d'arc sont connectés dans chaque configuration représentée sur la Figure 11.

Le DPDA doit être mis à essai avec chacune des charges d'inhibition suivantes:

- a) Un aspirateur, de 5 A à 7 A pour un DPDA avec une tension assignée de 230 V et de 10 A à 14 A pour un DPDA avec une tension assignée de 120 V, à pleine charge, avec un moteur universel qui doit être démarré et doit fonctionner;
- b) Une alimentation à découpage électronique (ou des alimentations), avec un courant de charge total d'au moins 2,5 A pour un DPDA avec une tension assignée de 230 V et 5 A pour un DPDA avec une tension assignée de 120 V, avec une taux de distorsion harmonique totale (THD) minimale de 100 % et un courant harmonique minimal individuel de 75 % au 3ème, 50 % au 5ème et 25 % au 7ème. L'alimentation (ou les alimentations) doit être mise sous tension;

NOTE 1 Le THD peut être calculé avec la formule de l'IEC 61000-3-2:2014, 3.14.2, pour la distorsion harmonique totale

$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{40} \left(\frac{I_h}{I_1} \right)^2}$$

- c) Un moteur avec condensateur de démarrage (de type à compresseur d'air), avec un courant d'appel de pointe de 130 A ± 10 % pour un DPDA avec une tension assignée de 120 V, doit être démarré sous charge (compresseur fonctionnant sans pression d'air dans le réservoir d'air) et doit fonctionner. Pour un DPDA avec une tension assignée de 230 V, un moteur de 2,2 kW avec condensateur de démarrage (de type à compresseur d'air) doit être utilisé;
- d) Pour un DPDA avec une tension assignée de 120 V, un dispositif électronique de réglage d'intensité de lampe (de type à thyristor) de 1 000 W avec bobine de filtrage contrôlant une charge de tungstène de 1 000 W comprenant quatre ampoules de 150 W et quatre ampoules de 100 W.

Pour un DPDA avec une tension assignée de 230 V, un dispositif électronique de réglage d'intensité de lampe (de type à thyristor) de 600 W avec bobine de filtrage contrôlant une charge de tungstène de 600 W.

NOTE 2 Lorsque des ampoules de tungstène incandescentes ne peuvent être trouvées, une charge résistive de la même puissance peut les remplacer.

Le dispositif de réglage d'intensité doit être mis sous tension préréglé sur un fonctionnement à pleine charge, avec des angles de conduction de 60°, 90° et 120°, au réglage minimal qui provoque l'éclairage des lampes;

- e) Deux lampes fluorescentes de 40 W plus une charge résistive de 5 A;
- f) Des lampes à halogène de 12 V, alimentées par un transformateur électronique avec une puissance totale d'au moins 300 W, et une charge résistive additionnelle de 5 A.
- g) Un outil à main électrique, tel qu'un perceuse, d'au moins 600 W.

Le dispositif d'essai de défaut d'arc de la Figure 11 doit être le générateur d'arc défini en 9.9.2.7 ou un échantillon de câble carbonisé tel que décrit en 9.9.2.6.

Le DPDA doit éliminer le défaut de production d'arc électrique, tel que spécifié dans le Tableau 1 ou 2, en cas d'utilisation d'un échantillon de câble carbonisé, dans un délai égal à 2,5 fois le temps de fonctionnement du Tableau 1 ou 2 en cas d'utilisation du générateur d'arc.

Pour sélectionner le temps de fonctionnement maximal dans le Tableau 1 ou dans le Tableau 2, le courant d'arc d'essai est le courant dans l'échantillon de câble sans production d'arc; il est mesuré par application de la tension assignée avec une réduction de 50 V.

En cas d'application de la configuration A ou C de la Figure 11, cet essai n'est pas nécessaire dans les conditions où le courant de charge de aveuglement, s'il est mesuré avant l'apparition de l'arc dans le circuit, est inférieur à 5 A (valeur efficace) pour un DPDA avec une tension assignée de 120 V et 2,5 A (valeur efficace) pour un DPDA avec une tension assignée de 230 V.

La tension d'essai doit être la tension assignée du DPDA. Chaque DPDA doit être mis à essai trois fois pour chaque configuration de charge.

Pour les première et seconde séries d'essais avec un générateur d'arc, les électrodes doivent dans un premier temps se toucher. Le circuit doit être fermé. Les électrodes doivent ensuite être séparées lentement à l'aide du dispositif d'ajustement latéral jusqu'à l'obtention d'un arc électrique.

9.9.4.3 Essai d'aveuglement avec filtre IEM

Le DPDA doit être installé dans le circuit représenté sur la Figure 11, configuration B. Un essai d'arc doit être introduit avec une charge de 2,5 A pour un DPDA avec une tension assignée de 230 V et 5 A pour un DPDA avec une tension assignée de 120 V.

Le DPDA doit éliminer le défaut de production d'arc électrique, tel que spécifié dans le Tableau 1 ou 2, en cas d'utilisation d'un échantillon de câble carbonisé, dans un délai égal à 2,5 fois le temps de fonctionnement du Tableau 1 ou 2 en cas d'utilisation du générateur d'arc.

NOTE Le type de câbles mentionné dans 9.9.2.6 peut être utilisé pour cet essai d'aveuglement.

- a) Deux filtres IEM de 0,22 μF doivent être installés. Un filtre doit être installé à une extrémité de deux charges résistives d'une longueur de 15 m (ou 50 pieds) et d'une section de 2,5 mm² (ou 12 AWG); le câble doit satisfaire à l'IEC 60228. Chaque filtre d'extrémité doit avoir une longueur d'environ 2,0 m (ou 6 pieds) et une section de 1,5 mm² (ou 16 AWG). La production d'arc électrique doit être initiée conformément à la Figure 12.
- b) Un filtre IEM, tel que représenté sur la Figure 14, doit être installé à une extrémité d'une longueur de 15 m (ou 50 pieds) et d'une section de 2,5 mm² (ou 12 AWG); le câble doit satisfaire à l'IEC 60228. Le filtre doit être installé à une extrémité d'un câble flexible d'une longueur de 2,0 m (ou 6 pieds) et d'une section de 1,5 mm² (ou 16 AWG). Le DPDA et l'arc électrique doivent se trouver à l'endroit indiqué sur la Figure 13.

9.9.4.4 Essai d'aveuglement avec impédance de ligne

Le DPDA doit être installé comme prévu sur un circuit de branchement. Dans chacune des conditions suivantes d'impédance de ligne, le DPDA doit fonctionner conformément au temps de fonctionnement spécifié dans le Tableau 1 ou 2.

Un circuit de branchement comprenant 30 m (ou 100 pieds) de câble armé de 2,5 mm² (ou 12 AWG), avec 2 conducteurs et armure d'acier. Le défaut de production d'arc électrique doit avoir lieu en série, avec une charge de 5 A pour un DPDA avec une tension assignée de 120 V et 2,5 A pour un DPDA avec une tension assignée de 240 V (voir la Figure 15).

9.9.4.5 Essai d'aveuglement avec charges d'inhibition pour DPDA tripolaires et quadripolaires

Une série d'essais est effectuée avec des charges d'inhibition conformément à 9.9.2.9. Le DPDA et le dispositif d'essai de défaut d'arc sont connectés dans le circuit conformément à la Figure 39.

Le DPDA doit être soumis à essai avec chacune des charges d'inhibition suivantes à la tension assignée et la fréquence assignée du DPDA:

- a) un moteur asynchrone triphasé chargé pour consommer $2,5 \text{ A }^{+20}_0 \%$ par pôle de DPDA pour un DPDA ayant une tension assignée de 400 V et $5 \text{ A }^{+20}_0 \%$ par pôle de DPDA pour un DPDA ayant une tension assignée de 230 V;
- b) un variateur de vitesse avec un moteur asynchrone triphasé ajusté de telle façon que la tension appliquée au moteur soit égale à 80 % de la tension assignée du DPDA et que le rapport U_n / f^2 reste constant, U_n étant la tension assignée et f la fréquence assignée.

La consommation du moteur asynchrone doit être ajustée pour consommer $2,5 \text{ A }^{+20}_0 \%$ par pôle de DPDA pour un DPDA ayant une tension assignée de 400 V et $5 \text{ A }^{+20}_0 \%$ par pôle de DPDA pour un DPDA ayant une tension assignée de 230 V.

La fréquence de commutation du variateur de vitesse doit être comprise entre 10 kHz et 12 kHz.

Les systèmes comprenant des variateurs de vitesse, des moteurs et des câblages doivent être confirmés par le fournisseur de l'entraînement pour satisfaire aux exigences concernant la limite des émissions de courant harmoniques comme défini dans l'IEC 61000-3-2 pour les matériels de classe A. Le DPDA doit éliminer le défaut de production d'arc électrique comme spécifié dans le Tableau 1 ou dans le Tableau 2 lors de l'utilisation d'un échantillon de câble carbonisé ou en 2,5 fois le temps de fonctionnement dans le Tableau 1 ou dans le Tableau 2 lors de l'utilisation du générateur d'arc.

9.9.5 Essai de déclenchement indésirable

9.9.5.1 Généralités

Le DPDA doit mener à bien les essais de 9.9.5.2, 9.9.5.3 et 9.9.5.4 afin de s'assurer que le dispositif ne se déclenchera pas lorsqu'il ne convient pas qu'il se déclenche.

Le DPDA étant alimenté par toutes les phases, les essais doivent être effectués entre une phase choisie au hasard et le neutre (le cas échéant), et entre deux phases choisies au hasard, s'il y a lieu.

9.9.5.2 Essai diaphonique

Deux circuits installés aussi près que possible sur le même panneau sont alimentés par la même phase et le même neutre, le cas échéant, tel que représenté sur la Figure 16, un avec un DPDA et un sans DPDA (mais avec une protection contre les surintensités conventionnelle). Les deux circuits sont connectés à une charge résistive qui absorbe un courant égal à 5 A. Pour les DPDA tripolaires et quadripolaires, une charge résistive tripolaire avec 5 A dans chaque phase doit être utilisée.

Un arc est initié avec un générateur d'arc (conformément à 9.9.2.7) ou un échantillon de câble (conformément à 9.9.2.6) dans le circuit sans DPDA, conformément aux conditions d'essais de 9.9.2.2. Les conditions de l'arc doivent être maintenues pendant une durée minimale de 0,5s pour les circuits en 230V et en 400 V ou une durée minimale de 1s pour les circuits en 120V. Le DPDA ne doit pas déclencher.

9.9.5.3 Essai d'éclatement

Cet essai est couvert par celui de 9.21.

9.9.5.4 Essai avec différentes charges perturbatrices pour DPDA unipolaire à deux voies de courant et un DPDA bipolaire

Le DPDA est testé selon 9.9.4.2 mais sans le générateur d'arc de la Figure 10 (S1 est fermé).

Le DPDA sera testé avec chacune des charges suivantes:

- a) Un aspirateur, à 5 A à 7 A pour un DPDA avec une tension assignée de 230 V et à 10 A à 14 A pour un DPDA avec une tension assignée de 120 V, à pleine charge, avec un moteur universel qui doit être démarré et doit fonctionner;
- b) Une alimentation à découpage électronique (ou des alimentations), avec un courant de charge total d'au moins 2,5 A pour un DPDA avec une tension assignée de 230 V et 5 A pour un DPDA avec une tension assignée de 120 V, avec un taux de distorsion harmonique totale (THD) minimale de 100 % et un courant harmonique minimal individuel de 75 % au 3ème, 50 % au 5ème et 25 % au 7ème. L'alimentation (ou les alimentations) doit être mise sous tension;
- c) Un moteur avec condensateur de démarrage (de type à compresseur d'air), avec un courant de pointe d'appel de $65 \text{ A} \pm 10 \%$ pour un DPDA avec une tension assignée de 230 V et $130 \text{ A} \pm 10 \%$ pour un DPDA avec une tension assignée de 120 V, doit être démarré sous charge (compresseur fonctionnant sans pression d'air dans le réservoir d'air) et doit fonctionner. Pour un DPDA avec une tension assignée de 230V, un moteur de 2,2 kW avec condensateur de démarrage (de type à compresseur d'air) doit être utilisé;
- d) Pour un DPDA avec une tension assignée de 120 V, un dispositif électronique de réglage d'intensité de lampe (de type à thyristor) de 1 000 W avec bobine de filtrage contrôlant une charge de tungstène de 1 000 W comprenant quatre ampoules de 150 W et quatre ampoules de 100 W.

Pour un DPDA avec une tension assignée de 230 V, un dispositif électronique de réglage d'intensité de lampe (de type à thyristor) de 600 W avec bobine de filtrage contrôlant une charge de 600 W composée d'ampoules tungstènes.

NOTE Lorsque des ampoules de tungstène incandescentes ne peuvent être trouvées, une charge résistive de la même puissance peut les remplacer.

Le dispositif de réglage d'intensité doit être mis sous tension préréglé sur un fonctionnement à pleine charge, avec des angles de conduction de 60°, 90° et 120, au réglage minimal qui provoque l'éclairage des lampes;

- e) Deux lampes fluorescentes de 40 W plus une charge résistive de 5 A;
- f) Des lampes à halogène de 12 V, alimentées par un transformateur électronique avec une puissance totale d'au moins 300 W, et une charge résistive additionnelle de 5 A.

g) Un outil à main électrique, tel qu'une perceuse, d'au moins 600 W.

L'outil portable g) sera tout d'abord préparé par une mise en service durant 24 h.

Les charges sont alimentées pendant une durée de 5 s au moins. Au minimum 5 opérations de démarrage/arrêt sont effectuées.

Le DPDA ne doit pas déclencher.

9.9.5.5 Essai avec différentes charges perturbatrices pour DPDA tripolaires et quadripolaires

Le DPDA est soumis à essai selon 9.9.4.5 mais sans le dispositif d'essai de défaut d'arc représenté sur la Figure 39.

Le DPDA doit être soumis à essai avec chacune des charges suivantes:

- a) un ventilateur triphasé (à moteur asynchrone) consommant $2,5 \text{ A }^{+20}_0$ % par pôle de DPDA pour un DPDA ayant une tension assignée de 400 V et 5 A ^{+20}_0 % par pôle de DPDA pour un DPDA ayant une tension assignée de 230 V;
- b) un variateur de vitesse avec un ventilateur triphasé (à moteur asynchrone) ajusté de telle façon que la tension appliquée au ventilateur soit égale à 80 % de la tension assignée du DPDA et que le rapport U_n/f^2 reste constant, U_n étant la tension assignée et f la fréquence assignée.

La consommation du ventilateur doit être ajustée pour consommer $2,5 \text{ A }^{+20}_0$ % par pôle de DPDA pour un DPDA ayant une tension assignée de 400 V et 5 A ^{+20}_0 % par pôle de DPDA pour un DPDA ayant une tension assignée de 230 V.

La fréquence de commutation du variateur de vitesse doit être comprise entre 10 kHz et 12 kHz.

Le variateur de vitesse ne doit pas être équipé de filtres CEM optionnels.

Si une rampe d'accélération est utilisée pour atteindre la tension appliquée au ventilateur, elle ne doit pas durer plus de 5 s.

Les charges sont alimentées pendant une durée de 10 s au moins. Cinq manœuvres de démarrage/arrêt doivent être effectuées.

Le DPDA ne doit pas se déclencher.

9.10 Vérification de l'endurance mécanique et électrique

9.10.1 Conditions générales d'essai

Le DPDA est fixé sur un support métallique.

Les DPDA classés selon 4.1.3 doivent être assemblés au dispositif de protection déclaré.

L'essai est effectué avec la tension assignée, le courant étant réglé à la valeur du courant assigné au moyen de résistances et de bobines de réactance en série, connectées aux bornes de sortie.

Si des bobines de réactance sans fer sont utilisées, une résistance absorbant approximativement 0,6 % du courant passant par les bobines de réactance est connectée en parallèle avec chacune d'entre elles.

Si des bobines de réactance avec noyau de fer sont utilisées, les pertes de puissance de ces bobines ne doivent pas avoir d'influence appréciable sur la tension de rétablissement.

Le courant doit avoir une forme pratiquement sinusoïdale et le facteur de puissance doit être compris entre 0,85 et 0,9.

Le DPDA est raccordé au circuit par des conducteurs de dimensions indiquées dans le Tableau 11.

9.10.2 Procédure d'essai

Les DPDA sont soumis à 2 000 cycles de manœuvre, chaque cycle consistant en une manœuvre de fermeture suivie d'une manœuvre d'ouverture.

Le DPDA doit être manœuvré comme en usage normal.

Les manœuvres d'ouverture doivent être effectuées de la façon suivante:

- pour les 1 000 premiers cycles de manœuvre en utilisant l'organe de commande manuelle;
- 500 opérations utilisant le bouton de test, si présent;
- 500 cycles de manœuvre, ou 1 000 en l'absence de dispositif d'essai, en déclenchant le DPDA. Les moyens et conditions de déclenchement seront décidés entre le constructeur et le laboratoire.

De plus, le DPDA est soumis sans charge au moyen de l'organe de manœuvre à

- 2 000 cycles de manœuvre pour les DPDA avec $I_n \leq 25$ A;
- 1 000 cycles de manœuvre pour les DPDA avec $I_n > 25$ A.

La cadence de manœuvre doit être de

- quatre cycles par minute pour les DPDA avec $I_n \leq 25$ A, la durée de fermeture étant de 1,5 s à 2 s;
- deux cycles par minute pour les DPDA avec $I_n > 25$ A, la durée de fermeture étant de 1,5 s à 2 s.

9.10.3 Etat du DPDA après essai

Après les essais de 9.10.2, le DPDA ne doit pas présenter:

- d'usure anormale;
- de dommages à l'enveloppe permettant de toucher des parties actives avec le doigt d'essai normalisé;
- de jeu dans les connexions électriques ou les assemblages mécaniques;
- d'écoulement de la matière de remplissage éventuelle.

Le fonctionnement d est ensuite vérifié en répétant l'essai mentionné en 9.9.2.4 à la valeur la plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas, et à la valeur nominale du DPDA sans mesurer le temps de fonctionnement.

Le DPDA doit alors réussir l'essai de rigidité diélectrique comme spécifié en 9.7.4 pendant 1 min, mais à une tension de 900 V sans traitement préalable à l'humidité.

9.11 Vérification du comportement du DPDA dans les conditions de court-circuit

9.11.1 Généralités

Les DPDA classés selon 4.1.1 doivent être mis à essai conformément à 9.11.2.

Les DPDA classés selon 4.1.2 et 4.1.3 (conformément à l'Annexe D, en fonction du dispositif de protection assemblé) sont mis à essai conformément à l'IEC 60898, l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou à l'IEC 62423, selon le cas.

Le fonctionnement du DPDA est ensuite vérifié en répétant l'essai mentionné en 9.9.2.4 à 1,25 fois le courant le plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas, sans mesurer le temps de fonctionnement.

9.11.2 Essais de courts-circuits pour les DPDA, selon l'Article 4.1.1

9.11.2.1 Généralités

Les différents essais destinés à vérifier le comportement du DPDA, selon 4.1.1, dans des conditions de court-circuit sont présentés dans le Tableau 17.

Tableau 17 – Essais à effectuer pour vérifier le comportement des DPDA dans des conditions de court-circuit

Vérification	Paragraphe
Pouvoir de fermeture et de coupure assigné I_m	9.11.2.3
Pouvoir de fermeture et de coupure sur un pôle I_{m1} et aptitude à l'emploi en systèmes IT	9.11.2.4
Coordination au courant conditionnel de court-circuit assigné I_{nc}	9.11.2.5 a)
Coordination avec le pouvoir de fermeture et de coupure assigné I_m	9.11.2.5 b)
Coordination au courant conditionnel de court-circuit assigné pour un pôle I_{nc1}	9.11.2.5 c)

9.11.2.2 Conditions générales pour l'essai

Les conditions de 9.11.2 sont applicables à tout essai destiné à vérifier le comportement des DPDA dans des conditions de court-circuit.

a) Circuit d'essai

La Figure 19, la Figure 20 et la Figure 21 représentent les schémas des circuits à utiliser pour les essais concernant:

- un DPDA unipolaire à 2 voies de courant;
- un DPDA bipolaire;
- un DPDA tripolaire;
- un DPDA quadripolaire.

La source S alimente un circuit comprenant une impédance Z, le dispositif de protection déclaré, le cas échéant, le DPDA mis à essai (D) et l'impédance additionnelle Z_1 et/ou Z_2 , selon les cas.

Les valeurs des résistances et des bobines d'inductance du circuit d'essai doivent être ajustées pour respecter les conditions spécifiées de l'essai.

Les bobines d'inductance L doivent être de préférence sans fer. Elles doivent toujours être placées en série avec les résistances R et leur valeur doit être obtenue par le couplage en série de réactances élémentaires. Le couplage en parallèle de réactances est envisageable lorsque ces réactances ont pratiquement la même constante de temps.

Etant donné que les caractéristiques de la tension transitoire de rétablissement du circuit d'essai comprenant de grosses bobines d'inductance sans fer de valeur de réactance

élevée ne correspondent pas aux conditions habituelles de service, la bobine d'inductance sans fer de chaque phase doit être shuntée par une résistance R absorbant environ 0,6 % du courant traversant la bobine (voir la Figure 21). Cette résistance peut être omise en accord avec le constructeur.

Dans chaque circuit d'essai, l'impédance Z est insérée entre la source d'alimentation S et le DPDA.

Le dispositif de protection déclaré ou l'impédance équivalente (voir en 9.11.2.3 a) et en 9.11.2.4 a)) est inséré(e) entre l'impédance Z et le DPDA.

L'impédance supplémentaire Z_1 , lorsqu'elle est utilisée, doit être insérée du côté aval du DPDA.

Pour les essais mentionnés en 9.11.2.5 a) et c), le DPDA doit être raccordé à des câbles d'une longueur de 0,75 m par pôle et ayant une section maximale correspondant au courant assigné selon le Tableau 8 de la présente norme.

Il est recommandé que la longueur de câble raccordé du côté alimentation soit de 0,5 m, la longueur de câble raccordé devant être de 0,25 m du côté aval du DPDA.

Le schéma du circuit d'essai doit être mentionné dans le rapport d'essai. Il doit être conforme à la figure appropriée.

Un seul et unique point du circuit d'essai doit être raccordé directement à la terre. Il peut s'agir de la connexion de court-circuit du circuit d'essai ou du point neutre de la source ou tout autre point convenable. La méthode de mise à la terre doit être indiquée dans le rapport d'essai.

Z_2 , correctement étalonnée, est une impédance qui permet d'obtenir un des courants suivants:

- le pouvoir de fermeture et de coupure assigné sur un pôle I_{m1} ;
- le courant de court-circuit conditionnel assigné sur un pôle I_{nc1} .

S_1 est un interrupteur auxiliaire.

Des essais doivent être effectués dans le but de vérifier les valeurs minimales de I^2t et I_p , indiquées dans le Tableau 18, que doit supporter le DPDA. Le dispositif de protection contre les surintensités déclaré doit être utilisé dans le cadre des essais.

Dans le cadre de cet essai, une vérification du dispositif de protection contre les surintensités déclarées (I^2t et I_p) est effectuée avant l'essai, en remplaçant le DPDA par une connexion temporaire d'impédance négligeable.

Les valeurs minimales de la contrainte thermique I^2t et du courant de crête I_p , fondées sur un angle électrique de 45°, sont indiquées dans le Tableau 18.

Sans un accord du constructeur, ces valeurs ne doivent pas être supérieures à 1,1 fois les valeurs données dans le Tableau 18.

Tableau 18 – Valeurs minimales de I^2t et I_p

		I_n A					
et I_{nc1} A		≤ 16	≤ 20	≤ 25	≤ 32	≤ 40	≤ 63
500	I_p (kA)	0,45	0,47	0,5	0,57		
	I^2t (kA ² s)	0,4	0,45	0,53	0,68		
1 000	I_p (kA)	0,65	0,75	0,9	1,18		
	I^2t (kA ² s)	0,50	0,9	1,5	2,7		
1 500	I_p (kA)	1,02	1,1	1,25	1,5	1,9	2,1
	I^2t (kA ² s)	1	1,5	2,4	4,1	9,75	22
3 000	I_p (kA)	1,1	1,2	1,4	1,85	2,35	3,3

	I^2t (kA ² s)	1,2	1,8	2,7	4,5	8,7	22,5
4 500	I_p (kA)	1,15	1,3	1,5	2,05	2,7	3,9
	I^2t (kA ² s)	1,45	2,1	3,1	5,0	9,7	28
6 000	I_p (kA)	1,3	1,4	1,7	2,3	3	4,05
	I^2t (kA ² s)	1,6	2,4	3,7	6,0	11,5	25
10 000	I_p (kA)	1,45	1,8	2,2	2,6	3,4	4,3
	I^2t (kA ² s)	1,9	2,7	4	6,5	12	24

NOTE 1 A la demande du constructeur, des valeurs supérieures I^2t et I_p peuvent être utilisées.

Pour des valeurs intermédiaires des courants d'essai de court-circuit, le courant de court-circuit immédiatement supérieur doit être appliqué.

La vérification des valeurs minimales pour I^2t et I_p n'est pas nécessaire si le constructeur a déclaré des valeurs supérieures aux minima pour le DPDA. Dans ce cas, les valeurs déclarées doivent être vérifiées.

Pour la coordination avec les disjoncteurs, les essais avec cette combinaison sont nécessaires.

Toutes les parties conductrices du DPDA, normalement mises à la terre en service, y compris le support métallique sur lequel le DPDA est monté ou toute enveloppe métallique (voir en 9.11.2.2 f)), doivent être raccordées au point neutre de la source d'alimentation ou à un point neutre artificiel sensiblement non inductif qui permet d'appliquer un courant de défaut présumé d'au moins 100 A.

Cette connexion doit comprendre un fil de cuivre F d'un diamètre de 0,1 mm, d'une longueur minimale de 50 mm, permettant de détecter le courant de défaut et, si nécessaire, une résistance R_2 qui limite la valeur du courant de défaut présumé à environ 100 A.

Les capteurs de tension sont connectés:

- entre les bornes du pôle pour les DPDA unipolaires;
- entre les bornes d'alimentation pour les DPDA multipolaires.

Sauf indication contraire dans le rapport d'essai, la résistance des circuits de mesure doit être au moins de 100 Ω par volt de la tension de rétablissement à fréquence industrielle.

Les DPDA alimentés du côté de l'alimentation avec la tension assignée (ou, s'il y a lieu, la valeur est plus petite valeur de la plage de tensions assignées).

b) Tolérances sur les grandeurs d'essai

Tous les essais concernant la vérification du pouvoir de fermeture et de coupure assigné et de la coordination correcte entre les DPDA et les dispositifs de protection déclarés doivent être effectués avec les valeurs des grandeurs et les facteurs d'influence indiqués par le constructeur, conformément au Tableau 6 de la présente norme, sauf spécification contraire.

Les essais sont considérés comme valables si les grandeurs consignées dans le rapport d'essai se situent dans les limites de tolérance suivantes pour les valeurs spécifiées:

- Intensité: $\begin{matrix} +5 \\ 0 \end{matrix}$ %;
- Fréquence: voir 9.2 de cette norme;
- Facteur de puissance: $\begin{matrix} 0 \\ -0,05 \end{matrix}$;
- Tension: (tension de rétablissement incluse): ± 5 %.

c) Facteur de puissance du circuit d'essai

Le facteur de puissance de chaque phase du circuit d'essai doit être déterminé selon une méthode reconnue devant être mentionnée dans le rapport d'essai.

Deux exemples sont donnés dans l'Annexe IA.

Le facteur de puissance d'un circuit polyphasé est considéré comme étant la valeur moyenne des facteurs de puissance de chaque phase.

Le facteur de puissance doit être comme indiqué dans le Tableau 19.

Tableau 19 – Facteurs de puissance pour les essais de court-circuit

Courant de court-circuit (I_c) A			Facteur de puissance
	$I_c \leq$	500	0,95 à 1,00
	$500 < I_c \leq$	1 500	0,93 à 0,98
	$1 500 < I_c \leq$	3 000	0,85 à 0,90
	$3 000 < I_c \leq$	4 500	0,75 à 0,80
	$4 500 < I_c \leq$	6 000	0,65 à 0,70
	$6 000 < I_c \leq$	10 000	0,45 à 0,50
	$10 000 < I_c \leq$	25 000	0,20 à 0,25

d) Tension de rétablissement à fréquence industrielle

La valeur de la tension de rétablissement à fréquence industrielle doit être égale à une valeur correspondant à 105 % de la tension assignée du DPDA mis à essai.

NOTE 2 La valeur de 105 % de la tension assignée est considérée comme couvrant les effets des variations de la tension du système dans les conditions de service normal. La limite supérieure peut être augmentée après accord du constructeur.

Après chaque extinction de l'arc, la tension de rétablissement à fréquence industrielle doit être maintenue pendant une durée d'au moins 0,1 s.

e) Etalonnage du circuit d'essai

Le DPDA et le dispositif de protection déclaré, le cas échéant, sont remplacés par des connexions provisoires G_1 dont l'impédance est négligeable par rapport à celle du circuit d'essai.

Pour l'essai mentionné en 9.11.2.5 a), les bornes aval du DPDA sont court-circuitées au moyen des connexions G_2 d'impédance négligeable, l'impédance Z est réglée de façon à obtenir, à la tension d'essai, un courant égal au courant conditionnel de court-circuit assigné au facteur de puissance prescrit. Le circuit d'essai est alimenté simultanément sur tous les pôles et la courbe de courant est enregistrée avec le capteur de courant O_1 .

Par ailleurs, pour les essais mentionnés en 9.11.2.3, 9.11.2.4, 9.11.2.5 b) et c), les impédances supplémentaires Z_1 et/ou Z_2 sont utilisées, si nécessaire, pour obtenir les valeurs du courant d'essai requis (I_m , I_{m1} et I_{nc1} respectivement).

f) Etat du DPDA pour essai

Les DPDA doivent être soumis à essai à l'air libre en conformité avec le point f1) du présent paragraphe, sauf s'ils sont conçus seulement pour l'utilisation en enveloppes spécifiées par le constructeur ou sont prévus seulement pour l'utilisation en enveloppes individuelles, auxquels cas ils doivent être soumis à essai selon le point f2) du présent paragraphe ou, avec l'agrément du constructeur, selon le point f1) de ce paragraphe.

NOTE 3 Une enveloppe individuelle est une enveloppe conçue pour ne recevoir qu'un seul appareil.

Le DPDA doit être manœuvré en simulant le plus possible le fonctionnement manuel normal.

1) Essai à l'air libre

Le DPDA à mettre à l'essai est installé comme il est décrit sur la Figure C.1 de l'Annexe C.

La feuille de polyéthylène et la barrière en matériau isolant prescrites dans l'Annexe C sont placées, comme indiqué sur la Figure C.1, pour les manœuvres d'ouverture (O) seulement.

La ou les grilles prescrites en Annexe C doivent être placées de telle sorte que le volume des gaz ionisés émis les traverse. Elles doivent être placées dans les positions les plus défavorables.

NOTE 4 Si l'emplacement des orifices d'échappement n'est pas évident ou s'il n'y a pas d'orifices d'échappement, l'information appropriée est apportée par le constructeur.

Le ou les circuit(s) de grille (voir la Figure C.3 de l'Annexe C) doit(doivent) être connecté(s) aux points B et C, comme l'indiquent les schémas de circuit d'essai de la Figure 19 et de la Figure 20.

La résistance R' doit avoir une valeur de 1,5 Ω . Le fil de cuivre F' (voir la Figure C.3 de l'Annexe C) doit avoir une longueur de 50 mm et un diamètre de 0,12 mm pour les DPDA dont la tension assignée est de 230 V.

NOTE 5 Les valeurs pour les autres tensions sont à l'étude.

Pour les courants de court-circuit inférieurs ou égaux à 1 500 A, la distance "a" doit être de 35 mm.

Pour les courants d'essai plus élevés, jusqu'à I_{nc} , la distance "a" peut être accrue et/ou toutes les barrières ou les moyens d'isolation supplémentaires peuvent être installés selon les déclarations du constructeur. Si "a" est augmentée, elle doit être choisie dans la série 40 mm – 45 mm – 50 mm – 55 mm, etc. et déclarée par le constructeur.

2) Essais en enveloppes

La grille et la barrière en matériau isolant décrites sur la Figure C.1 de l'Annexe C ne sont pas utilisées.

L'essai doit être exécuté avec le DPDA, installé dans l'enveloppe qui a la condition constructive la plus défavorable, placé dans les conditions les plus défavorables.

Cela signifie que si d'autres DPDA (ou autres appareillages) sont normalement installés dans la ou les direction(s) où les grilles seraient placées, il convient qu'ils y soient installés. Ces DPDA (ou autres appareillages) sont alimentés comme en usage normal, mais à travers F' et R', comme défini au point f1) de ce paragraphe et connectés comme décrit sur les Figures 19 et 20.

En accord avec les instructions du constructeur, des barrières, d'autres moyens ou des distances d'isolement appropriées peuvent être nécessaires pour empêcher les gaz ionisés d'affecter l'installation.

La feuille de polyéthylène décrite à l'Annexe C est placée comme le montre la Figure C.1, à une distance de 10 mm de l'organe de manœuvre, pour les opérations "O" seulement.

g) Séquence des manœuvres

La procédure d'essai consiste en une séquence de manœuvres.

Les symboles suivants sont utilisés pour définir la séquence de manœuvres:

- O représente une manœuvre d'ouverture, le court-circuit étant établi par l'interrupteur T, avec le DPDA et le dispositif de protection déclaré éventuel dans la position de fermeture;

CO représente une manœuvre de fermeture du DPDA, l'interrupteur T et le DPCC, s'il y a lieu, étant en position fermée, suivie par une ouverture automatique (dans le cas d'un DPCC, voir en 9.11.2.4) ou par ouverture manuelle;

t représente l'intervalle de temps entre deux manœuvres successives en court-circuit. Ce dernier doit être de 3 min ou d'une durée plus longue qui peut être requise pour le réarmement ou le remplacement du DPCC, s'il y a lieu.

h) Comportement du DPDA pendant les essais

Pendant les essais, le DPDA ne doit pas mettre l'opérateur en danger.

De plus, il ne doit se produire ni arc permanent, ni contournement entre les pôles et la masse, ni fusion du fusible F, inséré dans le circuit de terre, ni fusion du fusible F', si applicable.

i) Etat du DPDA après essais

Après chacun des essais applicables effectués selon 9.11.2.3, 9.11.2.4, 9.11.2.5 a), 9.11.2.5 b) et 9.11.2.5 c), les DPDA ne doivent présenter aucune détérioration susceptible de compromettre leur emploi ultérieur et être capables, sans entretien, de résister aux essais suivants:

- courant de fuite entre les contacts ouverts, conforme à 9.7.7.3;
- essai de rigidité diélectrique conforme à 9.7.4, réalisé dans un délai de 2 h à 24 h après les essais de court-circuit, mais sous une tension de deux fois sa tension assignée, pendant 1 min, sans traitement préalable à l'humidité;
- établissement et coupure du courant assigné sous sa tension assignée.

Au cours de ces essais, après les essais effectués aux conditions spécifiées au point a) de 9.7.3, il doit être vérifié que l'indicateur de la position des contacts donne l'indication "ouvert" et que pendant l'essai effectué aux conditions spécifiées au point b) de 9.7.3, l'indicateur de la position des contacts doit donner l'indication "fermé".

Dans les conditions d'essai indiquées en 9.9.2.4, le DPDA doit se déclencher avec un courant d'essai égal à 1,25 fois le courant le plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas, sans mesurer le temps de fonctionnement. La feuille de polyéthylène ne doit présenter aucun trou visible à l'œil nu, à la vision normale ou corrigée sans grossissement supplémentaire.

j) Interprétation des enregistrements

1) détermination de la tension appliquée et de la tension de rétablissement à fréquence industrielle

La tension appliquée et la tension de rétablissement à fréquence industrielle sont déterminées d'après l'enregistrement correspondant à l'essai de coupure effectué avec le DPDA en essai. La tension appliquée est évaluée comme indiqué sur la Figure 22.

La tension côté amont doit être mesurée pendant le premier cycle après extinction de l'arc sur tous les pôles et après que les phénomènes haute fréquence ont disparu.

2) détermination du courant de court-circuit présumé

La composante alternative du courant présumé est prise égale à la valeur efficace de la composante alternative du courant d'étalonnage (valeur correspondant à A_2 de la Figure 22).

S'il y a lieu, le courant de court-circuit présumé doit être la moyenne des courants présumés dans toutes les phases.

9.11.2.3 Vérification du pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m)

Cet essai est destiné à vérifier l'aptitude du DPDA à établir, supporter pendant un temps spécifié et couper des courants de court-circuit.

a) Conditions d'essai

Le DPDA est soumis à essai dans un circuit selon les conditions générales d'essai décrites en 9.11.2.2, sans dispositif de protection intégré dans le circuit.

Les connexions G_1 d'impédance négligeable sont remplacées par le DPDA et par des connexions ayant approximativement l'impédance du dispositif de protection déclaré.

L'interrupteur auxiliaire S_1 reste ouvert.

b) Procédure d'essai

La séquence de manœuvres suivante est exécutée, la manœuvre FO est effectuée par une grille qui ferme le mécanisme et ouvre au moins 0,05 s plus tard pour s'assurer que le courant circule dans le DPDA:

CO – t – CO – t – CO.

9.11.2.4 Vérification du pouvoir de coupure et de fermeture assigné sur un pôle (I_{m1}) des DPDA et de leur aptitude à l'emploi en systèmes IT

Cet essai est destiné à vérifier l'aptitude du DPDA à établir, supporter pendant un temps spécifié et couper des courants de court-circuit sur un pôle et à vérifier son aptitude à l'emploi en systèmes IT.

a) Conditions d'essai

Le DPDA doit être soumis à essai selon les conditions générales d'essai spécifiées en 0, sans dispositif de protection inséré dans le circuit, mais en étant connecté de telle façon que le courant de court-circuit circule dans un pôle.

Pour cet essai, l'impédance Z_1 n'est pas utilisée, le circuit étant laissé ouvert.

Les voies de courant qui ne sont pas soumises au courant de court-circuit sont connectées à la tension d'alimentation aux bornes amont.

Les connexions G_1 d'impédance négligeable sont remplacées par le DPDA et par des connexions ayant approximativement l'impédance du dispositif de protection déclaré.

L'interrupteur auxiliaire S_1 reste fermé.

L'essai est effectué sur chaque pôle à tour de rôle, à l'exclusion du neutre coupé s'il y a lieu.

b) Procédure d'essai

La séquence des manœuvres à effectuer est la suivante: La fermeture est effectuée par un dispositif qui actionne le mécanisme du DPDA et qui s'ouvre au moins 0,05s plus tard afin de s'assurer que du courant circule dans le DPDA.

Comme alternative à l'opération d'ouverture avec une grille, le constructeur peut fournir des échantillons spécialement préparés qui peuvent être ouverts par des dispositifs électriques externes qui simulent l'ouverture automatique dans des conditions de défaut d'arc.

CO – t – CO – t – CO.

c) Pour la vérification de l'aptitude à l'emploi en systèmes IT, cet essai est répété avec de nouveaux échantillons:

- à une valeur de 105 % de la tension assignée entre phases pour les pôles de phase et à une valeur de 105 % de U_0 pour le pôle marqué N, le cas échéant; et
- selon 5.3.5, avec un courant dont la valeur est la plus grande des deux valeurs 500 A ou $10 I_n$.

Chaque pôle est soumis individuellement à un essai dans un circuit dont les connexions sont données sur la Figure 20;

La séquence d'essai est CO – t – CO.

Les DPDA avec neutre non coupé ne sont pas soumis à cet essai.

9.11.2.5 Vérification de la coordination entre le DPDA et le dispositif de protection déclaré

Ces essais sont menés à bien conformément à la Figure 19.

Ces essais sont destinés à vérifier que le DPDA, protégé par le dispositif de protection déclaré, peut supporter sans dommage des courants de court-circuit jusqu'à son courant conditionnel de court-circuit assigné (voir en 5.3.6).

Le courant de court-circuit est interrompu par l'association du DPDA et du dispositif de protection déclaré.

Durant l'essai, le DPDA et le dispositif de protection ou le dispositif de protection uniquement peuvent/peut fonctionner. Toutefois, si seul le DPDA s'ouvre, l'essai est également considéré comme satisfaisant.

Le dispositif de protection est remplacé ou réarmé, selon le cas, après chaque manœuvre.

Les essais suivants sont effectués (voir aussi le Tableau 17) dans les conditions générales mentionnées en 02:

- un essai (voir en 9.11.2.5 a)) pour vérifier que, au courant conditionnel de court-circuit assigné, I_{nc} , le dispositif de protection déclaré protège le DPDA.
- un essai (voir en 9.11.2.5 b)) pour vérifier que, aux courants de court-circuit de valeur correspondant au pouvoir de coupure et de fermeture assigné, I_m , le dispositif de protection déclaré fonctionne et protège le DPDA.
- un essai (voir en 9.11.2.5 c)) pour vérifier qu'en cas de courts-circuits phase-terre, avec des courants jusqu'à la valeur du courant différentiel conditionnel de court-circuit assigné pour une phase, I_{nc1} , le DPDA peut supporter les contraintes correspondantes.

a) Vérification de la coordination au courant conditionnel de court-circuit assigné (I_{nc})

3) Conditions d'essai

Les connexions G_1 d'impédance négligeable sont remplacées par le DPDA et par le dispositif de protection déclaré.

L'interrupteur auxiliaire S1 reste ouvert.

4) Procédure d'essai

La séquence des manœuvres à effectuer est la suivante:

CO – t – CO.

b) Vérification de la coordination au pouvoir de fermeture et de coupure assigné (I_m)

1) Conditions d'essai

Les connexions G_1 d'impédance négligeable sont remplacées par le DPDA et par le dispositif de protection déclaré.

L'interrupteur auxiliaire S1 reste fermé.

2) Procédure d'essai

La séquence des manœuvres à effectuer est la suivante:

CO – t – CO – t – CO.

c) Vérification de la coordination au courant conditionnel de court-circuit assigné pour un pôle (I_{nc1})

1) Conditions d'essai

Le DPDA doit être mis à essai selon les conditions générales d'essai spécifiées en 0, mais en étant connecté de telle façon que le courant de court-circuit ne circule que dans un pôle.

L'essai est effectué sur un pôle seulement qui ne doit pas être le neutre de sectionnement du DPDA. En cas de dispositifs multipolaires, l'essai est répété sur chaque pôle.

Les voies de courant qui ne sont pas parcourues par le courant de court-circuit sont connectées à la source d'alimentation par leurs bornes terminales.

Les connexions G_1 d'impédance négligeable sont remplacées par le DPDA et par le DPCC.

L'interrupteur auxiliaire S1 reste fermé.

2) Procédure d'essai

La séquence des manœuvres à effectuer est la suivante:

CO – t – CO – t – CO.

9.12 Vérification de la résistance aux secousses mécaniques et aux chocs

9.12.1 Secousses mécaniques

9.12.1.1 Dispositif d'essai

Le DPDA est soumis à des secousses mécaniques en utilisant l'appareil représenté sur la Figure 23. Un socle de bois A est fixé sur un bloc de béton et une plateforme B est articulée par charnière sur A. Cette plateforme porte une plaque de bois C qui peut être fixée à différentes distances de la charnière et dans deux positions verticales. L'extrémité de B porte sur une plaque de butée métallique D qui repose sur un ressort hélicoïdal ayant une constante de flexion de 25 N/mm.

Le DPDA est fixé sur C de façon telle que la distance entre l'axe horizontal de l'échantillon et B soit de 180 mm, C étant à son tour fixé de façon que la distance entre la surface de fixation et la charnière soit de 200 mm comme l'indique la Figure 23.

Sur C, à l'opposé de la surface de fixation du DPDA, une masse additionnelle est fixée de telle sorte que la force statique sur D soit de 25 N afin de garantir que le moment d'inertie du système complet est pratiquement constant.

9.12.1.2 Procédure d'essai

Le DPDA étant en position de fermeture, sans être relié à une source de courant, la plateforme est soulevée par son extrémité libre et tombe 50 fois d'une hauteur de 40 mm, l'intervalle de temps entre les chutes successives étant tel que l'échantillon revienne au repos.

Le DPDA est ensuite fixé sur le côté opposé de C et B et tombe de nouveau 50 fois comme précédemment. Après cet essai, C tourne à 90° autour de son axe vertical et, si nécessaire, sa position est à nouveau réglée de façon que l'axe vertical de symétrie du DPDA soit à 200 mm de la charnière.

La plateforme tombe 50 fois comme précédemment, le DPDA étant d'un côté de C et 50 fois avec le DPDA du côté opposé.

Avant chaque changement de position, le DPDA est ouvert et fermé à la main.

Pendant les essais, le DPDA ne doit pas s'ouvrir.

9.12.2 Chocs mécaniques

9.12.2.1 Généralités

La conformité est vérifiée sur les parties accessibles du DPDA, monté dans les conditions normales d'emploi (voir la note en 8.3), qui peuvent être soumises à des chocs mécaniques en usage normal, par l'essai mentionné en 9.12.2.2 pour tous les types de DPDA et de plus par les essais du 9.12.2.3, pour les DPDA prévus pour être montés sur rails.

NOTE Les DPDA destinés seulement à être totalement enfermés ne sont pas soumis à cet essai.

9.12.2.2 Les échantillons sont soumis à des chocs au moyen de l'appareil d'essai de chocs comme représenté sur les Figures 24 à 26.

La tête de la pièce de frappe a une surface hémisphérique de 10 mm de rayon, en polyamide de dureté Rockwell HR 100. La pièce de frappe a une masse de $150 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$. Elle est fixée rigidement à l'extrémité inférieure d'un tube d'acier de 9 mm de diamètre extérieur et de 0,5 mm d'épaisseur pivotant à son extrémité supérieure de façon à n'osciller que dans un plan vertical.

L'axe du pivot est à $1\,000 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ au-dessus de l'axe de la pièce de frappe.

Pour déterminer la dureté Rockwell de la pièce de frappe en polyamide, les conditions suivantes sont appliquées:

- diamètre de la bille: $12,7 \text{ mm} \pm 0,0025 \text{ mm}$;
- charge initiale: $100 \text{ N} \pm 2 \text{ N}$;
- charge additionnelle: $500 \text{ N} \pm 2,5 \text{ N}$.

NOTE 1 Des renseignements complémentaires concernant l'établissement de la dureté Rockwell des matières plastiques sont indiqués dans la norme ASTM D 785-08.

La conception de l'appareil d'essai est telle qu'il faut exercer une force comprise entre 1,9 N et 2,0 N sur la face de la pièce de frappe pour maintenir le tube en position horizontale.

Les DPDA pour montage en saillie sont montés sur une plaque de contre-plaqué de 8 mm d'épaisseur, de forme carrée de $175 \text{ mm} \times 175 \text{ mm}$, fixée à ses bords supérieurs et inférieurs à une console rigide qui fait partie du support de montage indiqué sur la Figure 26.

Le support de montage doit avoir une masse de $10 \text{ kg} \pm 1 \text{ kg}$ et doit être installé sur un châssis rigide au moyen de pivots. Ce châssis est fixé à une paroi massive.

Les DPDA de type encastré sont montés dans un dispositif, comme indiqué sur la Figure 27, qui est fixé au support.

Les DPDA pour montage en tableau sont montés dans un dispositif, comme indiqué sur la Figure 28, fixé au support de montage.

Les DPDA enfichables sont montés sur leur socle d'origine qui est fixé sur la plaque de contre-plaqué ou dans les dispositifs selon la Figure 27 ou 28, selon le cas.

Les DPDA destinés à être fixés sur un rail doivent être montés sur le rail approprié qui est fixé rigidement sur le support de montage.

La conception de l'appareil d'essai est telle que:

- l'échantillon peut être déplacé horizontalement et peut tourner autour d'un axe perpendiculaire à la surface du contreplaqué;

- le contre-plaqué peut tourner autour d'un axe vertical.

Le DPDA, avec ses capots s'il y a lieu, est monté comme en usage normal, sur le contre-plaqué ou dans le dispositif approprié, selon le cas, de telle façon que le point d'impact se trouve dans le plan vertical contenant l'axe de rotation du pendule.

Les entrées de câbles qui ne sont pas obturées par une paroi défonçable sont laissées ouvertes. Si elles sont défonçables, deux d'entre elles sont défoncées.

Avant d'appliquer les coups, les vis de fixation des bases, des capots, etc. sont serrées avec un couple égal aux deux tiers de celui spécifié dans le Tableau 12.

La pièce de frappe tombe d'une hauteur de 10 cm, sur les surfaces accessibles quand le DPDA est monté dans les conditions normales d'emploi.

La hauteur de chute est la distance verticale entre la position d'un point de repère lorsque le pendule est libéré et la position de ce même point au moment du choc. Le point de repère est identifié sur la surface de la pièce de frappe à l'endroit où la ligne passant par le point d'intersection des axes du tube d'acier du pendule et de la pièce de frappe, perpendiculairement au plan passant par les deux axes, rencontre la surface.

NOTE 2 En théorie, le centre de gravité de la pièce de frappe est le point de contrôle. Comme il est difficile de déterminer le centre de gravité, le point de contrôle a été choisi comme décrit ci-dessus.

Chaque DPDA subit dix coups, deux d'entre eux étant appliqués à l'organe de manœuvre et les autres régulièrement répartis sur les parties de l'échantillon pouvant être soumises à des chocs.

Les coups ne sont pas appliqués aux surfaces défonçables ni aux ouvertures éventuelles recouvertes d'un matériau transparent.

En général, un coup est appliqué sur chaque face latérale de l'échantillon après rotation autour d'un axe vertical, aussi loin que possible, mais pas au-delà de 60° et les deux autres à peu près à mi-distance entre les coups précédents.

Les autres coups sont appliqués de la même façon après rotation de l'échantillon de 90° autour de son axe perpendiculaire au contre-plaqué.

S'il existe des entrées de câbles ou des entrées défonçables, l'échantillon est monté de façon que les deux lignes de coups soient disposées autant que possible à égale distance de ces orifices.

Les deux coups sur l'organe de manœuvre doivent être appliqués comme suit: un lorsque l'organe de manœuvre est en position "ouvert" et l'autre lorsque l'organe de manœuvre est sur la position "fermé".

Après l'essai, les échantillons ne doivent pas présenter de détérioration au sens de la présente norme. En particulier, les capots qui, s'ils sont brisés, rendent les parties sous tension accessibles ou altèrent l'usage ultérieur du DPDA, les organes de manœuvre, les revêtements ou cloisons en matériau isolant et analogues ne doivent pas présenter de tels dommages.

En cas de doute, il est vérifié que le démontage et le remplacement des parties externes, telles qu'enveloppes ou couvercles, est possible sans endommager ni ces parties, ni leur revêtement.

NOTE 3 Une détérioration de la finition, de faibles enfoncements qui ne réduisent pas les lignes de fuite ou les distances d'isolement dans l'air en dessous des valeurs spécifiées en 8.1.3 et de petits éclats qui ne mettent pas en cause la protection contre les chocs électriques ne sont pas retenus.

Lors de l'essai du DPDA destinés à être fixés par vis aussi bien que sur un rail, l'essai est effectué sur deux lots de DPDA, l'un étant fixé au moyen de vis, l'autre étant monté sur un rail.

9.12.2.3 Les DPDA destinés à être montés sur un rail sont montés comme en usage normal sur un rail fixé rigidement sur une paroi rigide verticale, sans câbles connectés et sans couvercles ou plaques de recouvrement.

Une force verticale vers le bas de 50 N est appliquée par un mouvement régulier et continu pendant 1 min sur la surface avant du DPDA et suivie immédiatement d'une force verticale vers le haut de 50 N pendant 1 min (Figure 29).

Durant cet essai, le DPDA ne doit pas prendre de jeu et après l'essai, le DPDA ne doit pas présenter de dommage susceptible d'affecter son usage ultérieur.

Le fonctionnement du DPDA est ensuite vérifié en répétant l'essai mentionné en 9.9.2.5 avec le courant le plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas.

9.13 Essai de résistance à la chaleur

9.13.1 Les échantillons, sans capots amovibles éventuels, sont maintenus pendant 1 h dans une étuve à une température de $100\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, les capots amovibles éventuels sont maintenus pendant 1 h dans l'étuve à une température de $70\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

Au cours de l'essai, les échantillons ne doivent subir aucune modification qui nuirait à leur emploi ultérieur et la matière de remplissage éventuelle ne doit pas couler au point que les parties actives soient exposées.

Après l'essai et après que les échantillons sont revenus approximativement à la température ambiante, il ne doit y avoir aucun accès possible aux parties actives, normalement pas accessibles lorsque les échantillons sont montés comme en usage normal, même si le doigt d'essai normalisé est appliqué avec une force ne dépassant pas 5 N.

Le fonctionnement du DPDA est ensuite vérifié en répétant l'essai mentionné en 9.9.2.4 avec le courant le plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas.

Après l'essai, les marquages doivent encore être lisibles.

Un changement de couleur, des boursouflures ou un léger déplacement de la matière de remplissage ne sont pas pris en considération, à condition que la sécurité ne soit pas affectée au sens de la présente norme.

9.13.2 Les parties extérieures en matériau isolant des DPDA nécessaires au maintien en position des parties transportant le courant et des parties de protection, sont soumises à un essai de pression à la bille, au moyen de l'appareil décrit à la Figure 30, sauf, le cas échéant, les parties isolantes nécessaires pour maintenir en position dans une boîte les bornes pour des conducteurs de protection montés dans une boîte qui doivent être soumises à essai comme indiqué au 9.13.3.

La partie à soumettre à essai est placée sur un support en acier, la surface appropriée étant disposée horizontalement et une bille d'acier de 5 mm de diamètre est appliquée contre cette surface avec une force de 20 N.

L'essai est effectué dans une étuve à une température de $125\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

Après 1 h, la bille est retirée de l'échantillon qui est alors refroidi en 10 s approximativement à la température ambiante, par immersion dans l'eau froide.

Le diamètre de l'empreinte due à la bille est mesuré et ne doit pas dépasser 2 mm.

9.13.3 Les parties extérieures en matériau isolant des DPDA qui ne sont pas nécessaires pour maintenir en position les parties transportant le courant et les parties du circuit de protection, même si elles sont en contact avec celles-ci, sont soumises à un essai de pression à la bille conformément à 9.13.2, l'essai étant toutefois effectué à une température de $70\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ ou de $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, augmentée de l'échauffement le plus élevé déterminé pour la partie correspondante pendant l'essai en 9.8, la plus grande des deux valeurs étant retenue.

NOTE Pour les essais en 9.13.2 et 9.13.3, les bases des DPDA du type montage en saillie sont à considérer comme des parties extérieures.

Les essais en 9.13.2 et 9.13.3 ne sont pas effectués sur des parties en matériau céramique.

Si deux ou plusieurs parties isolantes, spécifiées en 9.13.2 et 9.13.3 sont réalisées en même matériau, l'essai est effectué seulement sur une de ces parties, selon respectivement 9.13.2 ou 9.13.3.

9.14 Essai de résistance à la chaleur anormale et au feu

L'essai au fil incandescent est effectué sur un DPDA complet conformément à l'IEC 60695-2-10:2000 dans les conditions suivantes:

- pour les parties extérieures en matériau isolant des DPDA nécessaires au maintien des parties transportant le courant et des parties du circuit de protection, par l'essai fait à la température de $960\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$;
- pour toutes les autres parties extérieures en matériau isolant, par un essai fait à la température de $650\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$.

NOTE Pour les besoins de cet essai, les bases des DPDA du type pour montage en saillie sont à considérer comme des parties extérieures.

Si les parties isolantes des groupes ci-dessus sont réalisées dans le même matériau, l'essai est effectué seulement sur l'une d'entre elles, selon la température appropriée de l'essai au fil incandescent.

L'essai n'est pas effectué sur des parties en matériau céramique.

L'essai au fil incandescent est effectué pour s'assurer qu'un fil d'essai chauffé électriquement dans des conditions d'essai définies n'entraîne pas l'inflammation des parties isolantes ou qu'une partie du matériau isolant, qui aurait pu s'enflammer dans des conditions définies à cause du fil d'essai chauffé, brûle pendant un temps limité sans propager le feu par flamme ou parties enflammées ou par des gouttelettes tombant de la partie en essai.

L'essai est effectué sur trois échantillons.

Chaque essai est exécuté sur un échantillon individuel avec un point d'application différent pour le fil incandescent.

Le fil incandescent ne peut pas être appliqué directement à la zone des bornes ou à la chambre de coupure ou à la zone du dispositif de déclenchement magnétique, où le fil incandescent ne peut pas pénétrer profondément sous la surface extérieure sans toucher des pièces de métal relativement grandes ou des céramiques, qui refroidiraient rapidement le fil incandescent et en plus limiteraient la quantité de matériau isolant en contact avec le fil incandescent. Dans cette situation, les parties garantissent la sévérité minimale de l'essai par refroidissement du fil incandescent et en limitant l'accès au matériau isolant à l'essai.

Pendant l'essai, l'échantillon doit être disposé dans la position la plus défavorable de son utilisation prévue (avec la surface soumise à l'essai en position verticale).

Si une partie interne du matériau isolant influence l'essai avec un résultat négatif, il est permis de retirer la(les) partie interne identifiée du matériau isolant d'un nouvel échantillon. Ensuite, l'essai au fil incandescent doit être répété au même endroit sur ce nouvel échantillon.

En accord avec le fabricant et comme méthode alternative, il est acceptable d'enlever la partie en cours d'examen dans son intégralité et de la mettre à l'essai séparément (voir l'IEC 60695-2-11:2000, Article 4).

L'échantillon est considéré comme ayant satisfait à l'essai au fil incandescent, si

- il n'apparaît aucune flamme visible et aucune incandescence prolongée;
- les flammes et l'incandescence sur l'échantillon s'éteignent dans les 30 s qui suivent le retrait du fil incandescent.

Le papier mousseline ne doit pas s'être enflammé et la planche en bois de pin blanc ne doit pas être roussie.

9.15 Vérification des mécanismes à déclenchement libre

9.15.1 Conditions générales d'essai

Le DPDA est monté et raccordé comme en usage normal, conformément à 9.1.1.

Il est soumis à essai dans un circuit pratiquement non inductif dont le schéma est indiqué sur la Figure 4.

9.15.2 Procédure d'essai

Le DPDA ayant été fermé et l'organe de manœuvre maintenu en position de fermeture, l'essai mentionné à 9.9.2.4 est répété avec le courant le plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas.

Le DPDA doit se déclencher:

Cet essai est répété en manœuvrant lentement l'organe de manœuvre du DPDA pendant environ 1 s jusqu'à la position où le courant commence à s'écouler. Le déclenchement doit s'effectuer sans autre mouvement de l'organe de manœuvre.

Les deux essais sont effectués trois fois, au moins une fois sur chaque pôle prévu pour être raccordé à une phase.

NOTE Si le DPDA est muni de plus d'un organe de manœuvre, le fonctionnement en déclenchement libre est vérifié pour tous les organes de manœuvre.

9.16 Essai de résistance à la rouille

Toute la graisse est enlevée des parties destinées à être soumises à essai par immersion dans un dégraissant chimique à froid tel que l'essence méthylchloroforme ou de l'essence raffinée, pendant 10 min. Les pièces sont ensuite immergées pendant 10 min dans une solution à 10 % de chlorure d'ammonium dans l'eau à une température de $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Sans séchage, mais après avoir secoué les gouttes, les pièces sont placées pendant 10 min dans une boîte contenant de l'air saturé d'humidité à une température de $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Après que les pièces ont été séchées pendant 10 min dans une étuve à une température de $(100 \pm 5) ^\circ\text{C}$, leur surface ne doit présenter aucun signe de rouille.

NOTE 1 Ignorer les traces de rouille sur les angles vifs et le film jaunâtre amovible par simple frottement.

Pour les petits ressorts et autres, ainsi que pour les pièces inaccessibles exposées à l'abrasion, une couche de graisse peut fournir une protection suffisante contre la rouille. Ces pièces sont soumises à essai seulement en cas de doute quant à l'efficacité de la couche de graisse et dans ce cas l'essai est effectué sans décapage préalable de la graisse.

NOTE 2 Au moment de l'utilisation du liquide spécifié pour l'essai, des précautions adéquates sont à prendre pour prévenir l'inhalation de la vapeur.

9.17 Vérification de la valeur limite du courant de non-fonctionnement en cas de surintensité

Les DPDA classés selon 4.1.2 et 4.1.3 (conformément à l'Annexe D, en fonction du dispositif de protection assemblé) sont mis à essai conformément à l'IEC 60898, l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou à l'IEC 62423, selon le cas. Il n'est pas nécessaire de procéder à des essais supplémentaires.

Les DPDA classés selon 4.1.1 doivent être mis à essai conformément à la procédure suivante:

- Le DPDA est connecté comme en usage normal avec une charge pratiquement non inductive, telle qu'il circule un courant égal à $6 I_n$;
- Le courant est établi par les pôles d'un interrupteur d'essai, qui est ouvert après 1 s;
- L'essai est répété trois fois, l'intervalle entre deux fermetures consécutives étant d'au moins 1 min;
- Le DPDA ne doit pas s'ouvrir.

9.18 Vérification du comportement des DPDA en cas d'ondes de courant produites par des ondes de tension

9.18.1 Généralités

Les DPDA classés selon 4.1.1 doivent être mis à essai conformément à 9.18.2.

Les DPDA classés selon 4.1.2 et 4.1.3 (conformément à l'Annexe D, en fonction du dispositif de protection assemblé) sont mis à essai conformément à l'IEC 60898, l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou à l'IEC 62423, selon le cas. Il n'est pas nécessaire de procéder à des essais supplémentaires.

9.18.2 Vérification du comportement aux ondes de courant jusqu'à 3 000 A (essai à l'onde de courant 8/20 μs)

9.18.2.1 Conditions d'essai

Le DPDA est mis à essai en utilisant un générateur de courant capable de délivrer une onde de courant de 8/20 μs (IEC 60060-2), comme indiqué sur la Figure 31. Un exemple de schéma de circuit pour le DPDA est donné sur la Figure 32.

Un pôle du DPDA, choisi au hasard, doit être soumis à 10 applications de l'onde de courant. La polarité de l'onde de courant doit être inversée toutes les deux applications. L'intervalle entre deux applications consécutives doit être d'environ 30 s.

Les impulsions de courant doivent être mesurées à l'aide des moyens appropriés et ajustées en utilisant un DPDA supplémentaire du même type, avec la même valeur I_n , afin de satisfaire aux exigences suivantes:

- valeur crête $3\,000\text{ A }^{+10}_0\%$; temps de montée virtuel: $8\text{ }\mu\text{s}$
 $\pm 20\%$;
- temps virtuel à la moitié de la valeur: $20\text{ }\mu\text{s} \pm 20\%$;
- crête de courant inverse: moins de 30% de la valeur crête.

Il convient d'ajuster le courant à la forme asymptotique du courant. Pour les autres essais du même type, avec la même valeur I_n , il convient que le courant inverse, s'il y a lieu, ne dépasse pas 30% de la valeur crête.

9.18.2.2 Résultats d'essai

Pendant les essais, le DPDA peut se déclencher. Après chaque déclenchement, le DPDA doit être fermé à nouveau.

Après les essais à l'onde de courant, le fonctionnement correct du DPDA est vérifié en répétant l'essai mentionné en 9.9.2.4 avec le courant le plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas.

9.19 Vérification de la fiabilité

9.19.1 Généralités

La conformité est vérifiée par les essais de 9.19.2 et 9.19.3.

Pour les DPDA multicalibres les essais doivent être faits au calibre le plus bas.

9.19.2 Essais climatiques

9.19.2.1 Généralités

L'essai se fonde sur l'IEC 60068-2-30 en tenant compte de l'IEC 60068-3-4.

9.19.2.2 Chambre d'essais

La chambre doit être construite comme indiqué à l'Article 4 de l'IEC 60068-2-30:2005. L'eau de condensation doit être continuellement évacuée de la chambre et ne doit pas être réutilisée jusqu'à ce qu'elle ait été repurifiée. Seule l'eau distillée doit être utilisée pour le maintien de l'humidité de la chambre.

Avant de pénétrer dans la chambre, l'eau distillée doit avoir une résistivité d'au moins $500\text{ }\Omega\text{m}$ et une valeur du pH de $7,0 \pm 0,2$. Pendant et après l'essai, il convient que la résistivité ne soit pas inférieure à $100\text{ }\Omega\text{m}$ et que la valeur du pH se maintienne à $7,0 \pm 1,0$.

9.19.2.3 Sévérité

Les cycles sont effectués dans les conditions suivantes:

- température la plus élevée: $55\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$;
- nombre de cycles: 28.

9.19.2.4 Procédure d'essai

La procédure d'essai doit être conforme à l'Article 4 de l'IEC 60068-2-30:2005 et à l'IEC 60068-3-4.

a) Vérification initiale

Une vérification initiale est exécutée en soumettant le DPDA à l'essai mentionné en 9.9.2.4 avec le courant le plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas.

b) Conditionnement

- 1) Le DPDA est introduit dans la chambre, monté et équipé de conducteurs comme en usage normal.

Ils doivent être en position de fermeture.

- 2) Période de stabilisation (voir la Figure 33)

La température du DPDA doit être stabilisée à $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$:

- en plaçant le DPDA dans une chambre distincte avant de l'introduire dans la chambre d'essai;
- ou en réglant la température de la chambre d'essai à $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ après l'introduction du DPDA dans la chambre et en la maintenant à ce niveau jusqu'à ce que la stabilité thermique soit atteinte.

Durant la stabilisation de la température par l'une ou l'autre de ces méthodes, l'humidité relative doit se situer dans les limites prescrites pour les conditions atmosphériques normales d'essai (voir Tableau 6).

Pendant la dernière heure, le DPDA étant dans la chambre d'essai, l'humidité relative doit être portée à au moins 95 % à une température ambiante de $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$.

- 3) Description du cycle de 24 heures (voir la Figure 34)

- La température de la chambre doit être augmentée de manière progressive à la température supérieure appropriée spécifiée en 9.19.1.3.

La température supérieure doit être obtenue dans une période de $3\text{ h} \pm 30\text{ min}$ et à une vitesse comprise dans les limites définies par l'aire hachurée de la Figure 34.

Pendant cette période, l'humidité relative ne doit pas être inférieure à 95 %. La condensation doit se produire sur le DPDA pendant cette période.

La condition selon laquelle de la condensation doit se produire implique que la température de surface du DPDA soit inférieure à celle du point de rosée de l'atmosphère. Cela signifie que l'humidité relative doit être supérieure à 95 % si la constante de temps thermique est faible. Il convient de veiller à ce qu'aucune goutte d'eau condensée ne puisse tomber sur l'échantillon.

- La température doit alors être maintenue pendant $12\text{ h} \pm 30\text{ min}$, à partir du début du cycle, à une valeur sensiblement constante dans les limites prescrites de $\pm 2\text{ °C}$ pour la température supérieure.

Pendant cette période, l'humidité relative doit être de $93\% \pm 3\%$, sauf pendant les 15 premières et les 15 dernières minutes pendant lesquelles elle doit être comprise entre 90 % et 100 %.

Il ne doit pas se produire de condensation sur le DPDA pendant les 15 dernières minutes.

- La température doit ensuite être abaissée à $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$, dans un délai de 3 h à 6 h. Au début, pendant 1,5 h, la vitesse d'abaissement de la température doit être telle que, si elle est maintenue comme il est indiqué sur la Figure 34, la température de $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ est atteinte en $3\text{ h} \pm 15\text{ min}$.

Pendant la période de chute de température, l'humidité relative ne doit pas être inférieure à 95 %, sauf au cours des 15 premières minutes pendant lesquelles elle doit être d'au moins 90 %.

- La température doit alors être maintenue à $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ avec une humidité relative d'au moins 95 % jusqu'à ce que le cycle de 24 h soit achevé.

9.19.2.5 Rétablissement

A la fin des cycles, le DPDA ne doit pas être retiré de la chambre d'essai.

La porte de la chambre d'essai doit être ouverte, la régulation en température et en humidité étant par ailleurs interrompue.

Une période de 4 h à 6 h doit alors s'écouler pour permettre le rétablissement des conditions de l'atmosphère ambiante (température et humidité) avant d'effectuer les mesures finales.

Pendant les 28 cycles, le DPDA ne doit pas se déclencher.

9.19.2.6 Vérification finale

Le fonctionnement du DPDA est ensuite vérifié en répétant l'essai mentionné en 9.9.2.4 à 1,25 fois le courant le plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas.

9.19.3 Essai à la température de 40 °C

Le DPDA est monté comme en usage normal sur une paroi en contre-plaqué, de 20 mm d'épaisseur environ, peinte en noir mat.

A chaque pôle, un câble monoconducteur de 1 m de long et de section nominale spécifiée au Tableau 11, est connecté à l'entrée et à la sortie de le DPDA, les vis ou écrous des bornes étant serrés avec un couple de torsion égal aux deux tiers de celui spécifié au Tableau 12. L'ensemble est placé dans une étuve.

Le DPDA est traversé par un courant égal au courant assigné sous une tension appropriée et soumis à une température de $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, pendant 28 cycles, chaque cycle comprenant 21 h avec circulation d'un courant, puis 3 heures sans circulation de courant. Le courant est interrompu par un interrupteur auxiliaire, le DPDA n'étant pas manœuvré. Pour un DPDA quadripolaire, seulement trois pôles sont chargés.

A la fin de la dernière période de 21 h avec courant, l'échauffement des bornes est déterminé au moyen de couples thermoélectriques à fils fins. Cet échauffement ne doit pas dépasser 65 K.

Après cet essai, le DPDA refroidit dans l'étuve, sans circulation de courant, approximativement jusqu'à la température ambiante.

Le fonctionnement du DPDA est vérifié en répétant l'essai mentionné en 9.9.2.4 avec le courant le plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas.

9.20 Vérification du vieillissement des composants électroniques

Le DPDA est placé pendant une période de 168 h à une température ambiante de $40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ et chargé au courant assigné. La tension des parties électroniques doit être portée à 1,1 fois la tension assignée.

Après cet essai, le DPDA refroidit dans l'étuve, sans circulation de courant, approximativement jusqu'à la température ambiante. Les parties électroniques ne doivent pas présenter de défauts.

Le fonctionnement du DPDA est ensuite vérifié en répétant l'essai mentionné en 9.9.2.4 à 1,25 fois le courant le plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas.

NOTE Un exemple de circuit d'essai pour cette vérification est donné sur la Figure 35.

9.21 Compatibilité électromagnétique (CEM)

9.21.1 Généralités

Les DPDA doivent être soumis aux essais de CEM, conformément à l'IEC 61543:1995 l'IEC 61543:1995/AMD1:2004 et l'IEC 61543:1995/AMD2:2005 et aux informations supplémentaires fournies dans 9.21.2, 9.21.3 et 9.21.4.

9.21.2 Essais de CEM abordés par d'autres articles de la présente norme

Les essais répertoriés dans le Tableau 20 suivant sont déjà couverts par un autre article de la présente norme sur les essais et ne peuvent pas être répétés.

Tableau 20 – Essais déjà abordés par la présente norme

Référence aux Tableaux 4 et 5 de l'IEC 61543:1995 Amendement 1:2004	Phénomènes électromagnétiques	Essais de la présente norme
T 1.3	Variation d'amplitude de la tension	9.9.2.4
T 1.4	Déséquilibre de la tension	9.9.2.4
T 1.5	Variations de la fréquence fondamentale	9.2
T 1.8	Champs magnétiques	9.11 et 9.17
T 2.4	Transitoires oscillatoires de courant	9.18

9.21.3 Essais de CEM à effectuer

Les autres essais des Tableaux 4, 5 et 6 de l'IEC 61543:1995, Amendement 1:2004 doivent être effectués selon les essais énumérés dans l'Annexe A de cette norme. Les niveaux d'essais et les critères de performances sont appliqués conformément au Tableau 21.

Tableau 21 – Essais à réaliser pour la CEM

Référence aux Tableaux 5 et 6 de l'IEC 61543:1995, Amendement 1:2004	Phénomènes électromagnétiques	Référence de la norme de base pour la description de l'essai	Niveau d'essai et modalités d'essais	Critères de performances
T 2.1	Tensions ou courants induits oscillatoires	IEC 61000-4-6 ^{e, i}	Niveau 2 0,15 MHz à 80 MHz Z = 150 Ω – 3 V	A
T 2.2	Transitoires rapides (salves) mode commun	IEC 61000-4-4 ^b	Niveau 4 4 kV (crête) Tr/Th 5/50 ns Fréquence de répétition 2,5 kHz	B ^c
T 2.3a	Ondes de choc	IEC 61000-4-5	Tr/Th 1,2/50 µs 5 kV/12 Ω (crête) ^a mode commun 4 kV/2 Ω (crête) ^a mode différentiel	B, C ^{g, h}
T 2.3b			Tr/Th 1,2/50 µs 4 kV/12 Ω (crête) ^a mode commun 2 kV/2 Ω (crête) ^a mode différentiel	B ^h
T 2.5	Champ électromagnétique rayonné	IEC 61000-4-3 ^{e, f}	Niveau 2 3 V/m	A
T 2.6 ^l	Perturbations conduites en mode commun dans la gamme de fréquence inférieure à 150 kHz	IEC 61000-4-16	Niveau 3 ^j 1 kHz à 1,5 kHz: 1 V 1,5 kHz à 15 kHz: 1 V à 10 V 15 kHz à 150 kHz: 10 V	A
T 3.1	Décharges électrostatiques	IEC 61000-4-2	Niveau 3 8 kV décharge dans l'air 6 kV décharge de contact	C ^k

^a Les essais utilisant des tensions inférieures à celles mentionnées dans ce Tableau 21 ne sont pas requis (en effet, l'IEC 61000-4-5, 8.2, exige que les essais soient menés à bien à chaque tension jusqu'au niveau choisi). Cet essai doit être effectué sur le dispositif en position de fermeture. Des impulsions doivent être appliquées successivement:

- entre le support métallique et les parties prévues pour être mises à la terre (conducteur PE, borne de mise à la

terre), le cas échéant, connectées et chaque conducteur sous tension avec une tension d'impulsion de 5 kV et une impédance de 12 Ω ;

- entre chaque phase et le neutre et entre chaque couple de pôles, avec une tension d'impulsion de 4 kV et une impédance de 2 Ω .

b De plus, l'échantillon doit être monté comme en usage normal sur un support isolant plat, à une distance de 10 cm du plan de terre.

c L'essai est mené à bien sur un circuit monophasé, sur un pôle de chaque échantillon prélevé de manière aléatoire. Les trois nouveaux échantillons sont soumis à essai. Si un échantillon ne satisfait pas au critère de déclenchement pendant l'essai, trois échantillons supplémentaires sont mis à essai et doivent parfaitement satisfaire au critère de B.

d vide

e Avec l'accord du constructeur, les essais T2.1 menés à bien peuvent être étendus de 80 MHz à 230 MHz. Dans ce cas, l'essai T2.5 consiste à démarrer de 230 MHz au lieu de 80 MHz.

f La vérification du non déclenchement (critères de performances A) doit être effectuée en balayant la plage de fréquences spécifiée. Pour les vérifications de déclenchement (critères de performances A), seuls cinq essais sont menés à bien sur chaque échantillon, à différentes fréquences, sélectionnées aléatoirement, sur la plage de fréquences, différentes d'un échantillon à l'autre, mais une d'entre elles étant de 450 MHz et une autre de 900 MHz.

g Les essais de T2.3b doivent être appliqués uniquement aux DPDA qui ne satisfont pas aux critères de succès de B pendant les essais de T2.3a. Dans ce cas, l'essai est répété avec les niveaux de tension d'impulsion spécifiés dans T2.3b uniquement pour la/les configuration(s) dans laquelle/lesquelles le déclenchement a eu lieu pendant les essais de T2.3a.

h L'essai doit être effectué sur le dispositif en position de fermeture. Chaque échantillon est mis à essai:

- 1) dans un premier temps dans le cadre d'un essai en mode différentiel: entre chaque voie de courant de charge et chaque autre voie de courant de charge;
- 2) ensuite dans le cadre d'un essai en mode commun: entre chaque voie de courant de charge et le support métallique et les parties prévues pour être mises à la terre (conducteur PE, borne de mise à la terre), le cas échéant, tous connectés.

Dans chaque cas, l'échantillon est soumis à cinq impulsions positives au niveau des demi-cycles positifs, puis à cinq impulsions négatives au niveau des demi-cycles négatifs.

Toutes les impulsions doivent être appliquées successivement à un point aléatoire sur l'onde, avec un taux de répétition d'1 impulsion/min.

Pour l'essai T2.3a, conformément à la procédure ci-avant, le nombre total d'impulsions est le suivant: Essai en mode différentiel: 10 impulsions; Essai en mode commun: 20 impulsions.

Le DPDA peut se déclencher pendant les essais mentionnés en T2.3 a) (critères de succès C). Si le dispositif se déclenche pendant cet essai, il doit être refermé avant l'application d'une autre impulsion.

Pour l'essai T2.3b, le total des impulsions est identique à celui de T2.3 a), le cas échéant.

i La vérification du non déclenchement (critères de performances A) doit être effectuée en balayant la plage de fréquences spécifiée.

Pour les vérifications de déclenchement (critères de performances A), seuls cinq essais sont menés à bien sur chaque échantillon, à différentes fréquences, sélectionnées aléatoirement, sur la plage de fréquences, différentes d'un échantillon à l'autre.

j L'essai est mené à bien une fois à 1,1 U_n avec un courant sinusoïdal égal au courant assigné du DPDA en balayant la plage de fréquences de 1 kHz à 150 kHz, selon le taux mentionné dans l'IEC 61000-4-16:1998, Amendement 2:2009, 6.1.3. Le dispositif ne doit pas se déclencher;

Les essais de déclenchement sont menés à bien sur chaque échantillon, à 5 valeurs de fréquence différentes, sélectionnées aléatoirement sur une plage de fréquences, différentes d'un échantillon à l'autre. Le dispositif doit se déclencher.

k Trois nouveaux échantillons sont mis à essai. Les trois échantillons doivent passer l'essai avec succès.

Le point auquel les décharges doivent s'appliquer est sélectionné en explorant les surfaces accessibles du DPDA installé comme en usage normal. Pendant l'exploration, la sélection est effectuée avec vingt décharges par seconde.

Le point sélectionné est mis à essai avec dix décharges de polarité positives et dix décharges de polarité négatives avec un intervalle d'au moins 1 s entre les décharges suivantes.

l Aux Etats-Unis, cet essai ne s'applique pas.

Pour les dispositifs contenant un oscillateur à fonctionnement continu, l'essai de CISPR 14-1 doit être effectué sur les échantillons avant d'effectuer les essais de la Tableau 21.

9.21.4 DPDA critère de prestations.

9.21.4.1 Généralités

Lorsque les DPDA sont soumis aux essais de CEM de 9.21.3, les critères de performances mentionnés dans le Tableau 21 doivent être appliqués.

9.21.4.2 Critères A

Pendant l'essai qui fait référence à ces critères de performances, le DPDA doit rester fermé lorsqu'il est alimenté à $1,1 U_n$, avec un courant sinusoïdal égal au courant assigné du DPDA et doit se déclencher dans les conditions indiquées en 9.9.2.2 au courant assigné du DPDA.

NOTE Pour les essais CEM, en accord avec le constructeur, on peut utiliser le générateur d'arc comme une alternative à l'échantillon de câble carbonisé.

9.21.4.3 Critères B

Pendant l'essai qui fait référence à ces critères de performances, le DPDA doit rester fermé lorsqu'il est alimenté à $1,1 U_n$, avec un courant sinusoïdal égal au courant assigné du DPDA. Après l'essai, la conformité à 9.9.2.2 doit être vérifiée uniquement au courant assigné du DPDA.

NOTE Pour les essais CEM, en accord avec le constructeur, on peut utiliser le générateur d'arc comme une alternative à l'échantillon de câble carbonisé.

9.21.4.4 Critères C

Pendant l'essai qui fait référence à ces critères de performances, le DPDA est alimenté à $1,1 U_n$, avec un courant sinusoïdal égal à la valeur la plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas. Le dispositif peut se déclencher. Après l'essai, la conformité à 9.9.2.2 doit être vérifiée uniquement à la valeur la plus faible du Tableau 1 ou 2, selon le cas.

NOTE Pour les essais CEM, en accord avec le constructeur, on peut utiliser le générateur d'arc comme une alternative à l'échantillon de câble carbonisé.

9.22 Vérification de la protection en raison d'une surtension due à une rupture de neutre dans un système triphasé

En cas de rupture de neutre dans une installation triphasée, une surtension phase-neutre peut avoir lieu. La valeur maximale de cette surtension pourrait atteindre la valeur phase-phase. L'augmentation anormale de la température dans les charges en surtension peut provoquer un incendie.

Les DPDA peuvent inclure une caractéristique optionnelle assurant la protection dans ce cas. Cette caractéristique optionnelle supplémentaire est à l'étude.

9.23 Vérification du comportement en cas de perte partielle des raccordements à l'alimentation

Un DPDA tripolaire doit être soumis à essai avec deux pôles connectés, choisis au hasard.

Un DPDA quadripolaire doit être soumis à essai avec deux phases choisies au hasard, avec une phase choisie au hasard et le neutre, et avec trois phases sans neutre.

Les essais suivants doivent être effectués: 9.9.2.2, 9.9.2.3, 9.9.2.4, 9.9.3.2 et 9.9.3.3.

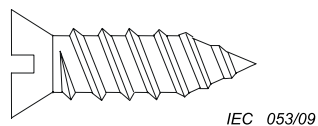


Figure 1 – Vis autotaraudeuse par déformation de matière

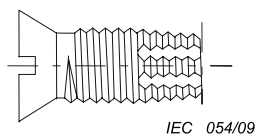
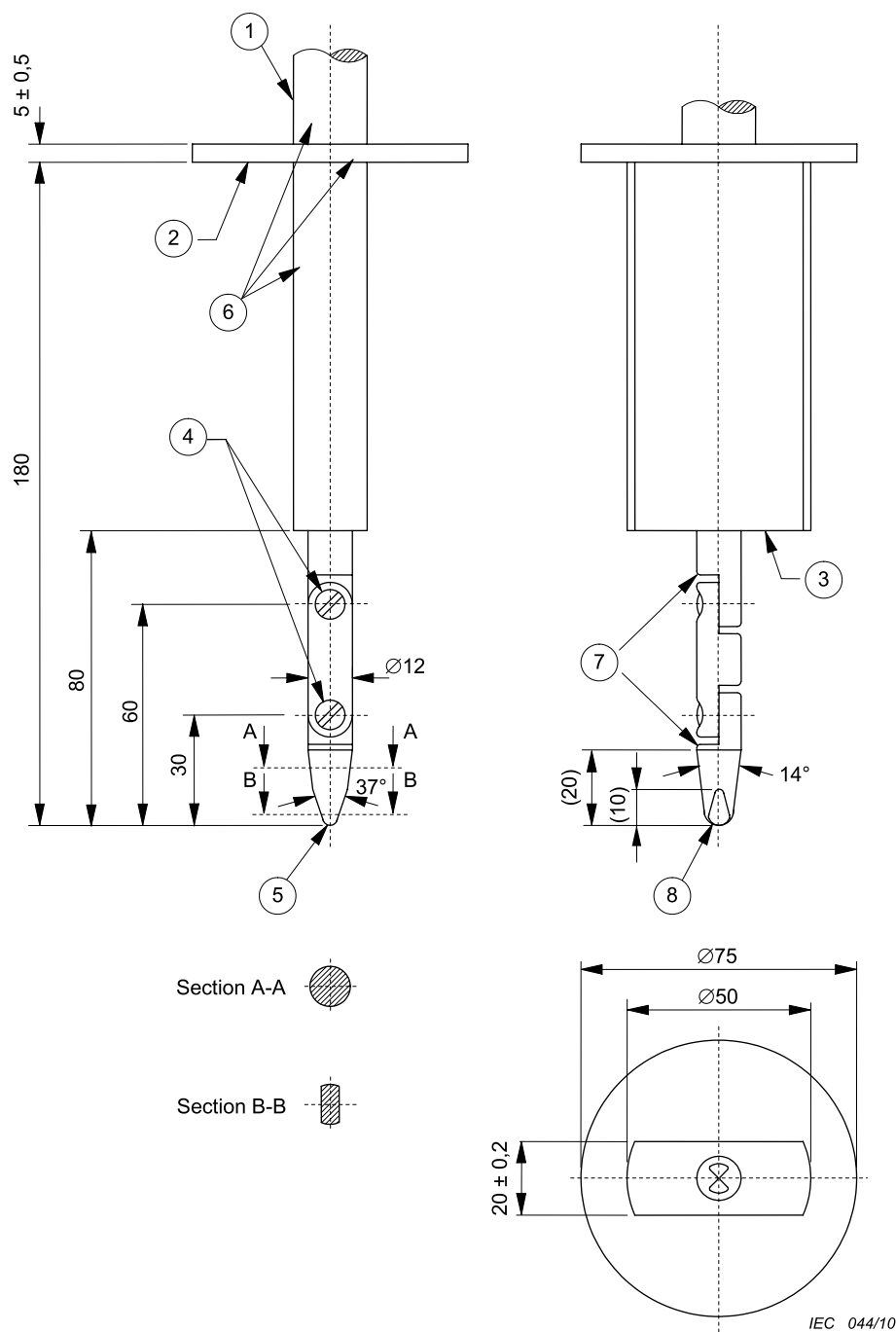


Figure 2 – Vis autotaraudeuse par enlèvement de matière



Légende

- 1 Manche
- 2 Garde
- 3 Plaque d'arrêt
- 4 Articulations

Matériau: métal, sauf indication contraire

Dimensions linéaires en millimètres

Tolérance des dimensions sans tolérances spécifiques:

sur les angles: 0/-10'

sur les dimensions linéaires:

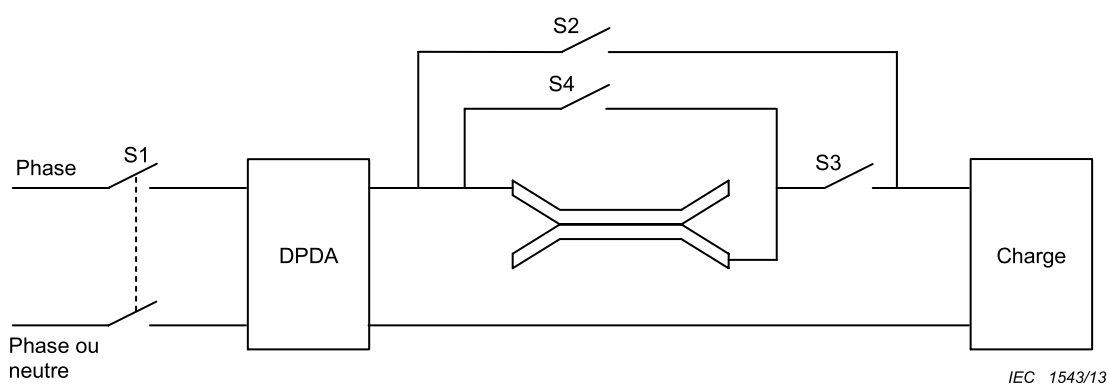
jusqu'à 25 mm: 0/-0,05

au-dessus de 25 mm: $\pm 0,2$

Les deux articulations doivent permettre un mouvement dans le même plan et la même direction par un angle de 90 ° avec une tolérance de 0 ° à +10 °.

- 5 $R2 \pm 0,05$ cylindrique
- 6 Matière isolante
- 7 Chanfreiner toutes les arêtes
- 8 $R4 \pm 0,05$ sphérique

Figure 3 – Doigt d'essai normalisé (9.6)



NOTE Cette figure représente une configuration d'essai monophasée. Les dispositifs tripolaires ou quadripolaires sont fournis comme en usage normal.

Figure 4 – Circuit d'essai pour essais de défaut d'arc en série

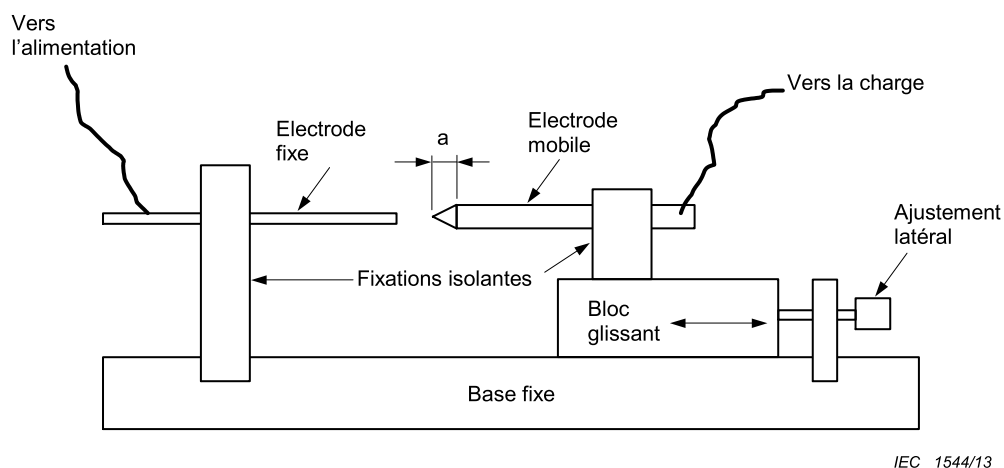


Figure 5 – Générateur d'arc

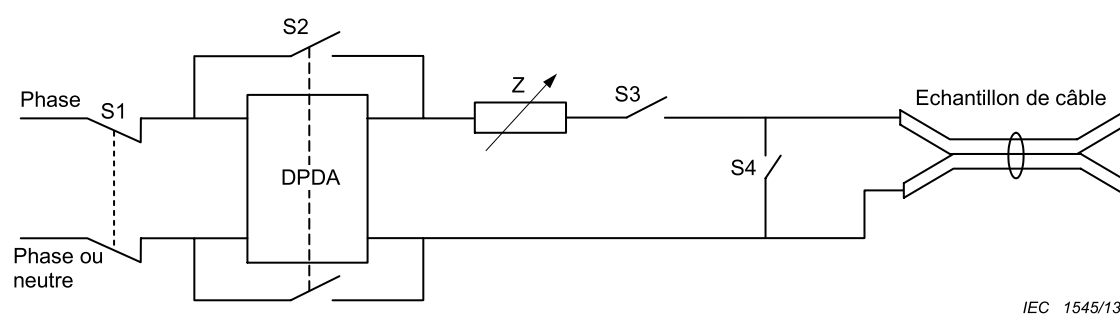


Figure 6 – Circuit d'essai pour essais de défaut d'arc en parallèle

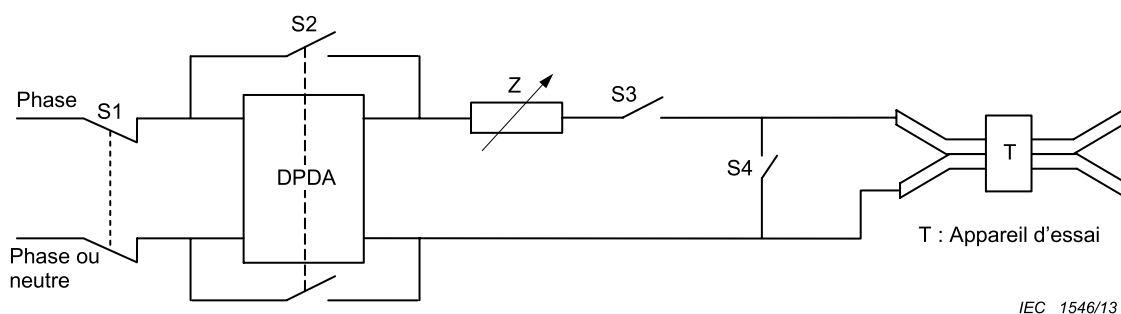


Figure 7 – Circuit d'essai en cas d'arc parallèle et d'essai de coupure de câble

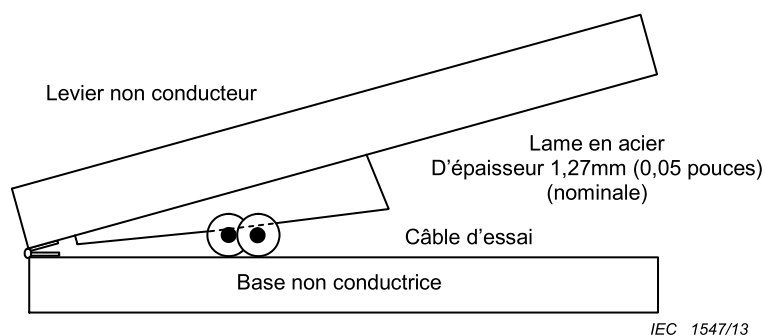


Figure 8 – Appareil d'essai

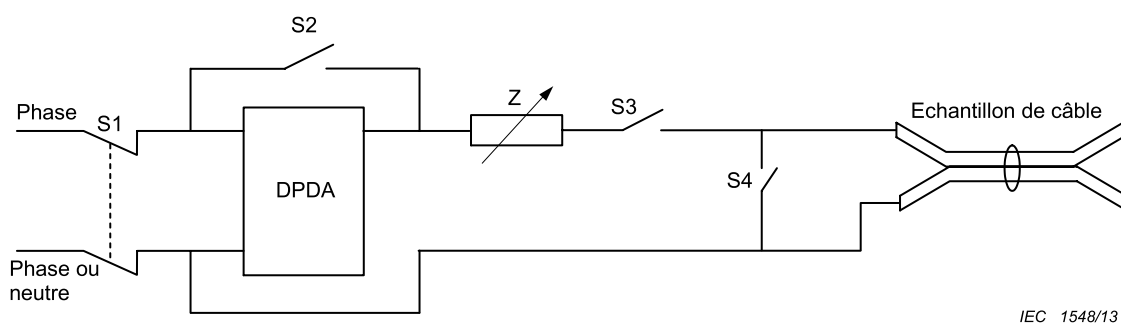


Figure 9 – Essai pour vérification du fonctionnement correct en cas d'arc parallèle vers la terre

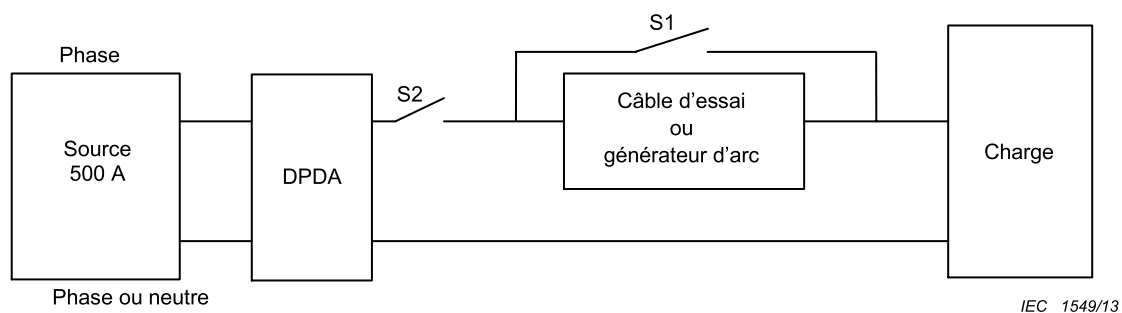
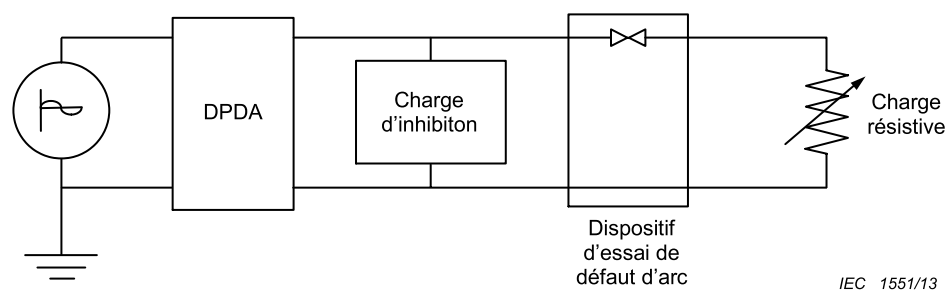


Figure 10 – Circuit d'essai pour essais d'aveuglement (charges inhibantes ou perturbatrices)

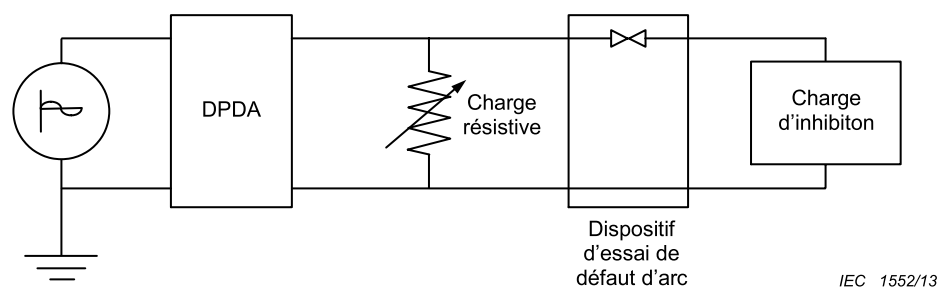
Configuration A



Configuration B



Configuration C



Configuration D

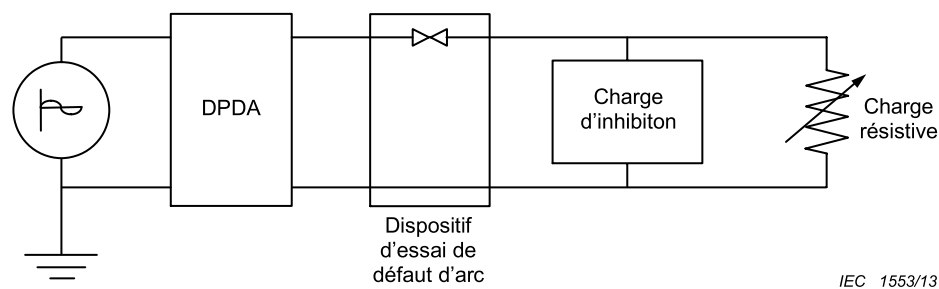


Figure 11 – Configuration d'essai pour essais d'aveuglement

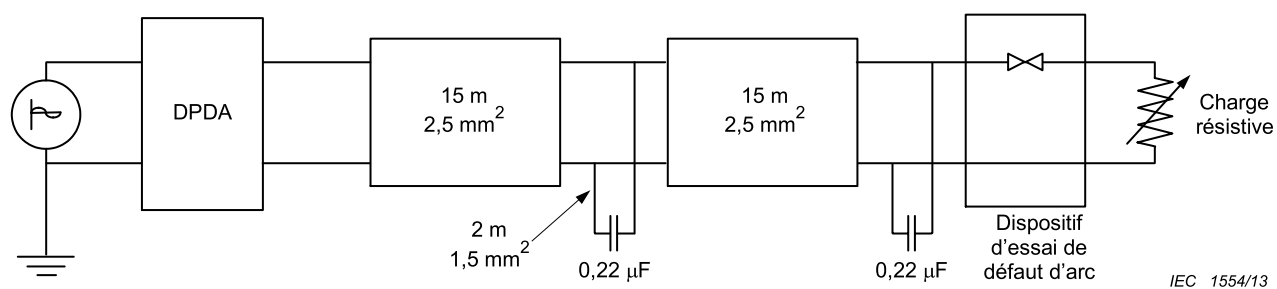
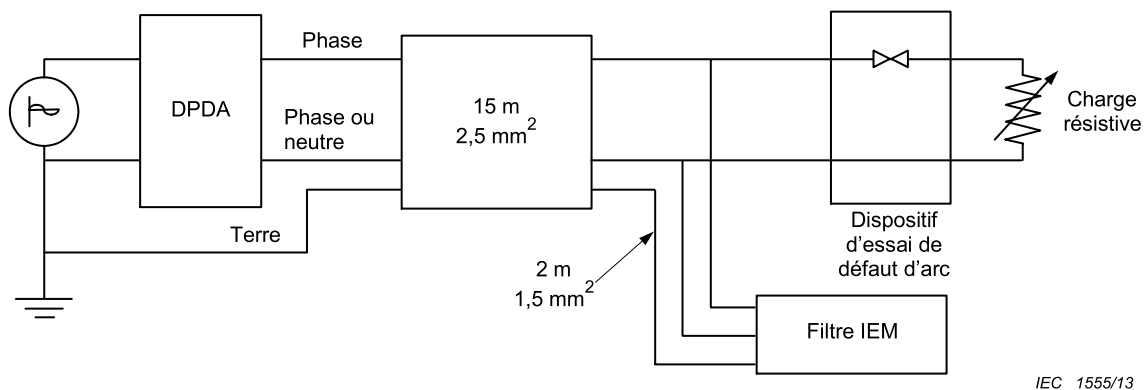
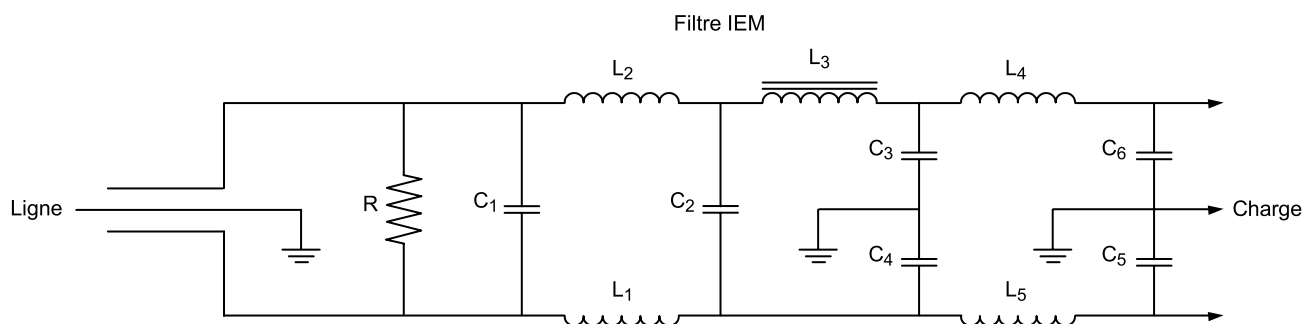


Figure 12 – Filtre IEM 1 pour essais de masquage



IEC 1555/13

Figure 13 – Filtre IEM 2 pour essais de masquage



IEC 1556/13

$$L_1 = L_2 = 6 \text{ mH} \pm 10 \%$$

$$L_3 = 0,037 \text{ mH} \pm 10 \%$$

$$L_4 = L_5 = 1,5 \text{ mH} \pm 10 \%$$

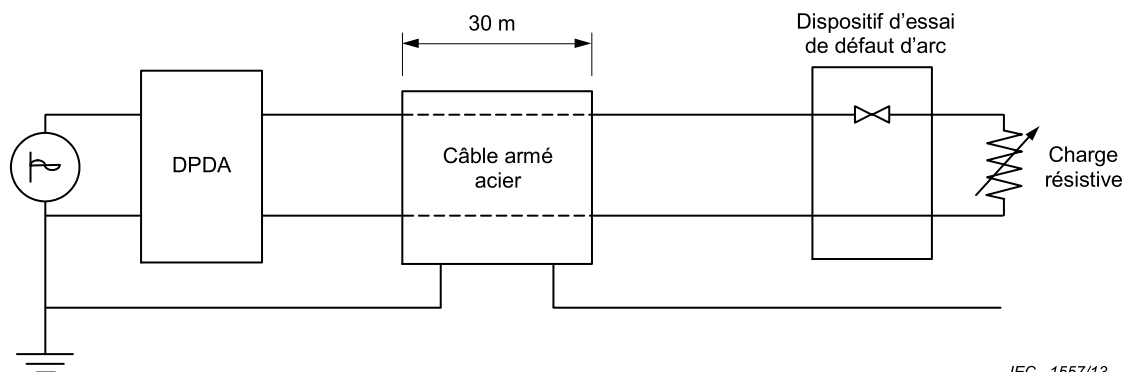
$$C_1 = 100 \text{ nF} \pm 10 \% \text{ for } 240 \text{ V and } 470 \text{ nF} \pm 10 \% \text{ for } 120 \text{ V}$$

$$C_2 = 0,33 \text{ } \mu\text{F} \pm 10 \%$$

$$C_3 = C_4 = C_5 = C_6 = 0,002 \text{ } \mu\text{F} \pm 10 \%$$

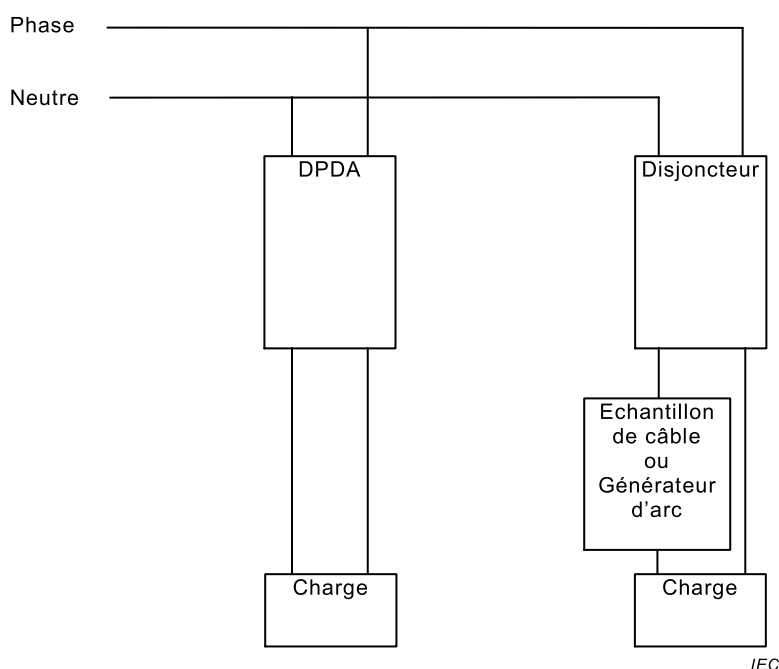
$$R = 330 \text{ k}\Omega \pm 10 \%$$

Figure 14 – Description du filtre IEM décrit en Figure 13



IEC 1557/13

Figure 15 – Circuit d'essai pour essais de masquage avec impédance de ligne.



NOTE Cette figure représente seulement des dispositifs monophasés. Pour des dispositifs tripolaires et quadripolaires, adapter en conséquence.

Figure 16 – Essai diaphonique

Figure 17 – Vide

Figure 18 – Vide

Explication des symboles littéraux utilisés dans les Figures 19, 20 et 21

- N = Conducteur neutre
- S = Alimentation
- R = Résistance(s) réglable(s)
- Z = Impédance de chaque phase pour l'étalonnage du courant conditionnel de court-circuit assigné. Les bobines de réactance doivent de préférence être sans fer et connectées en série aux bobines de réactance pour obtenir le facteur de puissance requis
- Z_1 = Impédance ajustable pour obtenir un courant inférieur au courant conditionnel de court-circuit assigné
- Z_2 = Impédance ajustable pour l'étalonnage de I_{m1} et I_{nc1} , s'il y a lieu
- P = Dispositif de protection contre les courts-circuits (DPCC)
- D = Dispositif soumis à essai
- Masse = Toutes les parties conductrices normalement mises à la terre en service, y compris FE, le cas échéant
- G_1 = Connexion(s) temporaire(s) pour étalonnage
- G_2 = Connexion(s) pour l'essai avec courant conditionnel de court-circuit assigné
- T = Interrupteur pour le court-circuit
- I_1, I_2, I_3 = Capteur(s) de courant. Eventuellement situé(s) du côté aval ou amont du dispositif à l'essai, mais toujours du côté secondaire du transformateur
- I_4 = Capteur de courant supplémentaire, si nécessaire
- U_{r1} = Capteur(s) de tension
- F = Dispositif pour la détection d'un courant de défaut
- R1 = Résistance absorbant un courant d'environ 10 A
- R2 = Résistance limitant le courant dans le dispositif F

r = Résistance(s) prenant environ 0,6 % du courant (voir en 9.11.2.1)

S1 = Interrupteur auxiliaire

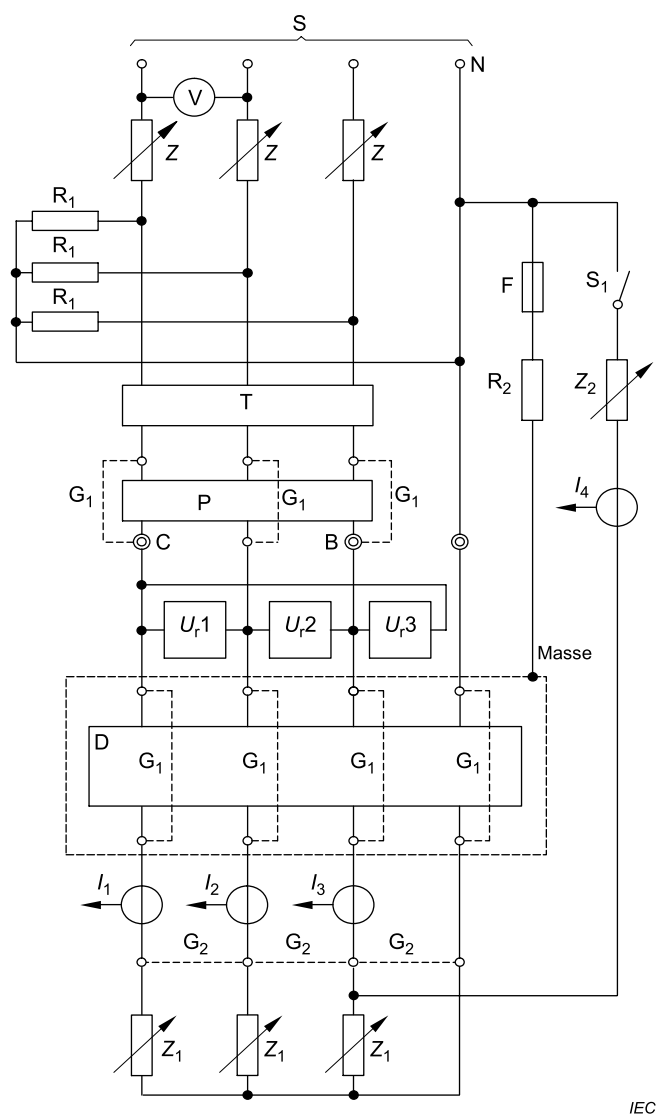
B and C = Points pour les connexions de la/des grille(s) indiquée(s) dans l'Annexe C

L = Inductance(s) réglable(s) sans fer

Le dispositif de fermeture T peut alternativement se trouver entre les bornes du côté aval du dispositif à l'essai et les capteurs de courant I1, I2 et I3, selon le cas.

La charge réglable Z peut se trouver du côté haute tension du circuit d'alimentation.

La résistance R1 peut être omise avec l'accord du constructeur.



IEC

Figure 19 – Schéma type pour tous les essais de court-circuit, excepté pour 9.11.2.4 c)

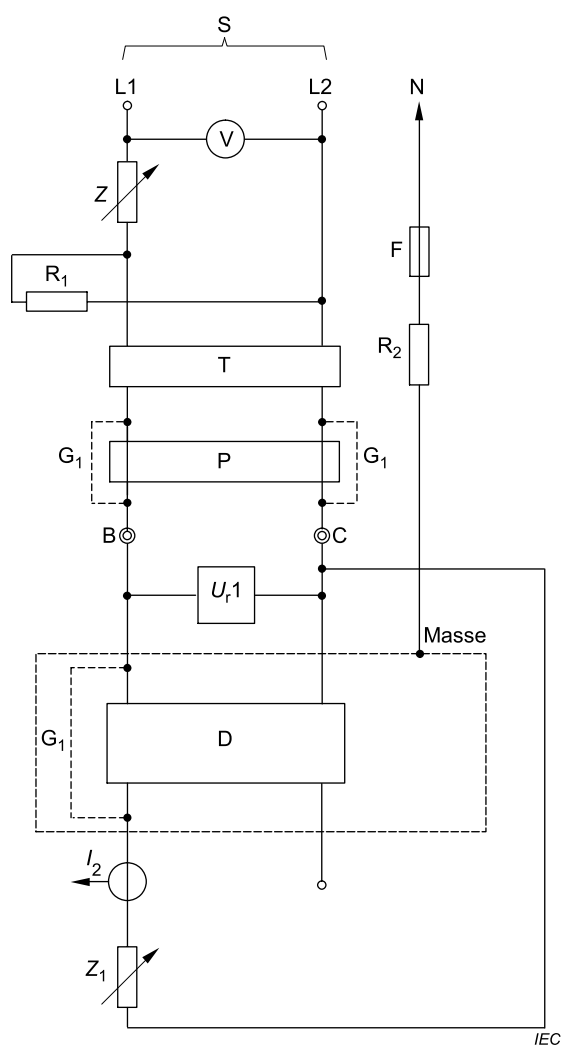


Figure 20 – Schéma type pour les essais de court-circuit 9.11.2.4 c)

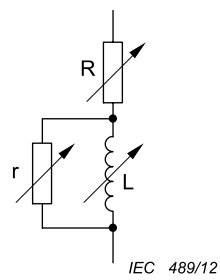
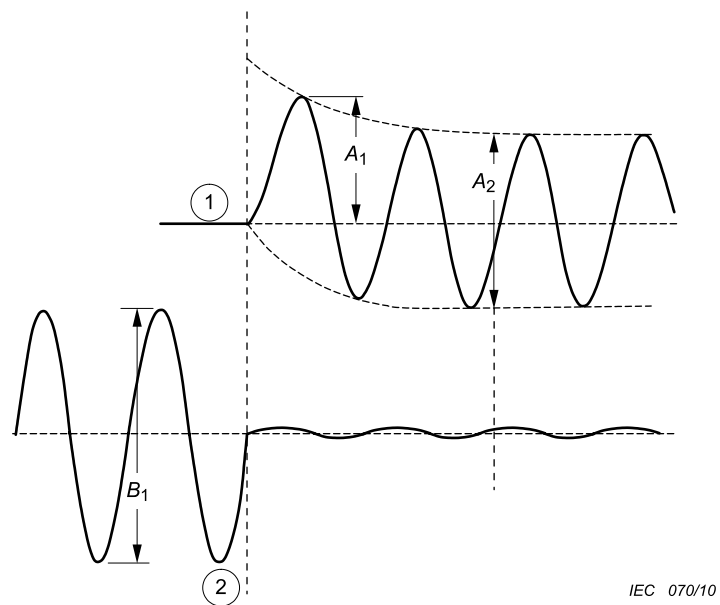


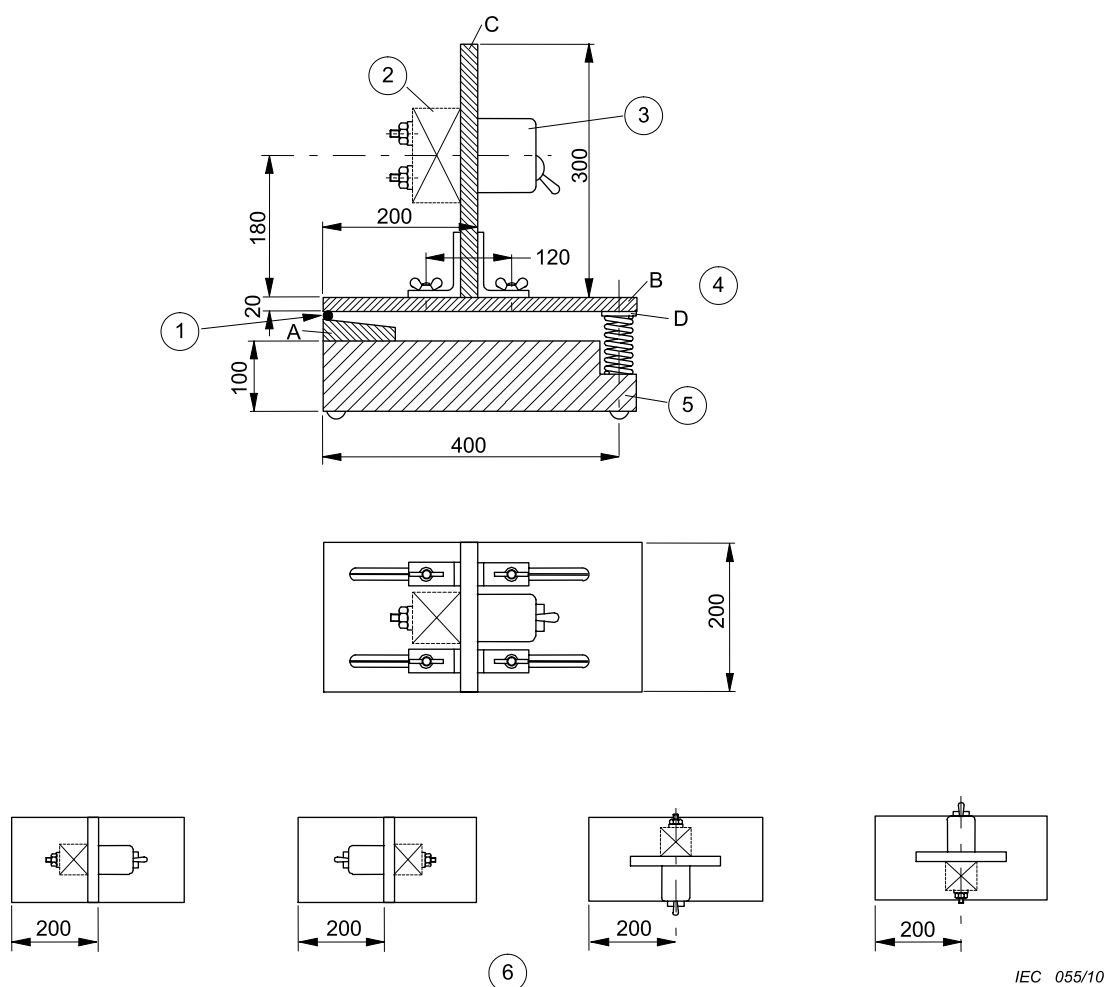
Figure 21 – Détail des impédances Z , Z_1 et Z_2



Légende

- 1 Courant
- 2 Tension

**Figure 22 – Exemple d'enregistrement d'étalonnage pour essai de court-circuit
(9.11.2.2j)**

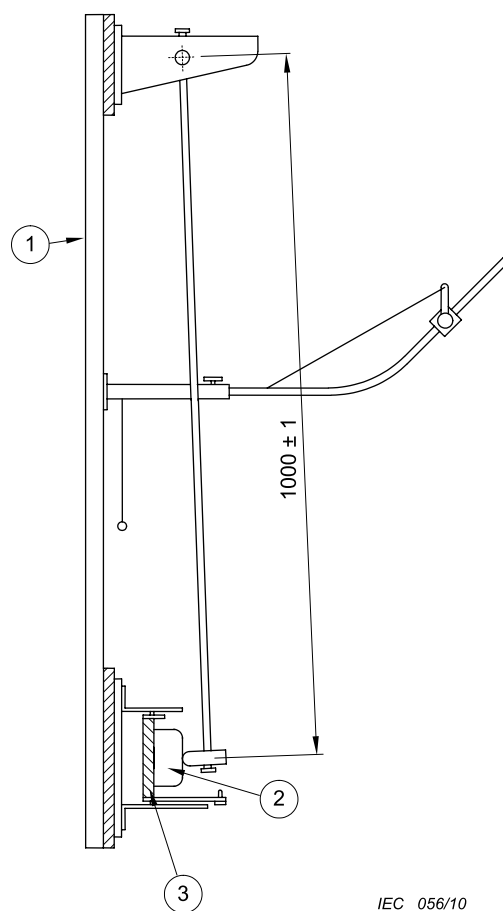


Dimensions en millimètres

Légende

- 1 Charnière
- 2 Masse additionnelle
- 3 Echantillon
- 4 Plaque-butée métallique
- 5 Bloc de béton
- 6 Positions d'essai successives

Figure 23 – Appareil pour l'essai aux secousses (9.12.1)

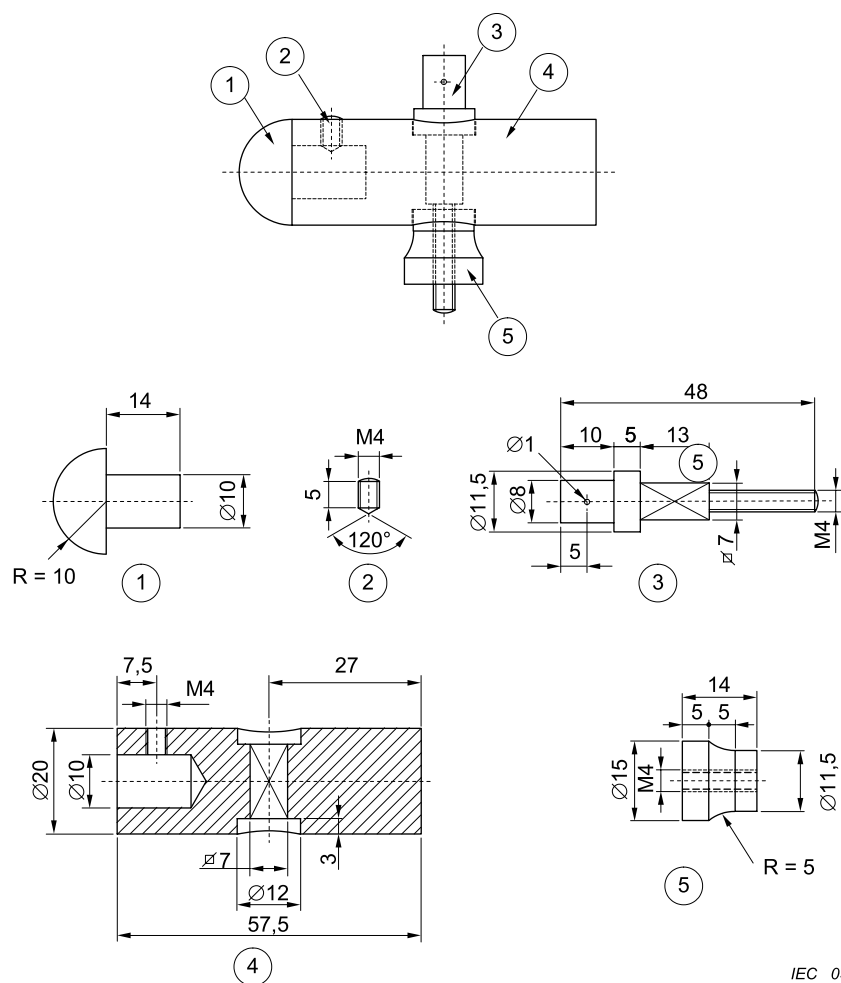


Dimensions en millimètres

Légende

- 1 Support
- 2 Echantillon
- 3 Support d'appui

Figure 24 – Appareil d'essai de choc mécanique (9.12.2.2)



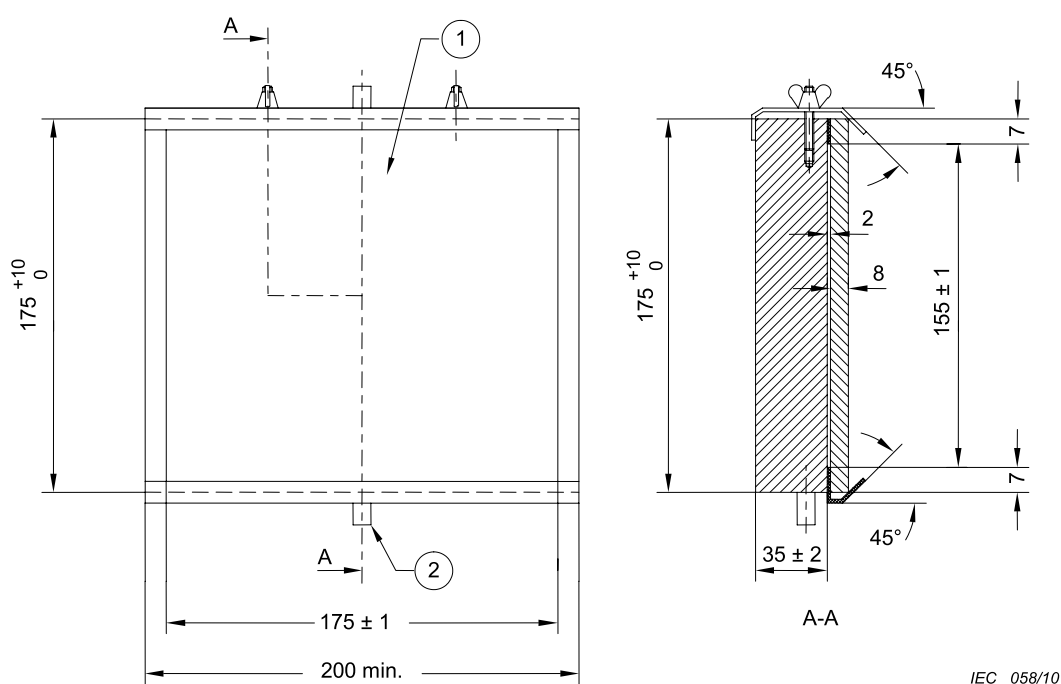
IEC 057/10

Dimensions en millimètres

Légende

- 1 Polyamide
- 2, 3, 4, 5 Acier Fe 360

Figure 25 – Pièce de frappe pour pendule d'essai de choc (9.12.2.2)

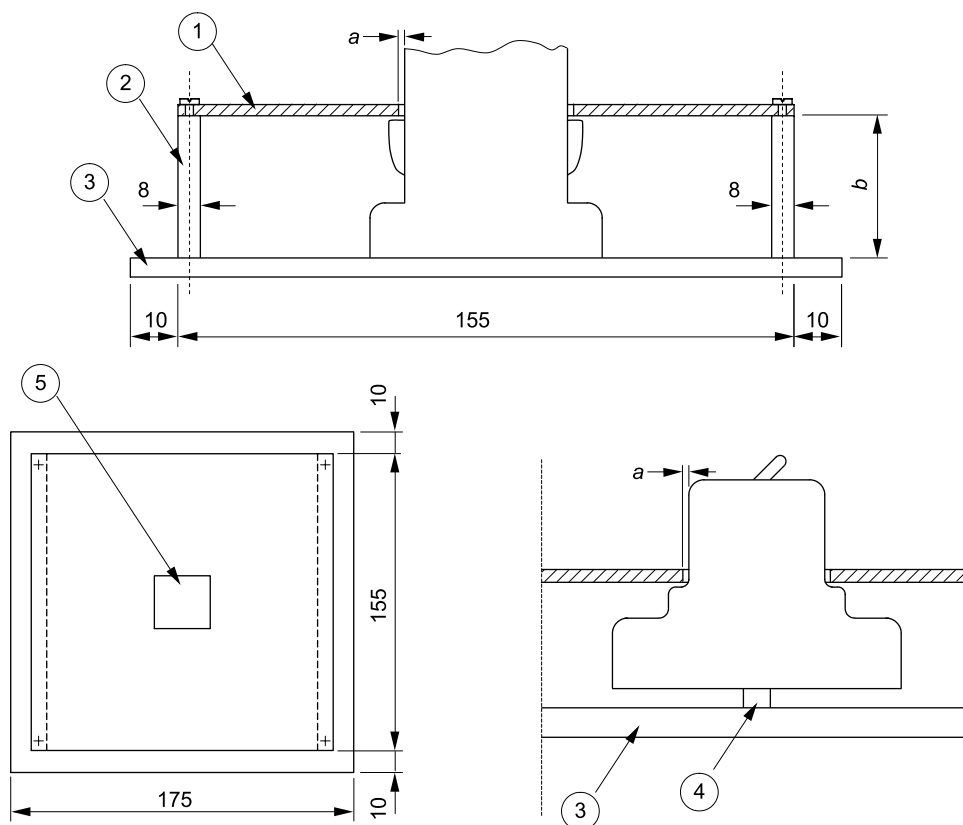


Dimensions en millimètres

Légende

- 1 Panneau de contre-plaqué
- 2 Pivot

Figure 26 – Support de montage pour l'échantillon pour l'essai de choc mécanique (9.12.2.2)



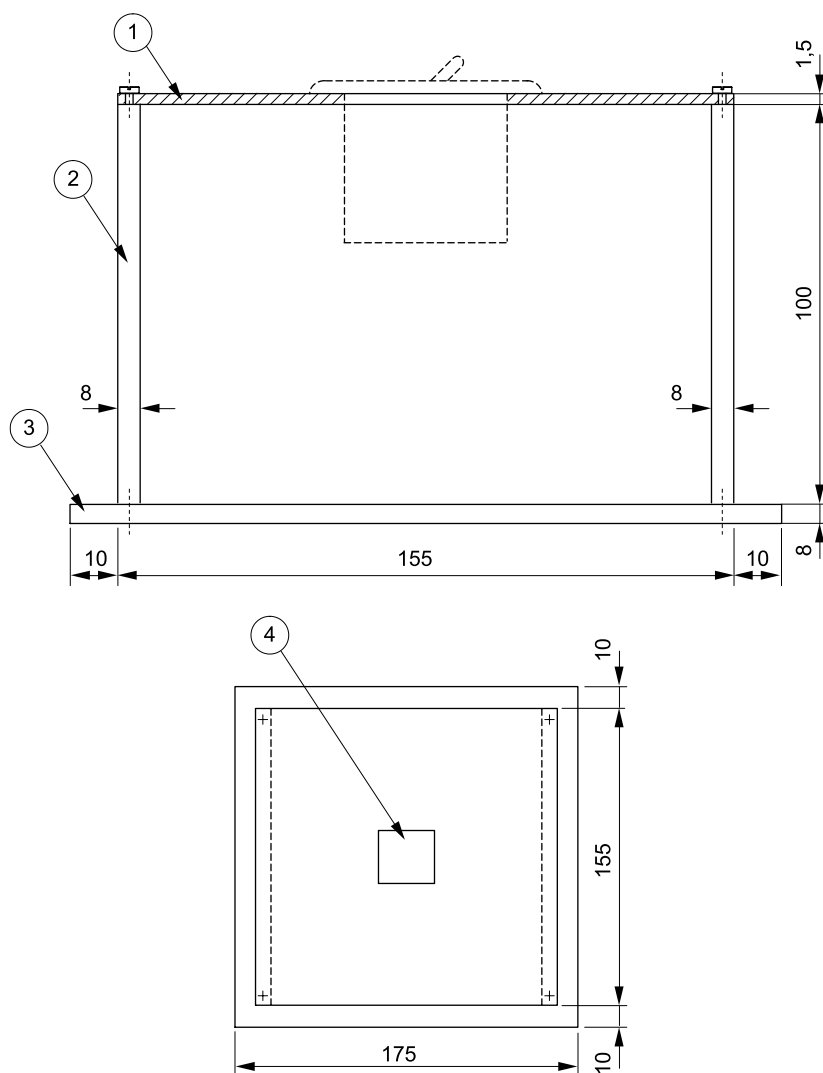
IEC 059/10

Légende

- 1 Plaque d'acier interchangeable d'épaisseur 1 mm
- 2 Plaques d'aluminium d'épaisseur 8 mm
- 3 Plaque de montage
- 4 Rail pour les DPDA prévus pour être montés sur rails
- 5 Passage dans la plaque d'acier pour le DPDA
- a* la distance entre le bord du passage et les parois du DPDA doit être comprise entre 1 mm et 2 mm.
- b* la hauteur des plaques d'aluminium doit être telle que la plaque d'acier est appliquée sur les épaulements du DPDA; si le DPDA n'est pas muni de tels épaulements, la distance des parties actives, qui doivent être protégées par un capot additionnel, à la face inférieure de la plaque d'acier, est de 8 mm.

Dimensions en millimètres

Figure 27 – Exemple de fixation d'un DPDA ouvert pour l'essai de choc mécanique (9.12.2.2)



IEC 060/10

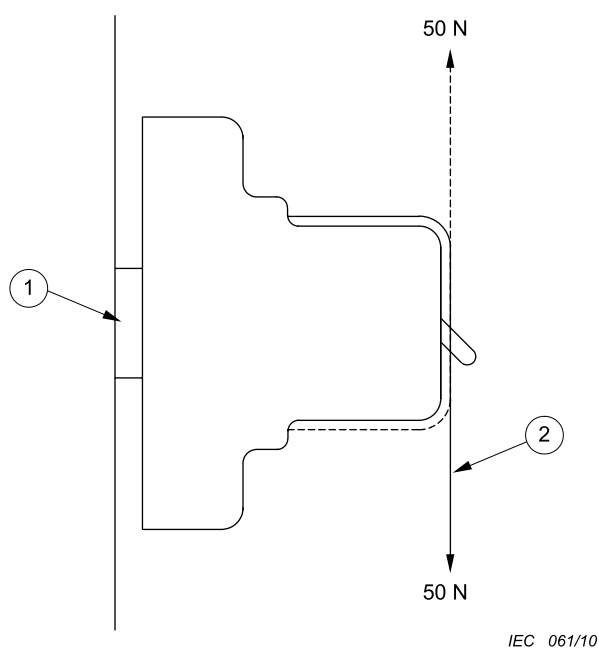
Dimensions en millimètres

Légende

- 1 Plaque d'acier interchangeable d'épaisseur 1,5 mm
- 2 Plaques d'aluminium d'épaisseur 8 mm
- 3 Plaque de montage
- 4 Passage dans la plaque d'acier pour le DPDA

Les dimensions peuvent être augmentées pour les cas particuliers.

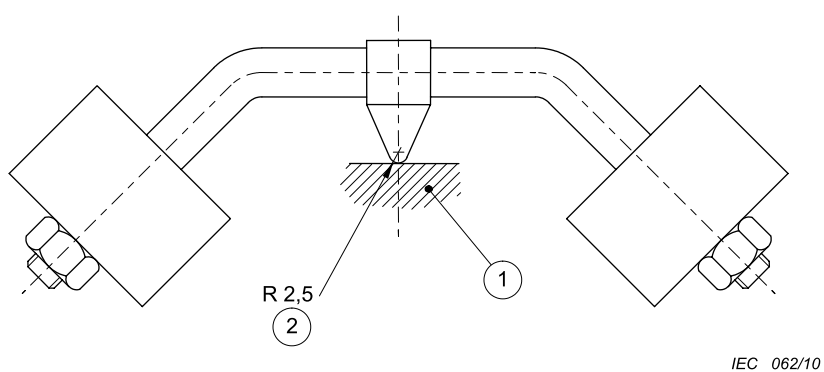
Figure 28 – Exemple de fixation du DPDA pour montage en tableau pour l'essai de choc mécanique (9.12.2.2)



Légende

- 1 Rail
- 2 Corde

Figure 29 – Application de la force pour l'essai mécanique sur un DPDA pour montage sur rail (9.12.2.3)



Légende

- 1 Échantillon
- 2 Sphérique

Figure 30 – Appareil pour l'essai à la bille (9.13.2)

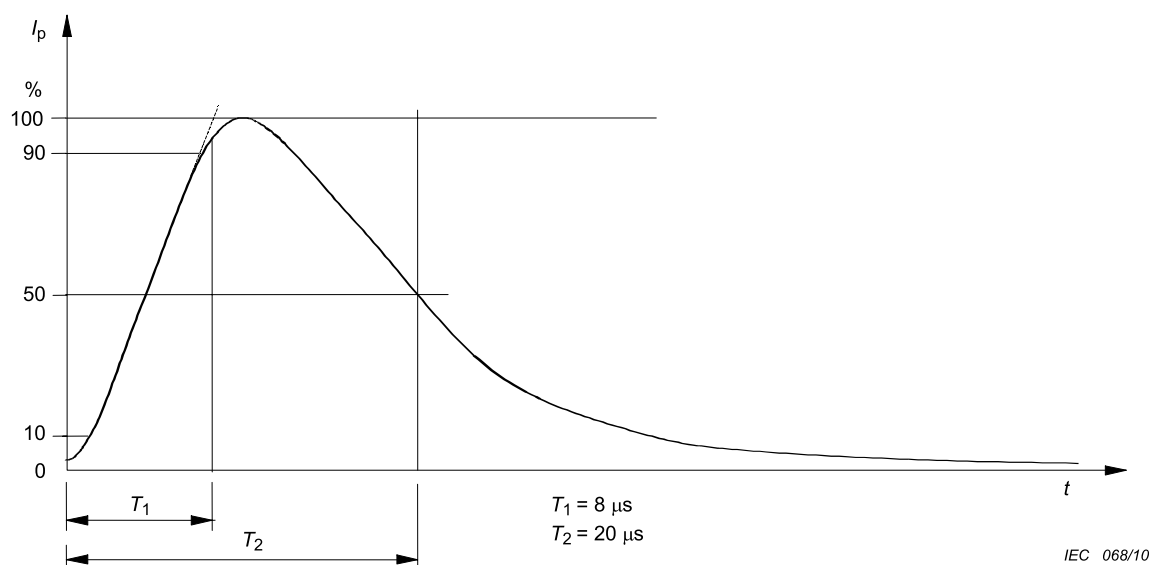
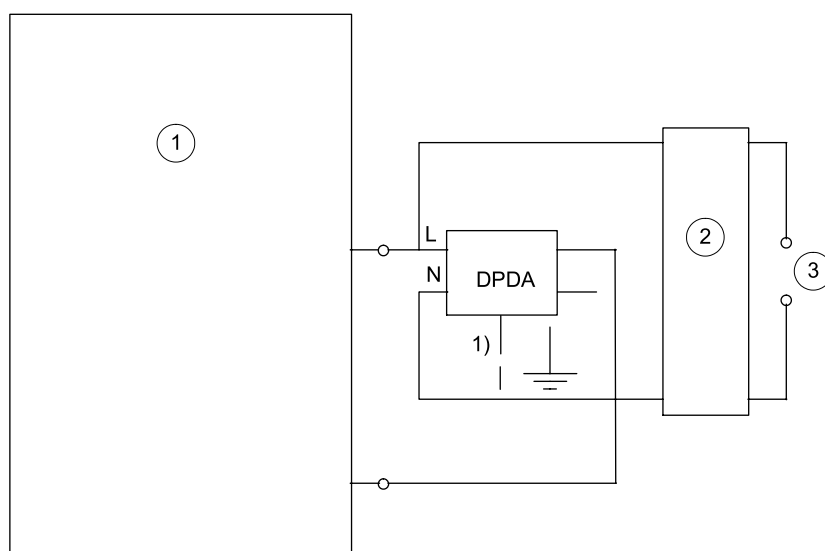


Figure 31 – Onde de courant 8/20 μs



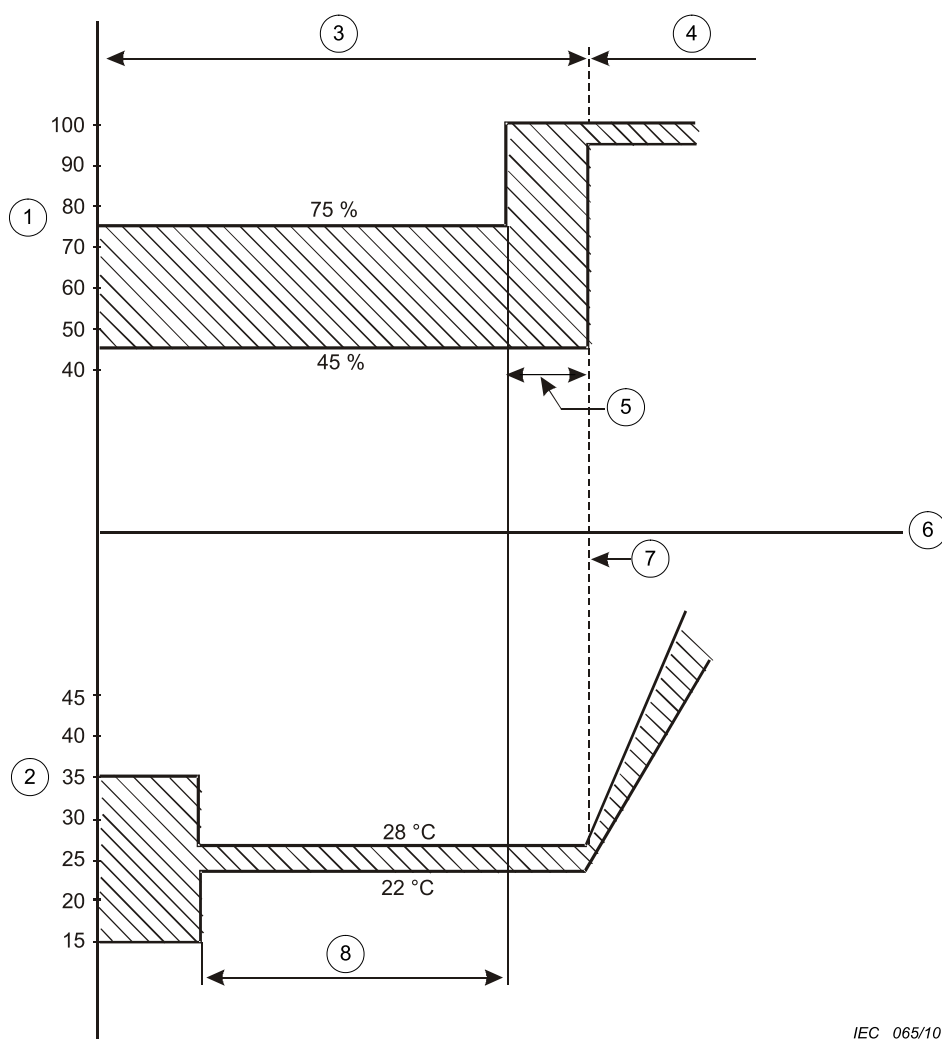
IEC 1563/13

Légende

- 1 Générateur d'onde de courant 8/20 μs
- 2 Filtre
- 3 Alimentation

1) Si le DPDA possède une borne de terre, il convient que celle-ci soit connectée à la borne de neutre s'il y a lieu et si elle est repérée sur le DPDA, à une borne de phase quelconque.

Figure 32 – Circuit pour l'essai des DPDA à l'onde de courant

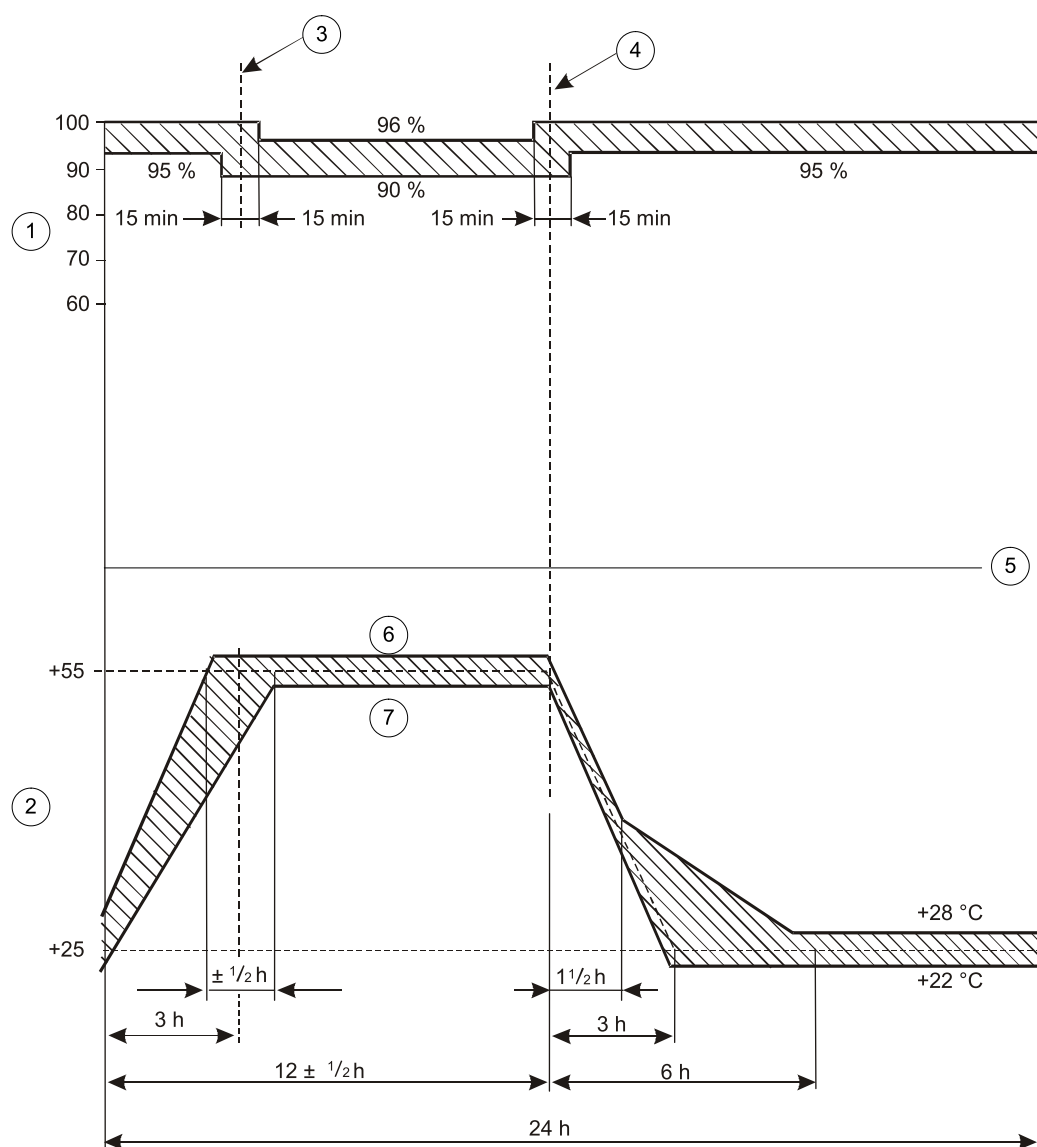


IEC 065/10

Légende

- 1 Humidité relative (%)
- 2 Température ambiante (°C)
- 3 Période de stabilisation
- 4 Premier cycle
- 5 Temps requis pour atteindre 95 %-100 % d'humidité relative (inférieur ou égal à 1 h)
- 6 Temps
- 7 Début du premier cycle
- 8 Temps requis pour atteindre la stabilité thermique du spécimen en essai

Figure 33 – Période de stabilisation pour l'essai de fiabilité (9.19.2.3)

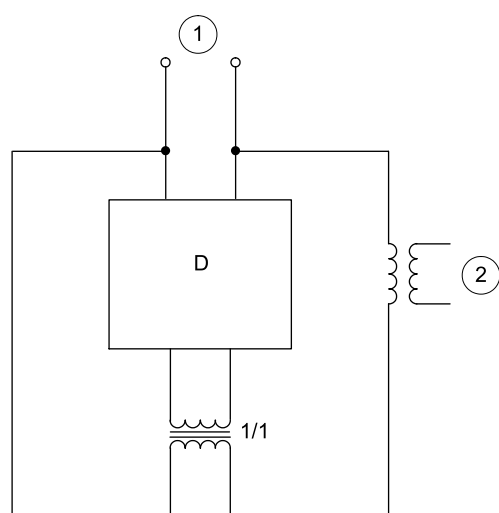


IEC 066/10

Légende

- 1 Humidité relative (%)
- 2 Température ambiante (°C)
- 3 Fin de l'élévation de température
- 4 Début de la diminution de température
- 5 Temps
- 6 Température supérieure +57 °C
- 7 Température inférieure +53 °C

Figure 34 – Cycle d'essai de fiabilité (9.19.2.3)

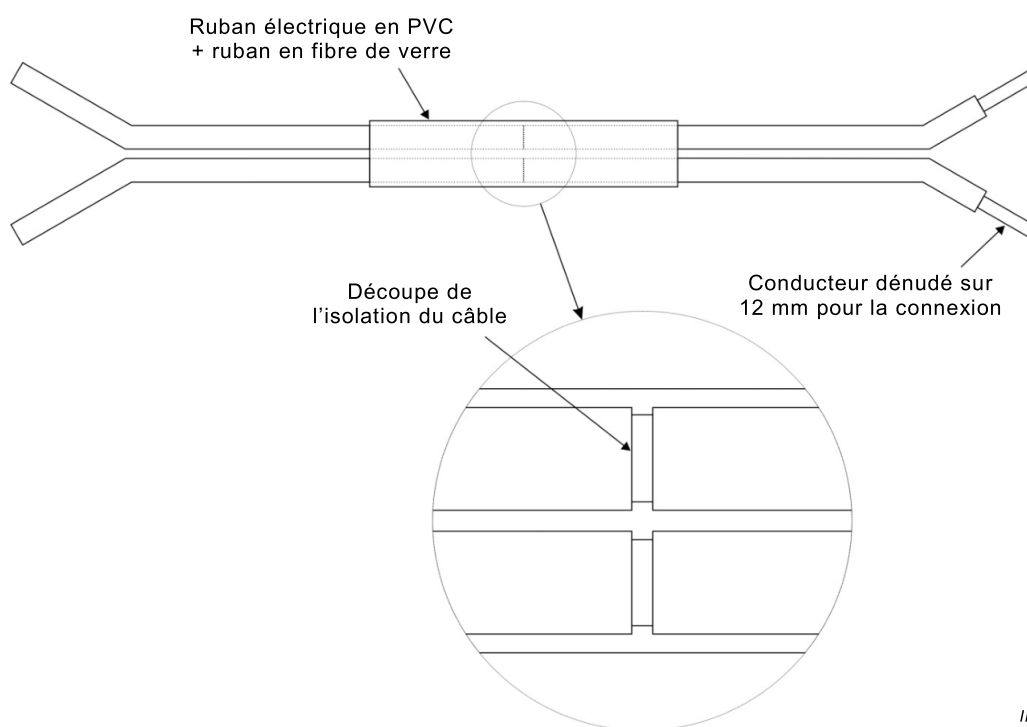


IEC 067/10

Légende

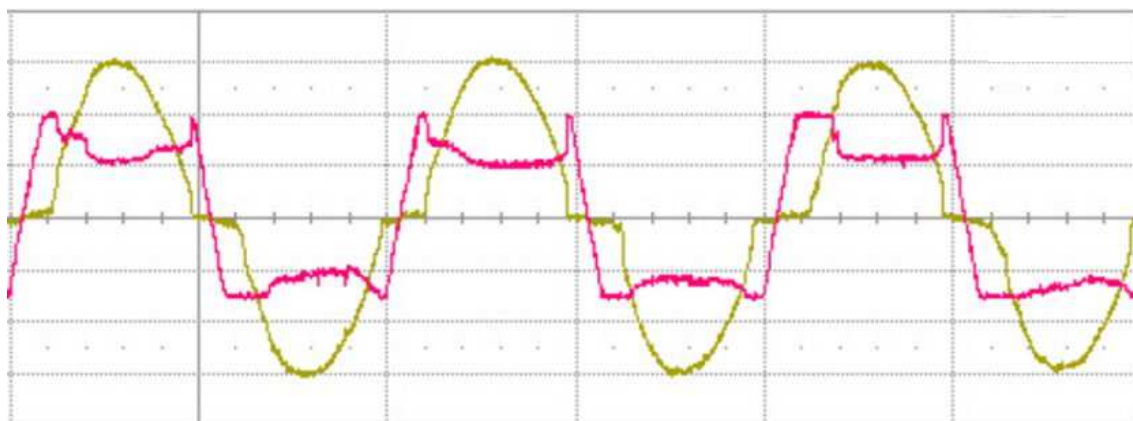
- 1 Alimentation à $1,1 U_n$
- 2 Alimentation en courant

Figure 35 – Exemple de circuit d'essai pour la vérification du vieillissement des composants électroniques (9.20)



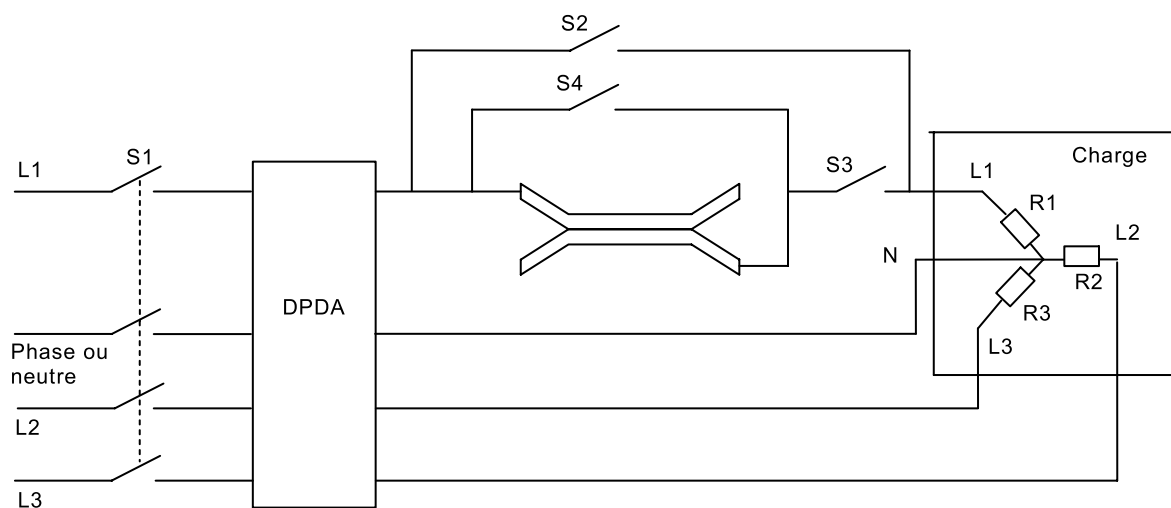
IEC

Figure 36 – Préparation des échantillons de câbles (9.9.2.6)



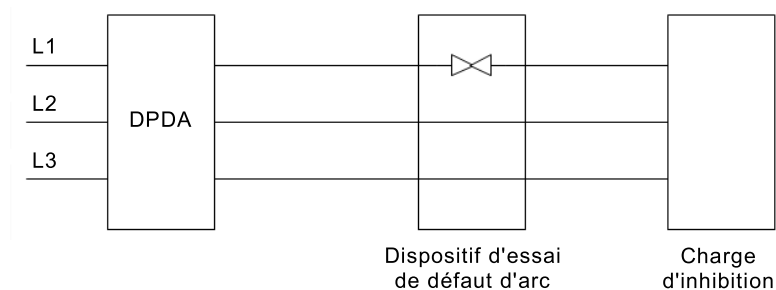
IEC 1565/13

Figure 37 – Exemple de la tension d'arc et de la forme de la curen obtenu avec le cable pour l'essai



IEC

Figure 38 – Circuit d'essai pour arc en série dans un système triphasé avec une charge équilibrée et non équilibrée



IEC

Figure 39 – Configuration d'essai pour essais d'aveuglement pour DPDA tripolaires et quadripolaires

Annexe A (normative)

Séquences d'essais et nombre d'échantillons à essayer en vue de la certification²

A.1 Séquences d'essais

Les essais sont effectués selon le Tableau A.1 de cette annexe, les essais de chaque séquence étant effectués dans l'ordre indiqué.

Pour les dispositifs classés selon 4.1.1, les séquences d'essais sont indiquées dans le Tableau A.1.

Pour les dispositifs classés selon 4.1.2, les DPDA doivent dans un premier temps être mis à essai conformément à l'IEC 60898-1, l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1, l'IEC 62423 ou l'IEC 60269, selon le cas. Les séquences d'essais supplémentaires sont données dans le Tableau A.2.

Si les séquences d'essais incluses dans cette norme sont également présentes dans l'IEC 60898-1, l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou l'IEC 62423, les essais les plus stricts parmi toutes les normes applicables doivent être appliqués une seule fois, mais les critères d'acceptation combinent les critères d'acceptation de toutes les normes applicables.

Pour les dispositifs classés selon 4.1.3, les DPDA doivent d'abord être assemblés avec le(s) dispositif(s) de protection déclaré(s), tel qu'indiqué par le constructeur.

La procédure d'essai indiquée dans la présente norme ainsi que les exigences supplémentaires et l'essai mentionné dans l'Annexe D doivent ensuite s'appliquer. Les séquences d'essais supplémentaires sont données dans le Tableau A.3.

En ce qui concerne les DPDA destinés à être assemblés à plusieurs dispositifs de protection, la procédure d'essai doit être répétée pour chaque dispositif de protection déclaré par le constructeur ou les essais les plus stricts parmi toutes les normes applicables doivent être appliqués une seule fois, mais les critères d'acceptation combinent les critères d'acceptation de toutes les normes applicables.

² Le terme "certification" recouvre, soit la Déclaration de Conformité par le constructeur, soit la Certification par Tierce Partie, par exemple par un laboratoire indépendant.

Tableau A.1 – Séquences d'essais pour les DPDA classés selon 4.1.1

Séquence d'essais		Article ou paragraphe	Essai (ou inspection)
A		6	Marquage
		8.2.1	Généralités
		8.2.2	Mécanisme
		9.3	Indélébilité du marquage
		8.2.3	Distances d'isolement et lignes de fuite (parties externes seulement)
		9.15	Mécanisme à déclenchement libre
		9.4	Sûreté des vis, partie transportant le courant et connexions
		9.5	Sûreté des bornes pour conducteurs externes
		9.6	Protection contre les chocs électriques
		9.13	Résistance à la chaleur
		8.2.3	Distances d'isolement et lignes de fuite (parties externes)
		9.16	Résistance à la rouille
A ₂		9.14	Résistance à la chaleur anormale et au feu
B		9.7.7.4	Résistance de l'isolation des contacts ouverts et de l'isolation principale à une onde de surtension en usage normal
		9.7.7.5	Vérification du comportement des composants reliant l'isolation principale
		9.7.2	Résistance à l'humidité
		9.7.3	Résistance d'isolement du circuit principal
		9.7.4	Rigidité diélectrique du circuit principal
		9.7.5	Résistance d'isolement et rigidité diélectrique des circuits auxiliaires
		9.7.6	Tenue des circuits de commande connectés aux circuits principaux vis-à-vis des tensions continues élevées pendant les mesures d'isolement
		9.7.7.2	Vérification des distances d'isolement avec la tenue aux tensions de choc
		9.8	Echauffement
		9.19.3	Fiabilité à 40 °C
		9.20	Vieillessement des composants électroniques
C		9.10	Endurance mécanique et électrique
D	D ₀	9.9.2	Caractéristiques de fonctionnement (défaut d'arc en série)
		9.9.3	Caractéristiques de fonctionnement (défaut d'arc en parallèle)
		9.23	Vérification du comportement en cas de perte partielle des raccordements à l'alimentation
	D ₁	9.9.4	Essai d'aveuglement
		9.9.5	Déclenchements indésirables
		9.18	Comportement aux ondes de courant
		9.11.2.4 a) b)	Performances à I_{m1}
		9.12	Résistance aux secousses mécaniques et aux chocs
		9.17	Courant de non-fonctionnement en cas de surintensité
	D ₂	9.11.2.4 c)	Vérification de l'aptitude à l'emploi en systèmes IT

Séquence d'essais	Article ou paragraphe	Essai (ou inspection)
E	9.11.2.5 a) 9.11.2.3	Coordination à I_{nc} Performances à I_m
F	9.11.2.5 b) 9.11.2.5 c)	Coordination à I_m Coordination à I_{nc1}
G	9.19.1	Fiabilité (essais climatiques)
H	IEC 61543:1995/AMD1:2004, Tableau 4 -T1.1 IEC 61543:1995/AMD1:2004 Tableau 4 -T1.2 9.21 Tableau 21 – T2.3	Harmoniques, interharmoniques Transmission de signaux sur le secteur Ondes de choc
I	9.21 Tableau 21 – T2.1 9.21 Tableau 21 – T2.5 9.21 Tableau 21 – T2.2	Tensions ou courants induits oscillatoires Champ électromagnétique rayonné Transitoires rapides (salves)
J	9.21 Tableau 21 – T2.6 9.21 Tableau 21 -T3.1	Perturbations conduites en mode commun dans la gamme de fréquence inférieure à 150 kHz Décharges électrostatiques
NOTE L'essai de la séquence B, en 9.7, peut être effectué sur des échantillons séparés.		

Tableau A.2 – Séquences d'essais pour les DPDA classés selon 4.1.2

Séquence d'essais		Article ou paragraphe	Essai (ou inspection)
A		6	Marquage
		8.2.1	Généralités
		8.2.2	Mécanisme
		9.3	Indélébilité du marquage
		8.2.3	Distances d'isolement et lignes de fuite (parties externes seulement)
		9.15	Mécanisme à déclenchement libre
		9.4	Sûreté des vis, partie transportant le courant et connexions
		9.5	Sûreté des bornes pour conducteurs externes
		9.6	Protection contre les chocs électriques
		9.13	Résistance à la chaleur
		8.2.3	Distances d'isolement et lignes de fuite (parties externes)
		9.16	Résistance à la rouille
A2		9.14	Résistance à la chaleur anormale et au feu
B		9.7.7.4	Résistance de l'isolation des contacts ouverts et de l'isolation principale à une onde de surtension en usage normal
		9.7.7.5	Vérification du comportement des composants reliant l'isolation principale
		9.7.2	Résistance à l'humidité
		9.7.3	Résistance d'isolement du circuit principal
		9.7.4	Rigidité diélectrique du circuit principal
		9.7.5	Résistance d'isolement et rigidité diélectrique des circuits auxiliaires
		9.7.6	Tenue des circuits de commande connectés aux circuits principaux vis-à-vis des tensions continues élevées pendant les mesures d'isolement
		9.7.7.2	Vérification des distances d'isolement avec la tenue aux tensions de choc
		9.8	Echauffement
		9.19.3	Fiabilité à 40 °C
	9.20	Vieillissement des composants électroniques	
C		9.10	Endurance mécanique et électrique
D	D ₀	9.9.2	Caractéristiques de fonctionnement (défaut d'arc en série)
		9.9.3	Caractéristiques de fonctionnement (défaut d'arc en parallèle)
		9.23	Vérification du comportement en cas de perte partielle des raccordements à l'alimentation
	D ₁	9.9.4	Essai d'aveuglement
		9.9.5	Déclenchements indésirables
		9.18	Comportement aux ondes de courant
		9.12	Résistance aux secousses mécaniques et aux chocs
		9.17	Courant de non-fonctionnement en cas de surintensité
	D ₂	9.11.1	Vérification des DPDA après la séquence C ₂ de l'IEC 60898-1, la séquence D ₂ de l'IEC 61008-1 ou la séquence C ₂ de l'IEC 61009-1

Séquence d'essais	Article ou paragraphe	Essai (ou inspection)
E	9.11.1	Vérification des DPDA après la séquence E ₁ de l'IEC 60898-1, la séquence F de l'IEC 61008-1 ou la séquence F ₀ de l'IEC 61009-1
F	9.11.1	Vérification des DPDA après la séquence E ₂ de l'IEC 60898-1, la séquence E de l'IEC 61008-1 ou la séquence F ₁ de l'IEC 61009-1
G	9.19.1	Fiabilité (essais climatiques)
H	IEC 61543:1995/AMD1:2004, Tableau 4 -T1.1	Harmoniques, interharmoniques
	IEC 61543:1995/AMD1:2004 Tableau 4 -T1.2	Transmission de signaux sur le secteur
	9.21 Tableau 21 – T2.3	Ondes de choc
I	9.21 Tableau 21 – T2.1	Tensions ou courants induits oscillatoires
	9.21 Tableau 21 – T2.5	Champ électromagnétique rayonné
	9.21 Tableau 21 – T2.2	Transitoires rapides (salves)
J	9.21 Tableau 21 – T2.6	Perturbations conduites en mode commun dans la gamme de fréquence inférieure à 150 kHz
	9.21 Tableau 21 -T3.1	Décharges électrostatiques

Tableau A.3 – Séquences d'essais pour les DPDA classés selon 4.1.3

Séquence d'essais		Article ou paragraphe	Essai (ou inspection)
A ^b		6, D.4 8.2.1, D.5.1 8.2.2 9.3 8.2.3 9.15 9.4 9.5 9.6 9.13 8.2.3 9.16	Marquage Généralités Mécanisme Indélébilité du marquage Distances d'isolement et lignes de fuite (parties externes seulement) Mécanisme à déclenchement libre Sûreté des vis, partie transportant le courant et connexions Sûreté des bornes pour conducteurs externes Protection contre les chocs électriques Résistance à la chaleur Distances d'isolement et lignes de fuite (parties externes) Résistance à la rouille
A2		9.14	Résistance à la chaleur anormale et au feu
B		9.7.7.4 9.7.7.5 9.7.2 9.7.3 9.7.4 9.7.5 9.7.6 9.7.7.2 9.8 9.19.3 9.20	Résistance de l'isolation des contacts ouverts et de l'isolation principale à une onde de surtension en usage normal Vérification du comportement des composants reliant l'isolation principale Résistance à l'humidité Résistance d'isolement du circuit principal Rigidité diélectrique du circuit principal Résistance d'isolement et rigidité diélectrique des circuits auxiliaires Tenue des circuits de commande connectés aux circuits principaux vis-à-vis des tensions continues élevées pendant les mesures d'isolement Vérification des distances d'isolement avec la tenue aux tensions de choc Echauffement Fiabilité à 40 °C Vieillessement des composants électroniques
C		9.10	Endurance mécanique et électrique
D	D ₀	D.6.4	Vérification des dispositifs déclarés désassemblés
		9.9.2	Caractéristiques de fonctionnement (défaut d'arc en série)
		9.9.3	Caractéristiques de fonctionnement (défaut d'arc en parallèle)
		9.23	Vérification du comportement en cas de perte partielle des raccordements à l'alimentation
	D ₁	9.9.4	Essai d'aveuglement
		9.9.5	Déclenchements indésirables
		9.18	Comportement aux ondes de courant
		9.12	Résistance aux secousses mécaniques et aux chocs
		9.17	Courant de non-fonctionnement en cas de surintensité
	D ₂	9.11.1	Vérification des DPDA après la séquence C ₂ de l'IEC 60898-1, la séquence D ₂ de l'IEC 61008-1 ou la séquence C ₂ de l'IEC 61009-1
E		9.11.1	Vérification des DPDA après la séquence E ₁ de l'IEC 60898-1, la séquence F de l'IEC 61008-1 ou la séquence F ₀ de l'IEC 61009-1
F		9.11.1	Vérification des DPDA après la séquence E ₂ de l'IEC 60898-1, la séquence E de l'IEC 61008-1 ou la séquence F ₁ de l'IEC 61009-1
G		9.19.1	Fiabilité (essais climatiques)

Séquence d'essais	Article ou paragraphe	Essai (ou inspection)
H	IEC 61543:1995/AMD1:2004, Tableau 4 -T1.1	Harmoniques, interharmoniques
	IEC 61543:1995/AMD1:2004 Tableau 4 -T1.2	Transmission de signaux sur le secteur
	9.21 Tableau 21 – T2.3	Ondes de choc
I	9.21 Tableau 21 – T2.1	Tensions ou courants induits oscillatoires
	9.21 Tableau 21 – T2.5	Champ électromagnétique rayonné
	9.21 Tableau 21 – T2.2	Transitoires rapides (salves)
J	9.21 Tableau 21 – T2.6	Perturbations conduites en mode commun dans la gamme de fréquence inférieure à 150 kHz
	9.21 Tableau 21 -T3.1	Décharges électrostatiques
^b Les essais 9.3, 9.4, 9.5, 9.13, 9.14 et 9.15 sont également exécutés sur le Module PDA, conformément à D.6.2		

A.2 Nombre d'échantillons à soumettre à la procédure d'essai complète

Si un seul type de DPDA avec une valeur nominale de courant est mis à essai, le nombre d'échantillons à soumettre aux différentes séries d'essais est celui indiqué dans le Tableau A.4 où sont également indiqués les critères minimaux de performances.

Si tous les échantillons présentés selon la deuxième colonne du Tableau A.4 réussissent les essais, la conformité à la norme est satisfaite. Si le nombre minimal donné dans la troisième colonne satisfait uniquement aux essais, des échantillons supplémentaires comme indiqué dans la quatrième colonne doivent être soumis à essai et doivent alors satisfaire entièrement à la séquence d'essais.

Tableau A.4 – Nombre d'échantillons à soumettre à la procédure d'essai complète

Séquence d'essais a	Nombre d'échantillons	Nombre minimal d'échantillons acceptés b	Nombre d'échantillons pour les essais recommencés c
A	1	1	–
B	3	2	3
C	3	2	3
D ₀	3	2 ^d	3
D ₁	3	2 ^d	3
D ₂	3	3	3
E	3	2 ^d	3
F	3	2 ^d	3
G	3	2	3
H ^e	3	2	3
I ^e	3	2	3
J ^e	3	2	3

a Au total, un nombre maximum de trois séquences d'essais peut être recommencé.

b Il est supposé que tout échantillon qui n'a pas satisfait à un essai n'a pas répondu aux exigences en raison de défauts à la fabrication ou au montage qui ne sont pas représentatifs de la conception.

c Dans le cas des essais répétés, tous les résultats d'essai doivent être acceptables.

d Tous les échantillons doivent satisfaire aux exigences de 9.9.2, 9.9.3 et 9.11.2.4, selon le cas. De plus, un arc permanent ou un amorçage entre les pôles ou entre les pôles et les châssis ne doit se produire sur aucun échantillon pendant les essais des 9.11.2.3, 9.11.2.5 a), 9.11.2.5 b) ou 9.11.2.5 c).

e A la demande du fabricant, le même groupe d'échantillons peut être soumis à plusieurs de ces séquences d'essais.

A.3 Nombre d'échantillons à soumettre à des procédures d'essais simplifiées en cas de présentation simultanée d'une série de DPDA de même conception de base

A.3.1 Si une série de DPDA de même conception de base ou une extension à une telle série de DPDA est présentée pour la certification, le nombre d'échantillons à soumettre à essai peut être réduit suivant le Tableau A.5.

NOTE Pour le besoin de cette annexe, la même conception de base contient une série de courants assignés (I_n) et/ou des nombres de pôles différents.

Les DPDA peuvent être considérés comme ayant la même conception de base si toutes les conditions suivantes sont satisfaites:

- 1) ils dérivent du même modèle fondamental;
- 2) les organes de manœuvre possèdent un mécanisme de déclenchement identique;
- 3) les matériaux, finitions et dimensions des parties intérieures transportant le courant sont identiques hormis les variations explicitées en a) ci-dessous;
- 4) les bornes sont de conception similaire (voir b) ci-dessous);
- 5) la taille, la matière, la configuration et la méthode de fixation des contacts sont identiques;
- 6) le mécanisme de commande manuelle, les matériaux et les caractéristiques physiques sont identiques;
- 7) le moulage et les matériaux isolants sont identiques;

- 8) la méthode, les matériaux et la construction du système d'extinction de l'arc sont identiques;
- 9) la conception de base du dispositif de détection de courant est identique, pour un type de caractéristique donné, hormis les variations admises en c) ci-dessous;
- 10) la conception de base du dispositif d'essai, le cas échéant, est identique.

Les variations suivantes sont autorisées sous réserve que les DPDA satisfassent en tous autres points aux exigences détaillées ci-dessus:

- a) aire de la section droite des connexions internes transportant du courant et longueurs des connexions au tore;
- b) dimensions des bornes;
- c) nombre de spires et aire de section des enroulements, ainsi que dimension et matériau constitutif du noyau du capteur de courant.

A.3.2 Pour les DPDA présentant la même classification, selon la méthode de conception (4.1) et une valeur nominale de courant différente, le nombre d'échantillons à mettre à l'essai peut être réduit, conformément au Tableau A.5.

Tableau A.5 – Nombre d'échantillons pour la procédure d'essai simplifiée

Séquence d'essais	Nombre d'échantillons ^{a b}
A	1 valeur assignée max. I_n
A ₂	3 valeur assignée max. I_n
B	3 valeurs assignées max. I_n
C	3 valeurs assignées max. I_n
D ₀	3 valeurs assignées max. I_n
D ₁	3 valeurs assignées max. I_n
D ₂	3 valeurs assignées max. I_n
E	3 valeurs assignées max. I_n
F	3 valeurs assignées max. I_n 3 valeurs assignées min. I_n
G	3 valeurs assignées max. I_n 3 valeurs assignées min. I_n
H	3 échantillons de même caractéristique I_n choisis au hasard ^c
I	3 échantillons de même caractéristique I_n choisis au hasard ^c
J	3 échantillons de même caractéristique I_n choisis au hasard ^c
^a Si un essai doit être répété selon les critères de performances minimaux de l'Article A.2, un nouveau lot d'échantillons est utilisé pour l'essai correspondant. Dans les essais recommencés, tous les essais doivent être acceptables. ^b Applicable aussi aux DPDA unipolaires avec neutre non coupé et aux DPDA bipolaires avec 1 pôle protégé. ^c Seulement le nombre le plus élevé de voies de courant.	

Annexe B **(normative)**

Détermination des distances d'isolement et des lignes de fuite

Pour la détermination des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite, il convient de tenir compte des points suivants.

B.1 Orientation et emplacement d'une ligne de fuite

Si nécessaire, le fabricant doit indiquer l'orientation prévue de l'équipement ou du composant de manière que les lignes de fuite ne soient pas malencontreusement détériorées par une accumulation de pollution pour laquelle elles n'étaient pas conçues.

B.2 Lignes de fuite lorsque plus d'un matériau est utilisé

Une ligne de fuite peut être divisée en plusieurs parties de différents matériaux et/ou peut avoir différents degrés de pollution si une des lignes de fuite est dimensionnée pour résister à la tension totale ou si la distance totale est dimensionnée en fonction du matériau ayant l'IRC le plus faible.

B.3 Lignes de fuite coupées par une partie conductrice flottante

Une ligne de fuite peut être divisée en plusieurs parties, dans le même matériau isolant, y compris ou séparée par des conducteurs flottants sous réserve que la somme des distances le long de chaque partie individuelle soit supérieure ou égale à la ligne de fuite exigée si la partie flottante n'existait pas.

La distance minimale X pour chaque partie individuelle de la ligne de fuite est donnée en 6.2 (voir aussi l'Exemple 11) de l'IEC 60664-1:2007.

B.4 Mesure des lignes de fuite et des distances d'isolement

Pour déterminer les lignes de fuite selon l'IEC 60664-1:2007, la dimension X spécifiée dans les exemples suivants a une valeur minimale de 1,0 mm pour un degré de pollution 2.

Si la distance d'isolement associée est inférieure à 3 mm, la largeur X minimale peut être réduite au tiers de la valeur de cette distance d'isolement.

Les méthodes de mesure des lignes de fuite et des distances d'isolement sont indiquées dans les Exemples 1 à 11 suivants. Ces exemples ne font pas de différence entre les intervalles et les rainures ou entre les types d'isolation.

Les suppositions suivantes ont été faites:

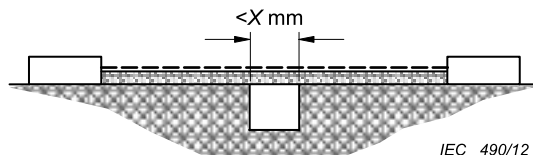
- tout puits est supposé être ponté par une liaison isolante de longueur égale à la largeur X spécifiée et placée dans la position la plus défavorable (voir l'Exemple 3);
- lorsque la distance au-dessus d'une rainure est supérieure ou égale à la largeur spécifiée X , la ligne de fuite est mesurée le long des contours de la rainure (voir l'Exemple 2);
- les lignes de fuite et les distances d'isolement mesurées entre les parties qui peuvent avoir différentes positions l'une par rapport à l'autre sont mesurées lorsque ces parties se trouvent dans leur position la plus défavorable.

----- Isolement



Ligne de fuite

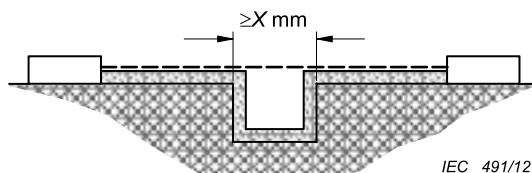
Exemple 1



Condition: ce chemin de ligne de fuite comprend une rainure à flancs parallèles ou convergents, de profondeur quelconque et de largeur inférieure à X mm.

Règle: la ligne de fuite et la distance d'isolement sont mesurées en ligne droite au-dessus de la rainure, comme indiqué ci-dessus.

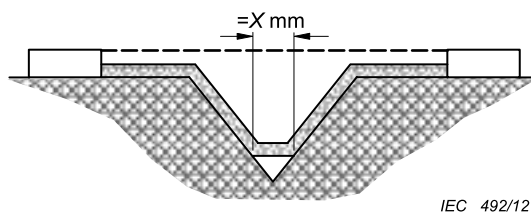
Exemple 2



Condition: ce chemin de ligne de fuite comprend une rainure à flancs parallèles, de profondeur quelconque et de largeur égale ou supérieure à X mm.

Règle: la distance d'isolement est la distance en ligne droite. Le chemin de la ligne de fuite longe le profil de la rainure.

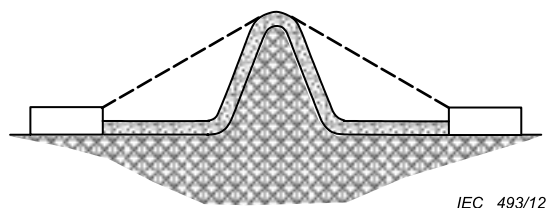
Exemple 3



Condition: ce chemin de ligne de fuite comprend une rainure en V dont la largeur est supérieure à X mm.

Règle: la distance d'isolement est la distance en ligne droite. Le chemin de la ligne de fuite longe le profil de la rainure, mais "court-circuite" le bas de la rainure par un tronçon de X mm.

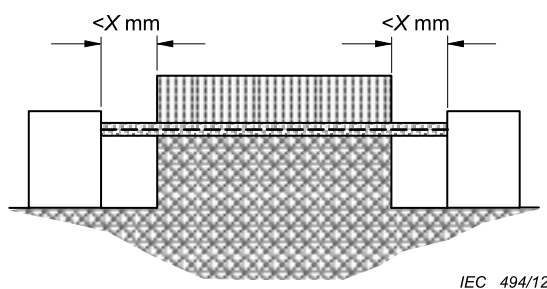
Exemple 4



Condition: ce chemin de ligne de fuite comprend une nervure.

Règle: la distance d'isolement est le chemin dans l'air le plus court par-dessus le sommet de la nervure. Le chemin de la ligne de fuite longe le profil de la nervure.

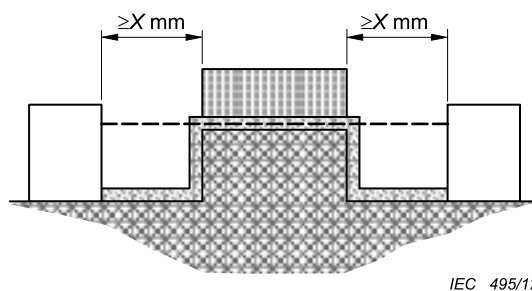
Exemple 5



Condition: ce chemin de ligne de fuite comprend deux parties non collées avec des rainures de largeur inférieure à X mm de chaque côté.

Règle: le chemin de la ligne de fuite et de la distance d'isolement est la distance en ligne droite indiquée ci-dessus.

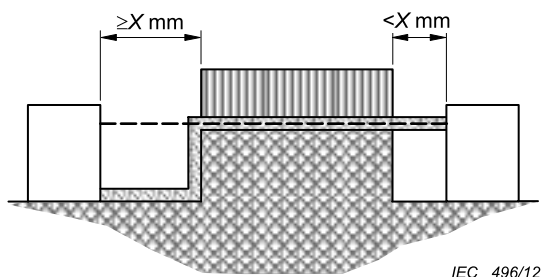
Exemple 6



Condition: ce chemin de ligne de fuite comprend deux parties non collées avec des rainures de largeur égale ou supérieure à X mm de chaque côté.

Règle: la distance d'isolement est la distance en ligne droite. Le chemin de la ligne de fuite longe le profil des rainures.

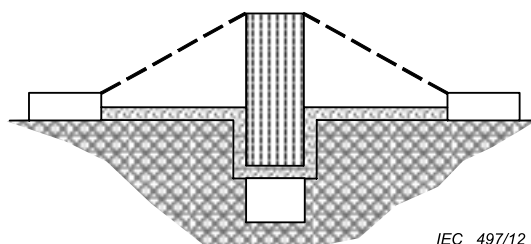
Exemple 7



Condition: ce chemin de ligne de fuite comprend deux parties non collées avec, d'un côté une rainure de largeur inférieure à X mm et, de l'autre côté, une rainure de largeur égale ou supérieure à X mm.

Règle: les chemins de la distance d'isolement et de la ligne de fuite sont indiqués ci-dessus.

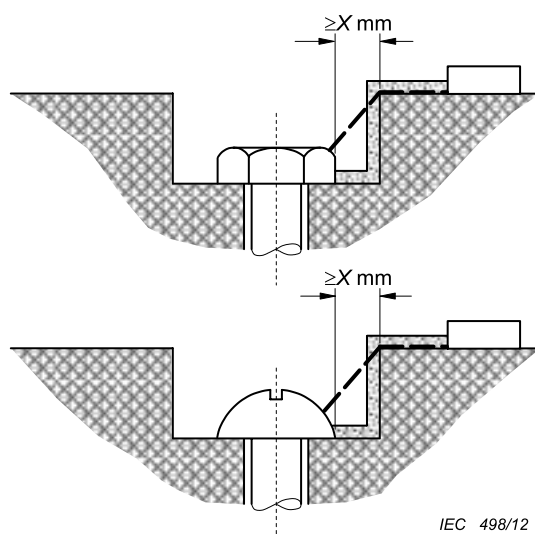
Exemple 8



Condition: la ligne de fuite à travers le joint non collé est inférieure à la ligne de fuite par-dessus la barrière.

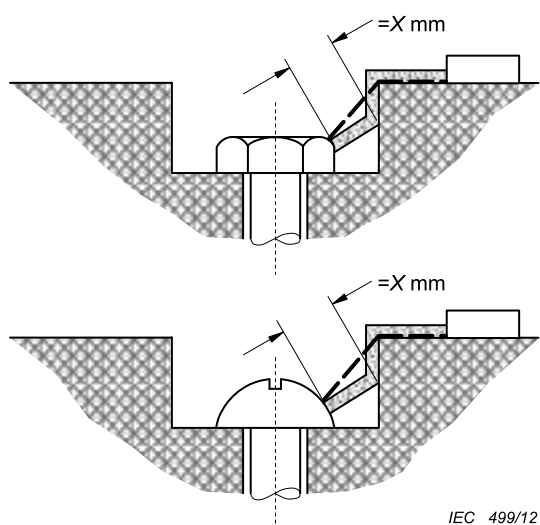
Règle: la distance d'isolement est le chemin dans l'air le plus court par-dessus le sommet de la barrière.

Exemple 9



Distance suffisante entre tête de vis et paroi du logement pour être prise en compte.

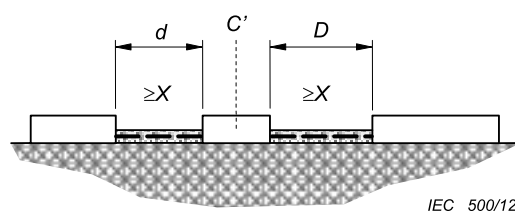
Exemple 10



Distance trop faible entre tête de vis et paroi du logement pour être prise en compte.

La mesure de la ligne de fuite s'effectue de la vis à la paroi quand la distance est égale à X mm.

Exemple 11



C' partie flottante

Distance d'isolement = $d + D$

Ligne de fuite aussi = $d + D$



Isolement



Ligne de fuite

Annexe C (normative)

Condition pour la détection de l'émission de gaz ionisés pendant les essais de court-circuit

L'appareil à mettre à l'essai est installé comme il est décrit à la Figure C.1, ce qui peut nécessiter une adaptation aux spécificités de l'appareil et en accord avec les instructions du constructeur.

Selon les besoins (c'est-à-dire pendant les manœuvres "O"), une feuille transparente de polyéthylène de $(0,05 \pm 0,01)$ mm, qui dépasse d'au moins 50 mm les dimensions hors tout de la face avant de l'appareil dans toutes les directions, mais non inférieure à 200 mm × 200 mm, est fixée et tendue de manière raisonnable dans un cadre, placé à 10 mm

- de la position la plus débordante de l'organe de manœuvre pour un appareil dont l'organe de manœuvre ne se trouve pas dans un renforcement;
- du bord du renforcement d'un appareil dont l'organe de manœuvre se trouve dans un renforcement.

Il convient que la feuille ait les propriétés physiques suivantes:

Masse volumique à 23 °C: $0,92 \text{ g/cm}^3 \pm 0,05 \text{ g/cm}^3$;

Point de fusion: 110°C to 120 °C

Lorsqu'elle est spécifiée, une barrière en matériau isolant, d'au moins 2 mm d'épaisseur, est placée, comme il est décrit à la Figure C.1, entre l'orifice d'échappement et la feuille de polyéthylène, pour empêcher qu'elle soit endommagée par des particules brûlantes projetées par cet orifice.

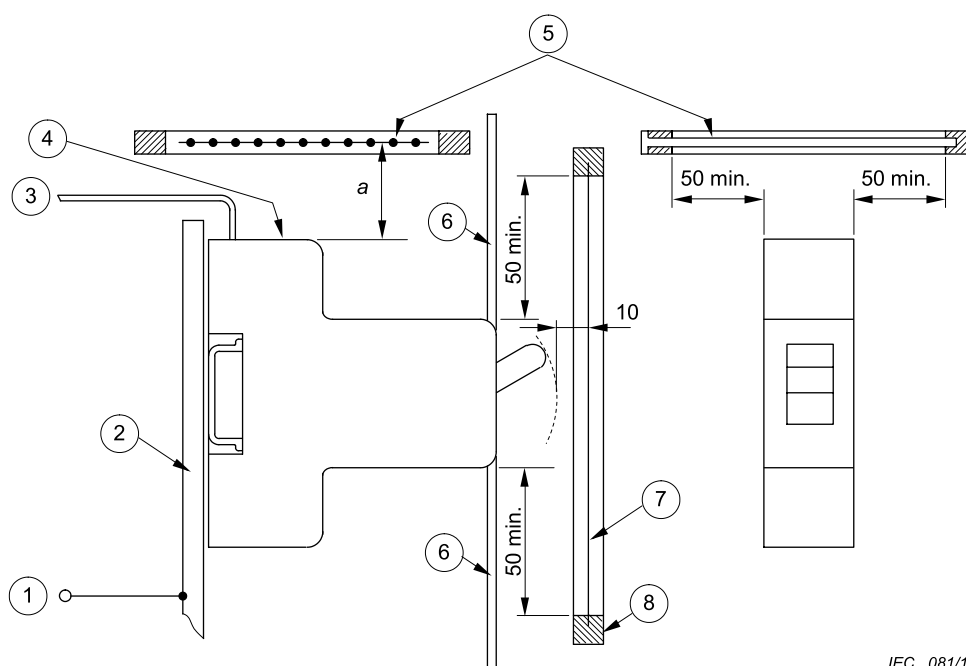
Lorsqu'elles sont spécifiées, une ou des grilles conformes à la Figure C.2 sont placées à une distance "a" mm de chaque orifice d'échappement de l'appareil.

Le circuit de grille (voir la Figure C.3) doit être connecté aux points B et C.

Les paramètres du circuit de grille sont les suivants:

Résistance R': 1,5 Ω

Fil de cuivre F': longueur 50 mm et diamètre selon 9.11.2.2 f)1).



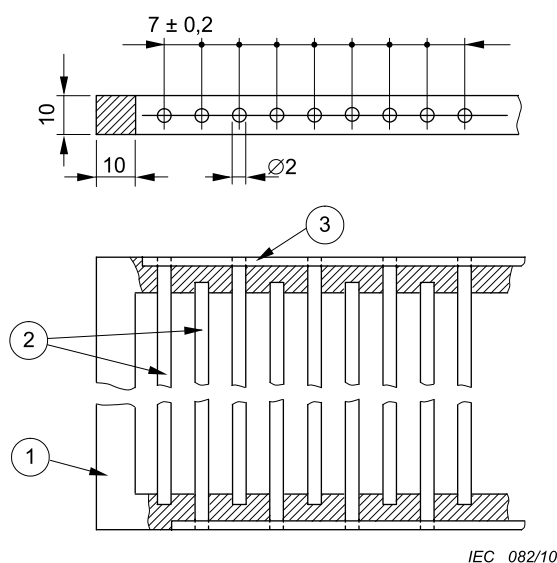
IEC 081/10

Dimensions en millimètres

Légende

1	Vers le fusible F
2	Plaque métallique
3	Câble
4	Orifice d'échappement
5	Grille
6	Barrière
7	Feuille de polyéthylène
8	Châssis

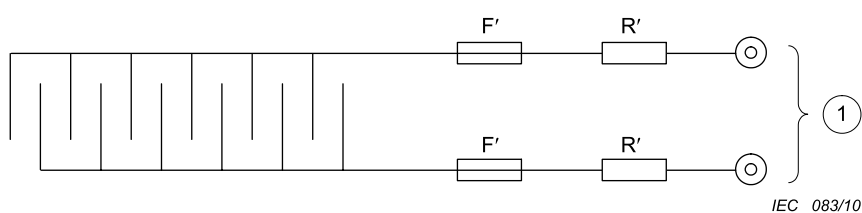
Figure C.1 – Condition d'essai



Légende

- 1 Châssis en matériau isolant
- 2 Fils de cuivre
- 3 Raccordement métallique des fils de cuivre

Figure C.2 – Grille



Légende

- 1 Raccordés aux points B et C

Figure C.3 – Circuit de grille

Annexe D (normative)

Exigences et essais supplémentaires pour les DPDA conçus pour être assemblés sur site avec un dispositif de protection principal (disjoncteur, ID ou DD) selon la classification mentionnée en 4.1.3

D.1 Généralités

Le corps du texte de la présente norme s'applique en tous points aux dispositifs concernés par cette annexe, sauf spécification contraire.

D.2 Domaine d'application

La présente annexe s'applique aux DPDA comprenant un module pour la détection d'arcs (module PDA), qui peut inclure également une protection contre le courant différentiel, conçus pour être assemblés mécaniquement sur site, conformément aux instructions du constructeur, à un ou plusieurs dispositif(s) de protection déclaré(s), qui peut être un disjoncteur, conformément à l'IEC 60898-1, ou un DDR conformément à l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou l'IEC 62423.

Le constructeur doit déclarer quels types de modules PDA et de dispositifs de protection sont compatibles.

D.3 Termes et définitions

Vide

D.4 Marquage et autres informations sur le produit

D.4.1 Nom du constructeur ou marque de fabrique

D'après l'Article 6, point a) de la présente norme, le disjoncteur et/ou le DDR et le module PDA à assembler doivent porter le même nom de constructeur ou la même marque de fabrique.

D.4.2 Marquage

D.4.2.1 Marquage du disjoncteur ou DDR

Le marquage du disjoncteur doit être conforme à l'IEC 60898-1.

Le marquage du DDR doit être conforme à l'IEC 61008-1, l'IEC 61009-1 ou l'IEC 62423, selon le cas.

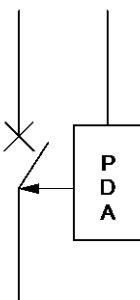
D.4.2.2 Marquage du module PDA

Le module PDA doit comporter le marquage suivant, d'après l'Article 6 du Tableau 5 de la présente norme:

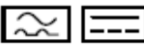
a), b), c), d) et g)

De plus, le module PDA doit comporter le marquage suivant:

- le courant assigné maximal du disjoncteur ou du DDR avec lequel elle peut être assemblée (par ex. 16 A max.)
- le symbole (PDA peut également être indiqué du côté gauche du disjoncteur)



Pour les modules PDA comprenant aussi une protection contre le courant différentiel, les éléments suivants doivent être marqués avec ce qui suit:

- courant différentiel de fonctionnement assigné (visible lorsque le dispositif est installé);
- symbole (S dans un carré) pour les appareils de type S (visible lorsque le dispositif est installé);
- indication que l'ID est fonctionnellement dépendant de la ligne d'alimentation, s'il y a lieu (à l'étude);
- organe de manœuvre du dispositif d'essai, repéré par la lettre T (visible lorsque le dispositif est installé);
- schéma de raccordement;
- caractéristiques de fonctionnement en cas de courants différentiels avec des composantes continues (visibles lorsque le dispositif est installé);
- ID de type AC avec le symbole  IEC 60417-6148 (2012-01);
- ID de type A avec le symbole  IEC 60417-6149 (2012-01);
- ID de type B avec le symbole  IEC 60417-6149 (2012-01) et IEC 60417-5031 (2002-10).

Il est recommandé que les références des disjoncteurs et/ou DDR auxquels le module PDA peut être assemblé soient marquées.

D.4.2.3 Marquage du disjoncteur, du DDR et du module PDA (DPDA) assemblés

Le marquage suivant, qui figure sur le module PDA, spécifié en D.3.2.2, ne doit pas être visible après assemblage:

- c);
- courant assigné maximal du disjoncteur avec lequel le module PDA peut être assemblée.

Le marquage h) du module PDA, selon le cas, doit rester visible après assemblage.

D.4.3 Instructions pour l'assemblage et le fonctionnement

Le constructeur doit fournir des instructions adéquates avec le module PDA. Ces instructions doivent concerner au moins ce qui suit:

- le(s) type(s) et numéro(s) de catalogue(s) qui indiquent notamment le courant et la tension assignés, le nombre de pôles du/des disjoncteur(s) ou DDR avec le(s)quel(s) le module PDA est destiné à être assemblée;

NOTE Le nombre de voies du disjoncteur ou du DDR correspond au nombre de voies du module PDA. Une borne de neutre ou connexion peut remplacer le pôle du neutre d'un disjoncteur ou DDR.

- facteur de déclassement, le cas échéant;
- méthode d'assemblage;
- besoin de vérifier le fonctionnement après assemblage afin de s'assurer du bon fonctionnement mécanique.

D.5 Exigences constructives

D.5.1 Généralités

La conception doit être telle qu'il soit possible d'assembler le DPDA sur site.

La conception peut être telle que le dispositif puisse être désassemblé sur site selon les instructions du fabricant.

Pour les dispositifs déclarés comme incompatibles avec un désassemblage, ce dernier doit engendrer des dommages visibles permanents.

La conformité est vérifiée conformément à D.6.4.

D.5.2 Degré de protection

D.5.2.1 Généralités

Le degré de protection du module PDA ne doit pas être inférieur à celui du disjoncteur ou du DDR auquel elle doit être assemblée.

D.5.2.2 Exigences mécaniques

Le disjoncteur ou le DDR et le module PDA doivent immédiatement s'emboîter correctement et la conception doit permettre d'éviter un assemblage incorrect.

Aucune partie desserrée ne doit être présente pour le couplage des mécanismes de déclenchement.

Les dispositifs de fixation pour l'assemblage doivent être captifs.

Les couvre-bornes, le cas échéant, ne sont pas concernés par cette exigence.

D.5.3 Compatibilité électrique

Il ne doit pas être possible d'utiliser un disjoncteur ou un DDR d'une tension assignée donnée avec un module PDA d'une tension assignée inférieure.

NOTE Une combinaison incorrecte peut être exclue par conception mécanique ou électrique.

Il ne doit pas être possible d'assembler un disjoncteur ou un DDR, avec un courant assigné donné, à un module PDA avec un marquage de courant maximal inférieur (voir en D.4.2.2).

Les bornes du module PDA doivent pouvoir être raccordées à l'ensemble des sections nominales des conducteurs, spécifiées dans le Tableau 7 de l'IEC 60898-1:2002 pour les courants assignés des disjoncteurs ou dans le Tableau 8 de l'IEC 61008-1:2008 pour les dispositifs auxquels elles sont conçues pour être assemblées.

Les interconnexions électriques entre le module PDA et le disjoncteur ou le DDR, auquel elle doit être assemblée, doivent faire partie du module PDA.

Il ne doit pas être possible d'assembler à un module PDA un disjoncteur ou un RDD avec un pouvoir de court-circuit assigné donné susceptible de ne pas nuire au fonctionnement en court-circuit.

La conformité est vérifiée par inspection et par un essai manuel.

D.6 Essais de type et vérifications

D.6.1 Essais sur les disjoncteurs et les DDR

Les disjoncteurs prévus pour être assemblés au module PDA doivent satisfaire aux essais de type de l'IEC 60898-1.

Les DDR prévus pour être assemblés au module PDA doivent satisfaire aux essais de type de l'IEC 61008-1, de l'IEC 61009-1 ou de l'IEC 62423, selon le cas.

D.6.2 Essais sur les modules PDA

Les modules PDA doivent satisfaire aux essais de type suivants, spécifiés dans le Tableau 10 de 9.1.2 de la présente norme: essais en 9.3, 9.4, 9.5, 9.13, 9.14 et 9.15.

D.6.3 Essais sur les DPDA assemblés

Les modules PDA dotées d'une protection contre le courant différentiel doivent dans un premier temps être soumises à essai conformément à l'IEC 61008-1, IEC 61009-1 ou à l'IEC 62423, selon le cas. Après avoir exécuté ces essais, les essais supplémentaires spécifiés dans le Tableau 10 de 9.1.2 de cette norme doivent être appliqués afin de démontrer la conformité à cette norme.

En ce qui concerne les modules PDA destinés à être assemblés à plusieurs dispositifs de protection ou les modules PDA dotés d'une protection contre le courant différentiel, la procédure d'essai doit être répétée pour chaque dispositif de protection déclaré par le constructeur ou les essais les plus stricts parmi toutes les normes applicables doivent être appliqués une seule fois, mais les critères d'acceptation combinent les critères d'acceptation de toutes les normes applicables.

Les essais de type spécifiés dans le Tableau 10 de 9.1.2 de cette norme s'appliquent aux DPDA concernés par cette annexe, sauf ce qui suit:

- 9.3, 9.5, 9.13 et 9.14 ne s'appliquent pas;
- 9.4: les essais doivent être exécutés au niveau des interconnexions entre le disjoncteur ou le DDR et le module PDA.

D.6.4 Vérification du marquage et des exigences de construction des DPDA

La conformité aux exigences mentionnées en D.4.1, D.4.2, D.4.3, D.5.1, D.5.2 et D.5.3 doit être vérifiée par inspection et essai manuel, selon le cas.

Pour les dispositifs déclarés compatibles avec un désassemblage, la conformité avec les exigences mentionnées en D.5.1 est vérifiée au moyen de l'essai suivant, à exécuter au début de la séquence d'essais D_0 du Tableau A.3.

Le nombre d'échantillons doit être conforme à la séquence d'essais $D_0 + D_1$ au Tableau A.4.

Le module PDA et les disjoncteurs ou DDR compatibles, tels que déclarés par le fabricant, doivent être assemblés et désassemblés 5 fois. Le module PDA et le disjoncteur ou les DDR compatibles sont ensuite réassemblés et utilisés pour l'essai de la séquence d'essais D_0 . Après chaque assemblage, le fonctionnement correct de la combinaison doit être vérifié pour

les DDR en utilisant le bouton d'essai et pour les disjoncteurs avec la limite supérieure du courant de déclenchement instantané. Le DPDA doit se déclencher à chaque fois.

D.7 Essais individuels de série du module PDA

L'Annexe E s'applique, mais les essais doivent être exécutés sur les modules PDA en association avec un disjoncteur ou un DDR d'essai réglé sur les conditions les plus sévères.

Annexe E (normative)

Essais individuels de série

E.1 Généralités

Les essais spécifiés dans la présente norme sont destinés à déceler, dans la mesure où la sécurité est en cause, les changements inacceptables de matière ou de fabrication.

En général, des essais supplémentaires doivent être effectués pour s'assurer que chaque DPDA est conforme aux échantillons qui ont supporté les essais de la présente norme, selon l'expérience acquise par le constructeur.

E.2 Essai de déclenchement

Le DPDA est connecté à un dispositif d'essai d'arc par vibrations et à une charge réglable, tel qu'indiqué dans l'Annexe F, Figure F3.

La valeur de la résistance ayant été réglée sur le courant d'essai le plus faible mentionné dans les Tableaux 1 et 2 (2,5 A pour un DPDA avec une tension assignée de 230 V et 5 A pour un DPDA avec une tension assignée de 120 V), le DPDA doit se déclencher en moins d'1 s.

Autrement, il convient d'autoriser toute méthode de vérification pertinente du bon déclenchement.

E.3 Essai de rigidité diélectrique

Une tension de 1 500 V, dont la forme est pratiquement sinusoïdale, avec une fréquence de 50 Hz/60 Hz, est appliquée pendant 1 s comme suit:

- a) le DPDA étant en position d'ouverture, entre les bornes électriquement reliées ensemble, lorsque le DPDA est en position de fermeture;
- b) le DPDA étant en position d'ouverture, entre toutes les bornes d'entrée des pôles à tour de rôle ou entre toutes les bornes de sortie des pôles à tour de rôle, en fonction de la position des composants électroniques.

Il ne doit se produire ni contournement, ni perforation.

Annexe F (informative)

Description de l'essai d'arc par vibrations de 9.10.2

Installer deux goujons en cuivre sur deux surfaces conductrices fixées sur une table vibrante non conductrice.

Préparer un cavalier de fil en cuivre en utilisant un fil souple de 300 mm (12 in) de long et 10 mm² (AWG 8) terminé aux deux extrémités par des cosse en cuivre pour obtenir un espace d'environ 0,3 mm à 0,6 mm, tel que représenté sur les Figures F.1 et F.2.

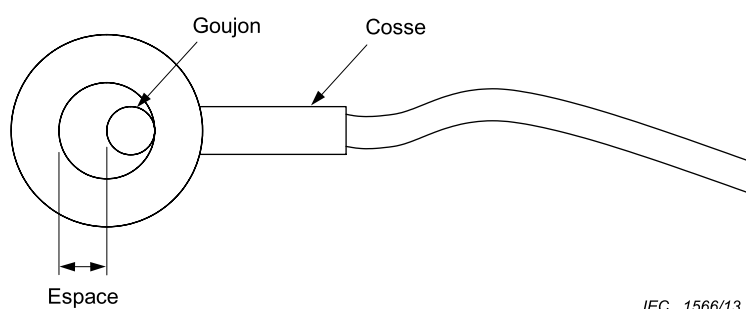


Figure F.1 – Mesure d'écart

Former une boucle avec le cavalier de fil, du goujon jusqu'à la borne, tel que représenté sur la Figure F.2, afin d'obtenir une connexion en série d'une extrémité de la fixation à l'autre. Serrer un écrou de blocage sur les goujons uniquement jusqu'à ce que le mécanisme de verrouillage de l'écrou s'engage complètement (cet écrou est seulement utilisé pour s'assurer que la borne du fil ne vibre pas au point de sortir du goujon).

La hauteur entre l'écrou et la base du goujon est d'environ 3 mm. Ne pas serrer plus.

La borne du fil doit rester libre de vibrer tout en assurant un contact intermittent avec le goujon et l'écrou de blocage.

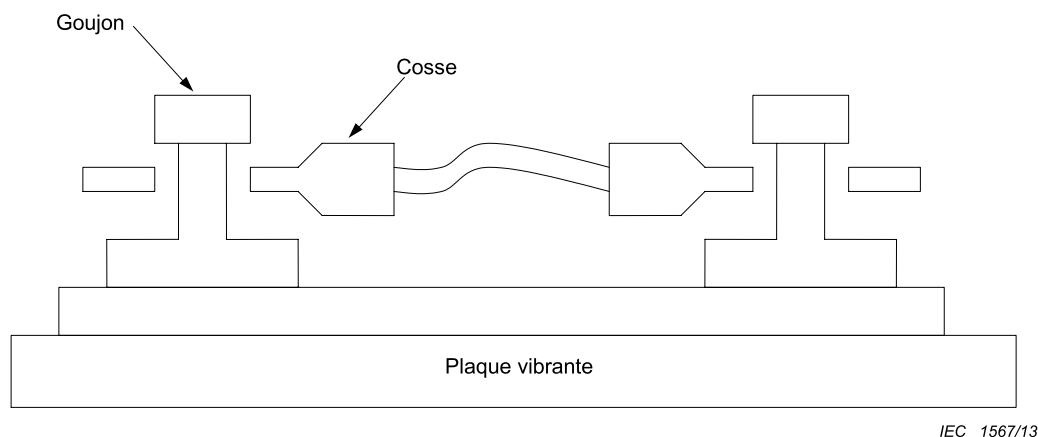


Figure F.2 – Table d'essai d'arc par vibrations avec bornes desserrées

La fréquence de la plaque vibrante est comprise entre 30 Hz et 60 Hz.

La borne de phase du DPDA est connectée au fil à l'aide de goujons et de cosse jusqu'à la table d'essai d'arc par vibrations, tel que représenté sur la Figure F.3.

Avant les essais, le courant est ajusté à la moitié de la valeur du courant assigné avec S1. S1 est ensuite laissé ouvert. La production d'arc électrique déclenche le DPDA pendant l'essai.

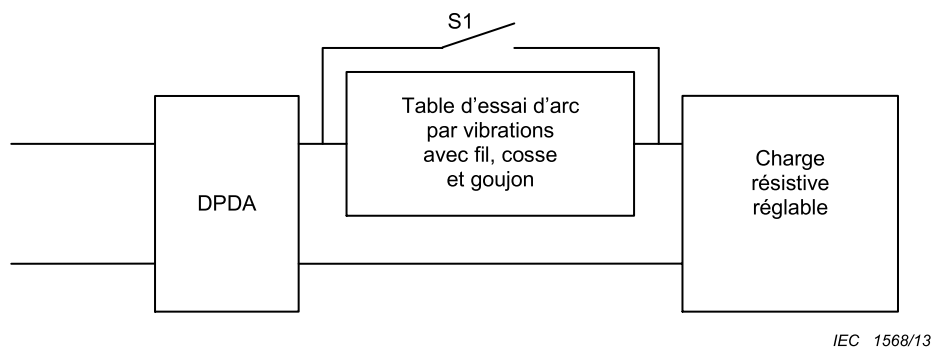


Figure F.3 – DPDA connecté à la table d'essai d'arc par vibrations pendant l'essai

Annexe IA (informative)

Méthodes de détermination du facteur de puissance d'un court-circuit

IA.1 Généralités

Il n'existe pas de méthode uniforme pouvant déterminer avec précision le facteur de puissance d'un court-circuit. Deux exemples de méthodes acceptables sont donnés dans la présente annexe.

Méthode I – Détermination d'après les composantes apériodiques

L'angle ϕ peut être déterminé d'après la courbe de la composante apériodique de l'onde du courant asymétrique entre l'instant du court-circuit et l'instant de la séparation des contacts comme suit:

IA.1 Formule de la composante continue

La formule de la composante continue est:

$$i_d = i_{do} \cdot e^{-Rt/L}$$

où

i_d est la valeur des composantes apériodiques à l'instant t ;

i_{do} est la valeur de la composante apériodique à l'instant choisi pour origine des temps;

L/R est la constante du temps du circuit, en secondes;

t est le temps, en secondes, compté à partir de l'instant initial;

e est la base des logarithmes népériens.

La constante de temps L/R peut être déterminée d'après la formule ci-dessus comme suit:

- mesure de la valeur de i_{do} à l'instant du court-circuit et la valeur de i_d à un autre instant t , avant la séparation des contacts;
- calcul de la valeur de $e^{-Rt/L}$ en divisant i_d par i_{do} ;
- d'après un tableau des valeurs de e^{-x} , détermination de la valeur de $-x$ correspondant au rapport de i_d/i_{do} ;
- la valeur x représente alors Rt/L , d'où L/R est obtenue.

IA.2 Déterminer l'angle

Déterminer l'angle à partir de:

$$\phi = \arctan \omega L/R$$

où ω est 2π fois la fréquence réelle.

Il convient de ne pas utiliser cette méthode lorsque les courants sont mesurés à l'aide des transformateurs de courant.

Méthode II – Détermination avec un générateur pilote

Lorsqu'il est fait usage d'un générateur pilote monté sur l'arbre du générateur d'essai, la tension du générateur pilote sur l'oscillogramme peut être comparée du point de vue de l'angle de phase d'abord à celle du générateur d'essai et ensuite au courant du générateur d'essai.

La différence d'angle de phase entre la tension du générateur pilote et celle du générateur principal d'une part, et entre la tension du générateur pilote et le courant du générateur d'essai d'autre part, donne l'angle de phase entre la tension et le courant du générateur d'essai, à partir duquel on peut déterminer le facteur de puissance.

Annexe IB (informative)

Exemples de conceptions de bornes

Quelques exemples de réalisations de bornes sont donnés dans cette annexe (voir les Figures IB.1 à IB.4).

Le logement du conducteur doit avoir un diamètre suffisant pour recevoir les conducteurs rigides à âme massive, une section suffisante pour recevoir des conducteurs rigides à âme câblée (voir le Tableau 11 en 9.2).

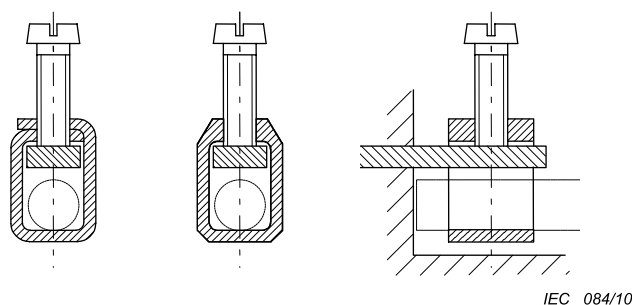


Figure IB.1a – Bornes avec étrier

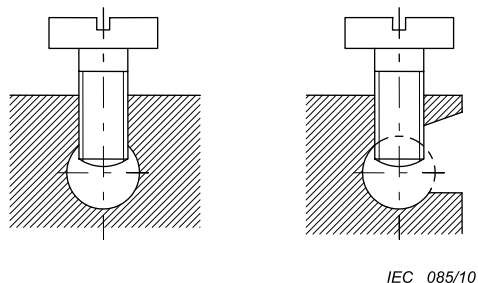


Figure IB.1b – Bornes sans plaque

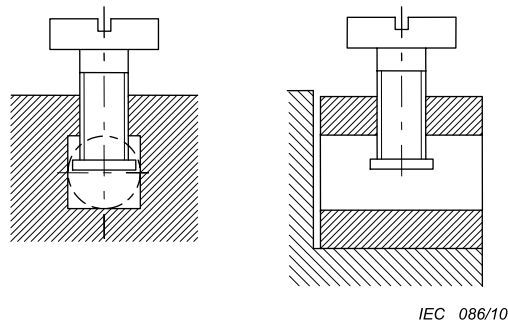


Figure IB.1c – Bornes avec plaque

La partie de la borne portant le trou taraudé et la partie de la borne contre laquelle le conducteur est serré par la vis peuvent être deux parties distinctes, comme dans le cas d'une borne à étrier.

Figure IB.1 – Exemples de bornes à trou

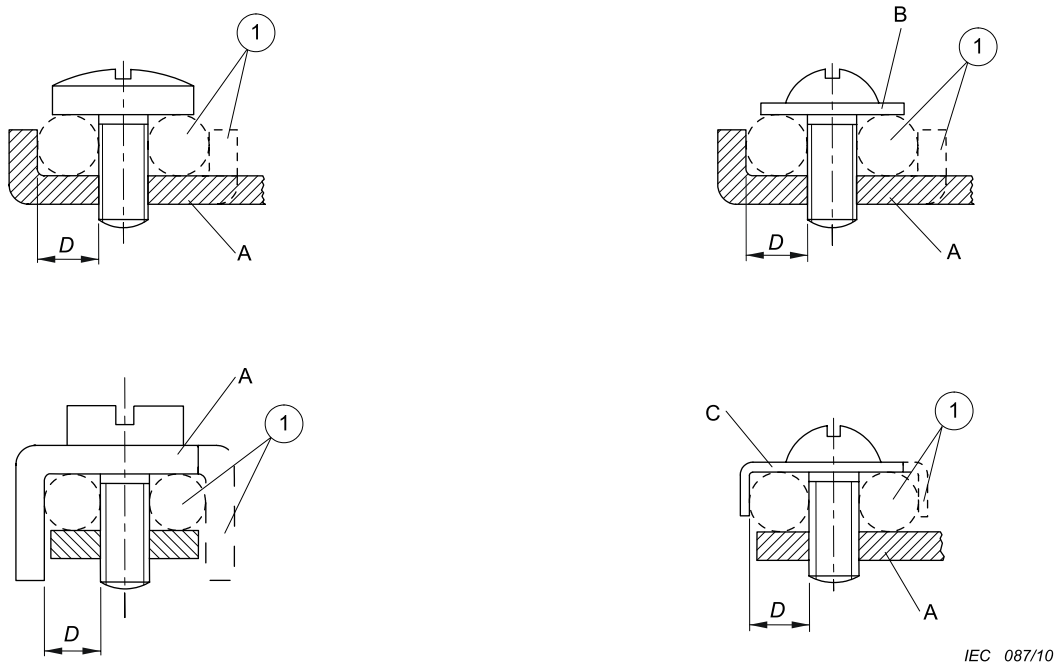


Figure IB.2a – Bornes à vis

Vis ne nécessitant pas de rondelle ou plaquette

Vis nécessitant une rondelle, plaquette ou dispositif empêchant le conducteur ou ses brins de s'échapper



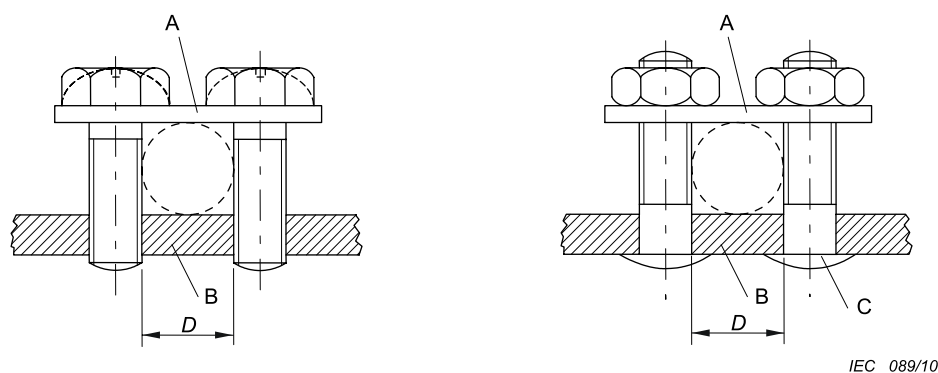
Figure IB.2b – Bornes à goujon fileté

Légende

- 1 Facultatif
- A Partie fixe
- B Rondelle ou plaquette
- C Dispositif empêchant le conducteur de s'échapper
- D Logement du conducteur
- E Goujon

La partie maintenant le conducteur en place peut être en matière isolante à condition que la pression nécessaire au serrage du conducteur ne se transmette pas par l'intermédiaire de ladite matière.

Figure IB.2 – Exemples de bornes à serrage sous tête de vis et bornes à goujon fileté



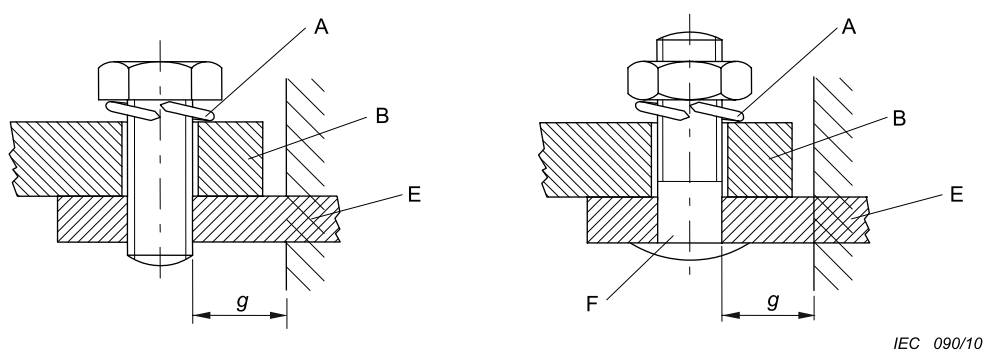
Légende

- A Plaquette
- B Partie fixe
- C Goujon
- D Logement du conducteur

Les deux faces de la plaquette peuvent être de forme différente pour loger soit des âmes de petite section soit des âmes de forte section, par retournement de la plaquette.

Les bornes peuvent avoir plus de deux vis ou goujons de serrage.

Figure IB.3 – Exemples de bornes à plaquette



Légende

- A Dispositif de blocage
- B Cosse ou barrette
- E Partie fixe
- F Goujon

Pour ce type de borne, une rondelle élastique ou un dispositif de blocage aussi efficace doit être prévu et la surface de la zone de serrage doit être lisse.

Pour certains types de matériel, l'emploi de bornes pour cosses et barrettes de numéros plus faibles que celui prescrit est admis.

Figure IB.4 – Exemples de bornes pour cosses

Annexe IC
(informative)**Correspondance entre les conducteurs de cuivre ISO et AWG**

Dimension ISO mm ²	AWG	
	Taille	Section mm ²
1,0	18	0,82
1,5	16	1,3
2,5	14	2,1
4,0	12	3,3
6,0	10	5,3
10,0	8	8,4
16,0	6	13,3
25,0	3	26,7
35,0	2	33,6
50,0	0	53,5

En général les tailles ISO s'appliquent.

Sur demande du constructeur, les tailles AWG peuvent être utilisées.

Annexe ID **(informative)**

Programme d'essais de suivi pour les DPDA

ID.1 Généralités

Dans le but de garantir le maintien du niveau de qualité des produits, des procédures d'inspection de suivi du procédé de fabrication devront être mises en place par les constructeurs.

Cette annexe donne un exemple de procédure de suivi applicable pour la fabrication des DPDA.

Elle peut être utilisée comme guide par les constructeurs pour adapter leurs procédures spécifiques et leur organisation dans le but de maintenir le niveau de qualité de leur production.

En particulier, toutes dispositions de suivi des approvisionnements et de la fabrication peuvent être prises pour garantir la qualité des produits manufacturés dont dépend la sûreté de fonctionnement du dispositif à courant différentiel résiduel.

ID.2 Programme d'essais de suivi

Le programme d'essais de suivi comprend deux séries d'essais.

ID.2.1 Programme d'essais de suivi trimestriels

Voir le Tableau ID.1, séquence d'essais Q.

ID.2.2 Programme d'essais de suivi annuels

Voir le Tableau ID.1, séquences d'essais Y1 à Y3.

Les essais de suivi annuels peuvent être combinés avec les essais de suivi trimestriels.

Tableau ID.1 – Séquences d'essais pendant les inspections de suivi

Séquence d'essais	Article ou paragraphe	Essai	Commentaires
Q	9.9.2.2	Caractéristiques de fonctionnement du détecteur d'arc	Effectuée également entre chaque pôle tour à tour – Le DPDA est alimenté comme en usage normal, – Ensuite, le DPDA est fermé manuellement. L'équipement doit déclencher quand le bouton est pressé.
	9.9.2.4	Caractéristiques de fonctionnement du détecteur d'arc	
	9.7.6	Résistance de l'isolation aux ondes de surtension Vérification du bon fonctionnement du bouton de test le cas échéant	
Y1	9.9.2.5	Essai aux températures limites	
	9.7	Essai des propriétés diélectriques	
	9.10	Endurance mécanique et électrique	
Y2	9.19.1	Fiabilité (essai climatique)	
Y3	9.20	Vérification du vieillissement des composants électroniques	

ID.2.3 Mode de prélèvement**ID.2.3.1 Programme d'essais trimestriels**

Pour le programme d'essais trimestriels, les niveaux d'inspection suivants sont appliqués:

- inspection normale;
- inspection renforcée.

Une inspection normale sera utilisée pour la première inspection de suivi.

Pour les inspections successives, on appliquera des inspections normales et renforcées, ou la production sera arrêtée en fonction des résultats des essais en cours.

Les critères suivants pour le passage d'un niveau d'inspection à l'autre doivent être appliqués:

- Maintien au niveau normal

Lorsque l'inspection normale est en vigueur, le niveau normal est maintenu si les six échantillons réussissent la séquence d'essais (voir le Tableau ID.2, séquence Q). Si cinq échantillons réussissent la séquence d'essais, l'inspection suivante est faite un mois après la précédente avec le même nombre d'échantillons et la même séquence d'essais.

- Passage du niveau normal au niveau renforcé

Lorsque l'inspection normale est en vigueur, l'inspection renforcée doit être appliquée lorsque quatre échantillons seulement réussissent la séquence d'essais.

- Passage du niveau normal à l'arrêt de la production

Lorsque l'inspection normale est en vigueur et que moins de quatre échantillons réussissent la séquence d'essais, la production doit être arrêtée en attendant une action d'amélioration de la qualité.

- Passage du niveau renforcé au niveau normal

Lorsque l'inspection renforcée est en vigueur, l'inspection normale doit être appliquée lorsque 12 échantillons au moins réussissent la séquence d'essais (voir le Tableau ID.2).

– Maintien au niveau renforcé

Au niveau renforcé, 10 ou 11 échantillons seulement réussissent la séquence d'essais, le niveau renforcé est maintenu et l'inspection suivante est faite un mois après la précédente avec le même nombre d'échantillons et la même séquence d'essais.

– Passage du niveau renforcé à l'arrêt de la production

Dans le cas où quatre inspections consécutives restent au niveau renforcé, ou lorsque moins de 10 échantillons réussissent la séquence d'essais lors d'une inspection, la production doit être arrêtée en attendant une action d'amélioration de la qualité.

– Redémarrage de la production

La production peut redémarrer après une action corrective appropriée et confirmée. Le redémarrage de la production doit être fait avec les conditions d'inspection renforcée.

ID.2.3.2 Programme d'essais annuels

Pour le programme d'essais annuels, les niveaux d'inspection suivants sont appliqués:

- inspection normale;
- inspection renforcée.

Une inspection normale sera utilisée pour la première inspection de suivi.

Pour les inspections successives, on appliquera des inspections normales ou renforcées en fonction des résultats des essais en cours.

Les critères suivants pour le passage d'un niveau d'inspection à l'autre doivent être appliqués:

– Maintien au niveau normal

Lorsque l'inspection normale est en vigueur, le niveau normal est maintenu si tous les échantillons réussissent la séquence d'essais. Si deux échantillons réussissent la séquence d'essais Y1, qu'aucun défaut n'apparaît pendant les séquences d'essais Y2 et Y3, l'inspection suivante est faite seulement trois mois après la précédente avec le même nombre d'échantillons et la même séquence d'essais.

– Passage du niveau normal au niveau renforcé

Lorsque l'inspection normale est en vigueur, l'inspection renforcée doit être appliquée lorsque:

- soit seulement un échantillon réussit la séquence Y1;
- soit un défaut survient pendant l'une quelconque des séquences d'essais Y2 ou Y3.

L'inspection suivante doit être effectuée dans les trois mois, au niveau renforcé pour les séquences en défaut et au niveau normal pour les autres séquences d'essais.

– Passage du niveau normal à l'arrêt de la production

Lorsque l'inspection normale est en vigueur et qu'aucun échantillon ne réussit la séquence d'essais Y1, ou que plus d'un défaut survient pendant les séquences d'essais Y2 ou Y3, la production doit être arrêtée en attendant une action d'amélioration de la qualité.

– Passage du niveau renforcé au niveau normal

Lorsque l'inspection renforcée est en vigueur, l'inspection normale doit être appliquée lorsque:

- au moins cinq échantillons réussissent la séquence d'essais Y1; et
- aucun défaut ne survient pendant les séquences d'essais Y2 ou Y3.

– Maintien au niveau renforcé

Au niveau renforcé, seulement quatre échantillons réussissent la séquence d'essais Y1 et qu'aucun défaut ne survient pendant les séquences d'essais Y2 ou Y3, le niveau renforcé est maintenu et l'inspection suivante est faite trois mois après la précédente avec le même nombre d'échantillons et les mêmes séquences d'essais.

- Passage du niveau renforcé à l'arrêt de la production

Dans le cas où quatre inspections consécutives restent au niveau renforcé ou lorsque lors d'une inspection annuelle l'une des situations suivantes se présente:

- soit moins de quatre échantillons réussissent la séquence d'essais Y1;
- soit plus d'un défaut survient pendant les séquences d'essais Y2 ou Y3;

la production doit être arrêtée en attendant une action d'amélioration de la qualité.

- Redémarrage de la production

La production peut redémarrer après une action corrective appropriée et confirmée. Le redémarrage de la production doit être fait avec les conditions d'inspection renforcée.

ID.2.4 Nombre d'échantillons à mettre à l'essai

Le nombre d'échantillons pour les différents niveaux d'inspection est donné dans le Tableau ID.2.

Tableau ID.2 – Nombre d'échantillons à mettre à l'essai

Séquence d'inspection	Nombre d'échantillons pour l'inspection normale	Nombre d'échantillons pour l'inspection renforcée
Q	6	13
Y1, Y2, Y3	3 pour chaque séquence	6 pour chaque séquence

Parmi chaque série de DPDA de la même conception de base un lot d'échantillons seulement est nécessaire pour les essais quelles que soient les caractéristiques assignées.

Pour les besoins du programme d'essai de suivi, les DPDA sont considérés comme étant de la même conception de base, s'ils appartiennent à la même classification, selon 4.1 et

- les organes de fonctionnement sous courant d'arc ont des mécanismes de déclenchement et des relais ou solénoïdes identiques excepté pour:
 - le nombre de tours et la section des enroulements;
 - la taille et le matériau du noyau du transformateur différentiel;
 - le courant différentiel résiduel assigné; et
- la partie électronique, s'il y a lieu, est de la même conception et utilise les mêmes composants à l'exception des variations permettant d'obtenir les valeurs de déclenchement au courant d'arc.

Annexe IE (informative)

DPCC pour les essais de court-circuit

IE.1 Introduction

Des essais de court-circuit doivent être effectués dans le but de vérifier les valeurs minimales de I^2t et I_p indiquées dans le Tableau 18 de 9.11.2.1 que doit supporter le DPDA. Les essais de court-circuit doivent être exécutés avec le dispositif de protection déclaré ou un fil d'argent utilisant l'appareil d'essai indiqué sur la Figure IE.1 ou avec n'importe quel autre moyen produisant les valeurs I^2t et I_p requises.

IE.2 Fils d'argent

Dans le but de vérifier les valeurs minimales de I^2t et I_p que doit supporter le DPDA afin d'obtenir des résultats d'essais reproductibles, le DPCC, s'il y a lieu, peut être un fil d'argent utilisant l'appareil d'essai indiqué sur la Figure IE.1.

Pour des fils d'argent purs à 99,9 % au moins, le Tableau IE.1 donne une indication des diamètres en fonction du courant assigné I_n et des courants conditionnels de court-circuit I_{nc} .

Tableau IE.1 – Indication des diamètres du fil d'argent en fonction des courants assignés et des courants de court-circuit

I_{nc}	I_n A					
	≤ 16	≤ 20	≤ 25	≤ 32	≤ 40	≤ 63
	Diamètre du fil d'argent ^a mm					
500	0,30	0,35	0,35	0,35		
1 000	0,30	0,35	0,40	0,50		
1 500	0,35	0,40	0,45	0,50	0,65	0,85
3 000	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,80
4 500	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,80
6 000	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,75
10 000	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,70

^a Les valeurs des diamètres du fil d'argent sont essentiellement fondées sur des considérations de courant de crête (I_p) (voir le Tableau 18).

Le fil d'argent doit être inséré dans la position appropriée de l'appareil d'essai indiqué sur la Figure IE.1, horizontalement et tendu. Le fil d'argent doit être remplacé après chaque essai.

IE.3 Dispositifs de protection déclarés

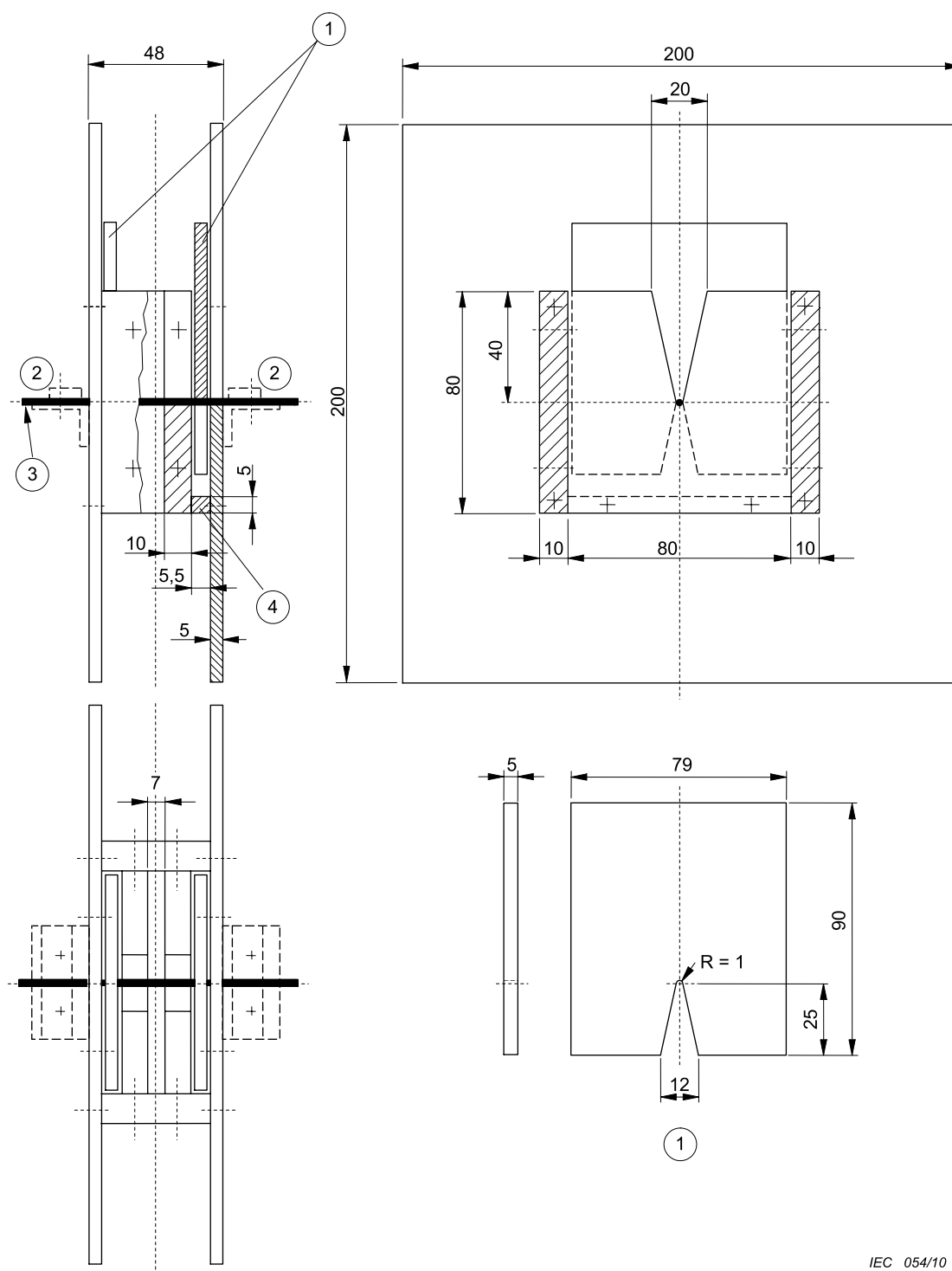
Dans le but de vérifier les valeurs minimales de I^2t et I_p que doit supporter le DPDA afin d'obtenir des résultats d'essais reproductibles, le DPCC, s'il y a lieu, peut être le dispositif de protection déclaré.

Les caractéristiques assignées du dispositif de protection déclaré ne doivent pas être inférieures aux caractéristiques assignées du DPDA. Les caractéristiques assignées supérieures des dispositifs de protection déclarés peuvent être utilisées pour obtenir les valeurs I^2t et I_p du Tableau 18.

NOTE En ce qui concerne les fusibles, des valeurs intermédiaires peuvent être obtenues en ajoutant des fusibles en parallèle.

IE.4 Autres moyens

D'autres moyens peuvent être utilisés si les valeurs du Tableau 18 sont respectées.



Légende

- 1 Plaque coulissante
- 2 Borne
- 3 Fil d'argent
- 4 Butoir pour plaque coulissante

Figure IE-1 – Appareil d'essai pour la vérification des valeurs minimales I^2t et I_p que le DPDA doit supporter

Annexe J (normative)

Prescriptions particulières pour les DPDA avec bornes sans vis pour conducteurs externes en cuivre

J.1 Domaine d'application

Cette annexe s'applique aux DPDA compris dans le domaine d'application de l'Article 1, munis de bornes sans vis, pour des courants ne dépassant pas 20 A, essentiellement adaptés au raccordement de conducteurs en cuivre non préparés (voir J.3.6) de section inférieure ou égale à 4 mm².

NOTE La limite supérieure de courant pour l'utilisation de bornes sans vis est de 16 A en AT, CZ, DE, DK, BE, NO et CH.

Dans cette annexe, les bornes sans vis sont appelées bornes et les conducteurs en cuivre sont appelés conducteurs.

J.2 Références normatives

L'Article 2 de la présente norme s'applique.

J.3 Termes et définitions

En complément de l'Article 3 de la présente norme, les définitions suivantes s'appliquent pour les besoins de la présente annexe.

J.3.1

organes de serrage

parties de la borne nécessaires pour le serrage mécanique et la connexion électrique du ou des conducteurs, y compris les parties qui sont nécessaires pour assurer une pression de contact correcte

J.3.2

borne sans vis

borne dont le raccordement et la déconnexion ultérieure sont obtenus directement ou indirectement au moyen de ressorts, de coins ou éléments similaires

Note 1 à l'article: Des exemples sont donnés à la Figure J 2.

J.3.3

borne universelle

borne pour le raccordement et la déconnexion de tous les types de conducteurs (rigides et souples)

Note 1 à l'article: Dans les pays suivants, seules les bornes sans vis du type universel sont acceptées: AT, BE, CN, DK, DE, ES, FR, IT, PT, SE et CH.

J.3.4

borne non universelle

borne pour le raccordement et la déconnexion de certains types de conducteurs seulement

EXEMPLE Conducteurs massifs seulement ou conducteurs rigides seulement (massifs ou câblés).

J.3.5**borne pousse-fil**

borne non universelle dans laquelle la connexion est réalisée en introduisant un conducteur rigide (massif ou câblé)

J.3.6**conducteur non préparé**

conducteur qui a été coupé et dont l'isolation a été retirée sur une certaine longueur pour son introduction dans une borne

Note 1 à l'article: Un conducteur dont la forme est adaptée pour l'introduction dans une borne ou dont les brins sont torsadés pour en consolider l'extrémité est considéré comme un conducteur non préparé.

Note 2 à l'article: Le terme "conducteur non préparé" signifie conducteur non préparé par étamage des fils du conducteur, utilisation de cosses, formation d'œillets, etc. mais inclut la remise en forme du conducteur avant son introduction dans la borne ou le torsadage d'un conducteur souple pour en consolider l'extrémité.

J.4 Classification

L'Article 4 de la présente norme s'applique.

J.5 Caractéristiques des DPDA

L'Article 5 de la présente norme s'applique.

J.6 Marquage

En addition à l'Article 6 de la présente norme, les prescriptions suivantes s'appliquent:

Bornes universelles:

- pas de marquage.

Bornes non universelles:

- les bornes prévues pour conducteurs massifs doivent être marquées par les lettres "sol";
- les bornes prévues pour conducteurs rigides (massifs ou câblés) doivent être marquées par la lettre "r";
- les bornes prévues pour conducteurs souples doivent être marquées par la lettre "f".

Il y a lieu que le marquage apparaisse sur le DPDA ou, si la place disponible est insuffisante, sur le plus petit emballage ou dans les informations techniques.

Un marquage approprié indiquant la longueur de l'isolation à retirer avant l'insertion du conducteur dans la borne doit figurer sur le disjoncteur.

Le constructeur doit aussi fournir dans sa documentation technique des informations sur le nombre maximal de conducteurs pouvant être serrés.

J.7 Conditions normales de fonctionnement en service

L'Article 7 de la présente norme s'applique.

J.8 Prescription de construction

J.8.1 Généralités

L'Article 8 de la présente norme s'applique avec les modifications suivantes:

En 8.2.5, seulement 8.5.1, 8.2.5.2, 8.2.5.3, 8.2.5.6 et 8.2.5.7 s'appliquent.

La vérification est effectuée par examen et par les essais de J.9.1 et J.9.2 de cette annexe au lieu de 9.4 et 9.5.

De plus, les prescriptions suivantes s'appliquent:

J.8.2 Connexion ou déconnexion des conducteurs

La connexion ou la déconnexion des conducteurs doit être effectuée

- par l'utilisation d'un outil d'usage courant ou par un dispositif approprié incorporé à la borne servant à l'ouvrir et à faciliter l'insertion ou le retrait des conducteurs (par exemple pour les bornes universelles);

ou, pour les conducteurs rigides

- par simple insertion. Pour la déconnexion des conducteurs, une manœuvre autre qu'une traction sur le conducteur doit être nécessaire (par exemple pour les bornes pousse-fil).

Les bornes universelles doivent pouvoir recevoir des conducteurs non préparés rigides (massifs ou câblés) et souples.

Les bornes non universelles doivent pouvoir recevoir les types de conducteurs déclarés par le fabricant.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais de J.9.1 et J.9.2.

J.8.3 Dimensions des conducteurs raccordables

Les dimensions des conducteurs raccordables sont données au Tableau J.1.

L'aptitude à raccorder ces conducteurs doit être vérifiée par examen et par les essais de J.9.1 et J.9.2.

Tableau J.1 – Conducteurs raccordables

Conducteurs raccordables et leur diamètre théorique									
Métriques					AWG				
Rigides			Souples		Rigides			Souples	
	Massifs	Câblés				Massifs ^a	Class B câblés ^a		Classes I, K, M, câblés ^b
mm ²	Ø mm	Ø mm	mm ²	Ø mm	gauge	Ø mm	Ø mm	gauge	Ø mm
1,0	1,2	1,4	1,0	1,5	18	1,02	1,16	18	1,28
1,5	1,5	1,7	1,5	1,8	16	1,29	1,46	16	1,60
2,5	1,9	2,2	2,5	2,3	14	1,63	1,84	14	2,08
4,0	2,4	2,7	4,0	2,9	12	2,05	2,32	12	2,70
NOTE Les diamètres des conducteurs souples et rigides les plus gros sont basés sur le Tableau 1 de la IEC 60228:2004 et, pour les conducteurs AWG, sur les publications ASTM B 172-71, ICEA S-19-81, S-66-524, S-68-516.									
^a Diamètre nominal + 5 %									
^b Diamètre le plus grand + 5 % pour l'une quelconque des classes I, K et M.									

J.8.4 Sections raccordables

Les sections nominales à serrer sont définies au Tableau J.2.

Tableau J.2 – Sections des conducteurs en cuivre raccordables aux bornes sans vis

Courant assigné A	Sections nominales à serrer mm ²
Jusqu'à 13 inclus	1 à 2,5 inclus
Au-dessus de 13 jusqu'à 20 inclus	1,5 à 4 inclus

La conformité est vérifiée par examen et par les essais de J.9.2 et J.9.3.

J.8.5 Introduction et déconnexion des conducteurs

L'introduction et la déconnexion des conducteurs doivent être effectuées suivant les instructions du fabricant

La conformité est vérifiée par examen.

J.8.6 Conception et construction des bornes

Les bornes doivent être conçues et construites de telle sorte que

- chaque conducteur soit serré individuellement;
- pendant la connexion et la déconnexion, les conducteurs puissent être connectés ou déconnectés soit en même temps soit séparément;
- la mauvaise introduction du conducteur soit évitée.

Il doit être possible de serrer efficacement n'importe quel nombre de conducteurs jusqu'au nombre maximal prévu.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais de J.9.2 et J.9.3.

J.8.7 Résistance au vieillissement

Les bornes doivent être résistantes au vieillissement.

La vérification est effectuée par l'essai de J.9.4.

J.9 Essais

J.9.1 Généralités

L'Article 9 de la présente norme s'applique, en remplaçant 9.4 et 9.5 par les essais suivants:

J.9.2 Essai de fiabilité des bornes sans vis

J.9.2.1 Fiabilité du système sans vis

L'essai est effectué sur trois bornes de pôles d'échantillons neufs avec des conducteurs en cuivre, de la section nominale en accord avec le Tableau J.2. Les types des conducteurs doivent être en accord avec J.8.2.

La connexion puis la déconnexion doivent être effectuées cinq fois avec le conducteur du plus petit diamètre et successivement cinq fois avec le conducteur du plus grand diamètre.

Des conducteurs neufs doivent être utilisés chaque fois, sauf pour la cinquième fois, où le conducteur utilisé pour la quatrième insertion est serré au même endroit. Avant l'insertion dans la borne, les brins des conducteurs rigides câblés doivent être remis en forme et les brins des conducteurs souples doivent être torsadés pour en consolider les extrémités.

Pour chaque insertion, les conducteurs sont soit poussés aussi profondément que possible dans la borne soit insérés de telle façon que le raccordement adéquat soit évident.

Après chaque insertion, le conducteur inséré est tourné de 90° autour de son axe au niveau de la section serrée puis déconnecté.

Après ces essais, la borne ne doit pas être endommagée à tel point que son utilisation ultérieure provoque une détérioration.

J.9.2.2 Essai de fiabilité du raccordement

Trois bornes de pôles d'échantillons neufs sont équipées de conducteurs de cuivre neufs du type et de la section assignée selon le Tableau J.2.

Les types des conducteurs doivent être en accord avec J.8.2.

Avant l'introduction dans la borne, les brins des conducteurs rigides câblés et des conducteurs souples doivent être remis en forme et les brins des conducteurs souples doivent être torsadés pour en consolider les extrémités.

Il doit être possible d'introduire le conducteur dans la borne sans effort excessif dans le cas des bornes universelles et avec l'effort nécessaire à la main dans le cas des bornes pousse-fil.

Le conducteur est soit enfoncé aussi profondément que possible dans la borne soit inséré de telle façon que le raccordement adéquat soit évident.

Après l'essai, aucun brin du conducteur ne doit s'être échappé de la borne.

J.9.3 Essais de sûreté des bornes pour conducteurs externes: résistance mécanique

Pour l'essai de traction, trois bornes de pôles d'échantillons neufs sont équipées de conducteurs neufs du type et des sections assignées minimales et maximales selon le Tableau J.2.

Avant l'introduction dans la borne, les brins des conducteurs rigides câblés et des conducteurs souples doivent être remis en forme et les brins des conducteurs souples doivent être torsadés pour en consolider les extrémités.

Chaque conducteur est alors soumis à une traction avec une force de la valeur indiquée au Tableau J.3. La traction est appliquée sans à-coups, pendant 1 min, dans la direction de l'axe du conducteur.

Tableau J.3 – Forces de traction

Section mm ²	Force de traction N
1,0	35
1,5	40
2,5	50
4,0	60

Pendant l'essai, le conducteur ne doit pas s'échapper de la borne.

J.9.4 Essai de cycle

L'essai est effectué avec des conducteurs neufs de cuivre ayant une section conforme à celle du Tableau 12

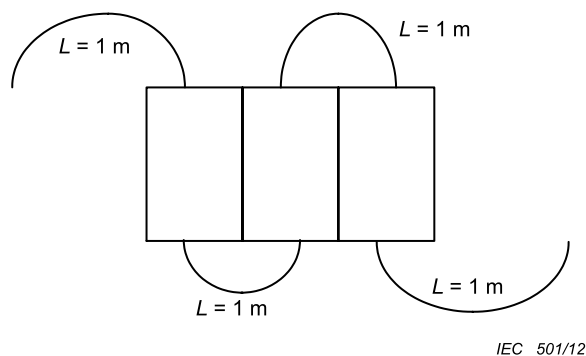
L'essai est effectué sur des échantillons neufs (un échantillon est un pôle) dont le nombre est défini ci-dessous en fonction du type de bornes:

- bornes universelles pour conducteurs rigides (massifs et câblés) et souples: 3 échantillons de chaque (6 échantillons);
- bornes non universelles pour conducteurs massifs seulement: 3 échantillons;
- bornes non universelles pour conducteurs rigides (massifs et câblés): 3 échantillons de chaque (6 échantillons);

NOTE Dans le cas de conducteurs rigides, des conducteurs massifs peuvent être utilisés (si, dans un pays donné, les conducteurs massifs ne sont pas disponibles, des conducteurs câblés peuvent être utilisés).

- bornes non universelles pour conducteurs souples seulement: 3 échantillons.

Un conducteur ayant la section définie au Tableau 12 est raccordé en série comme en usage normal à chacun des trois échantillons définis à la Figure J.1.



IEC 501/12

Figure J.1 – Échantillons à raccorder

L'échantillon est délivré avec un trou (ou équivalent) afin de mesurer la chute de tension dans la borne.

Tout le dispositif d'essai, y compris les conducteurs, est placé dans une étuve, dont la température initiale est de $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Pour éviter un déplacement quelconque du dispositif d'essai jusqu'à ce que tous les essais de chute de tension suivants aient été exécutés, il est recommandé de fixer les pôles sur un même support.

Un courant d'essai correspondant au courant assigné du disjoncteur est appliqué au circuit excepté pendant la période de refroidissement.

Les échantillons doivent alors être soumis à 192 cycles de température, chaque cycle ayant une durée approximative de 1 h, selon la procédure suivante:

La température de l'air dans l'enceinte est élevée à 40°C en approximativement 20 min. Elle est maintenue à cette valeur $\pm 5^\circ\text{C}$ pendant approximativement 10 min.

Les échantillons sont alors laissés à refroidir en approximativement 20 min à une température d'environ 30°C , un refroidissement forcé étant admis. Ils sont maintenus à cette température pendant environ 10 min et, si cela est nécessaire pour la mesure de la chute de tension, il est permis de continuer à les refroidir à une température de $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$.

La chute de tension maximale mesurée sur chaque borne, à la fin du 192ème cycle avec le courant assigné ne doit pas être supérieure à la plus petite des deux valeurs suivantes:

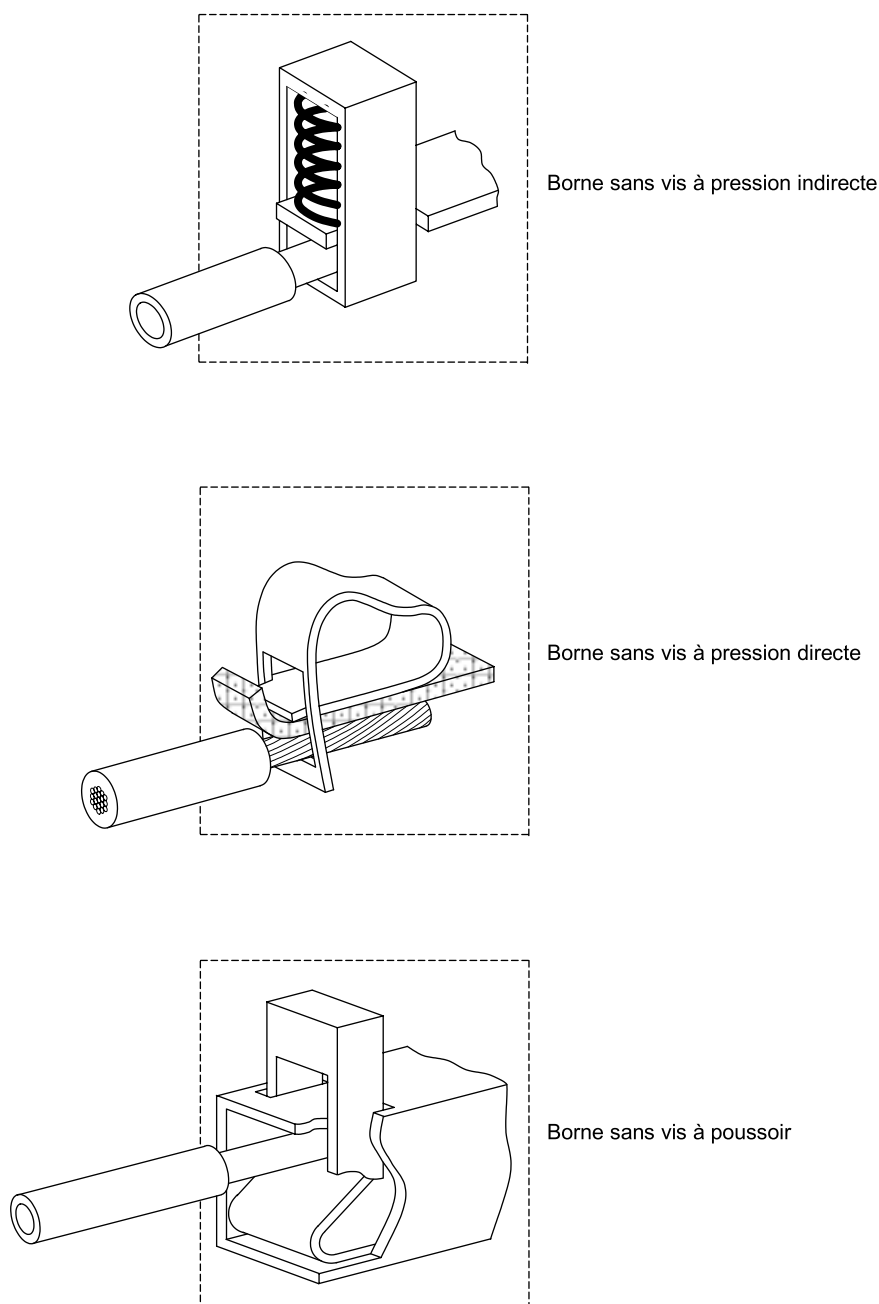
- soit $22,5\text{ mV}$,
- soit 1,5 fois la valeur mesurée après le 24ème cycle.

Les mesures doivent être effectuées le plus près possible de la zone de contact sur la borne.

Si les points de mesure ne peuvent être positionnés tout près du point de contact, la chute de tension de la partie du conducteur entre le point de mesure idéal et le point de mesure réel doit être retranchée de la chute de tension mesurée.

La température dans l'enceinte thermique doit être mesurée à une distance d'au moins 50 mm des échantillons.

Après cet essai, un examen à l'œil nu, à vision normale ou corrigée, sans grossissement additionnel, ne doit pas déceler de changement évident compromettant un usage ultérieur, tels que craquelures, déformations ou phénomènes analogues.



IEC 502/12

Figure J.2 – Exemples de bornes sans vis

J.10 Documents de référence

IEC 60228:2004, *Ames des câbles isolés*

IEC 60998-1:2002, *Dispositifs de connexion pour circuits basse tension pour usage domestique et analogue – Partie 1: Règles générales*

IEC 60998-2-2:2002, *Dispositifs de connexion pour circuits basse tension pour usage domestique et analogue – Partie 2-2: Règles particulières pour dispositifs de connexion en tant que parties séparées avec organes de serrage sans vis*

Annexe K (normative)

Prescriptions particulières pour les DPDA avec bornes plates à connexion rapide

K.1 Domaine d'application

Cette annexe s'applique aux DPDA compris dans le domaine d'application de l'Article 1, équipés avec des bornes plates à connexion rapide constituées d'une languette (voir K.3.2) de largeur nominale 6,3 mm et d'épaisseur 0,8 mm, à utiliser avec un clip pour le raccordement électrique des conducteurs en cuivre selon les instructions du constructeur, pour des courants assignés inférieurs ou égaux à 16 A.

NOTE L'utilisation de DPDA avec bornes plates à connexion rapide pour des courants assignés jusqu'à 20 A inclus est acceptée en BE, FR, IT, ES, PT et US.

Les conducteurs en cuivre raccordables sont souples, de section inférieure ou égale à 4 mm², ou rigides câblés, de section inférieure ou égale à 2,5 mm² (AWG supérieur ou égal à 12).

Cette annexe s'applique exclusivement aux DPDA avec languettes intégrées.

K.2 Références normatives

En complément à l'Article 2 de la présente norme, la référence normative suivante s'applique:

IEC 61210, *Dispositifs de connexion – Bornes plates à connexion rapide pour conducteurs électriques en cuivre – Exigences de sécurité.*

K.3 Termes et définitions

En complément de l'Article 3 de la présente norme, les définitions suivantes s'appliquent pour les besoins de la présente annexe.

K.3.1

borne plate à connexion rapide

connexion électrique se composant d'une languette et d'un clip qui peut être inséré et retiré avec ou sans l'usage d'un outil

K.3.2

languette

partie d'une connexion rapide qui reçoit le clip

K.3.3

clip

partie d'une connexion rapide qui est poussée sur la languette

K.3.4

verrouillage

empreinte (creux) ou trou de la languette dans lequel s'engage une partie en protubérance du clip assurant un verrouillage de l'accouplement

K.4 Classification

L'Article 4 de la présente norme s'applique.

K.5 Caractéristiques des DPDA

L'Article 5 de la présente norme s'applique.

K.6 Marquage

L'Article 6 de la présente norme dans son intégralité s'applique, avec l'addition suivante après le point k).

Les informations suivantes concernant le clip selon l'IEC 61210 et le type de conducteur à utiliser doivent être données dans les instructions du fabricant:

- l) le nom du constructeur ou sa marque de fabrique;
- m) la référence du type;
- n) les informations sur les sections des conducteurs et le code de couleur des clips isolés (voir Tableau K.1 ci-dessous);
- o) l'utilisation exclusive d'alliages de cuivre recouverts d'argent ou d'étain.

Tableau K.1 – Tableau informatif concernant le code de couleur du clip en relation avec la section du conducteur

Section du conducteur mm ²	Code de couleur du clip
1	Rouge
1,5	Rouge ou bleu
2,5	Bleu ou jaune
4	Jaune

K.7 Conditions normales de fonctionnement en service

L'Article 7 de la présente norme s'applique.

K.8 Prescriptions de construction

K.8.1 Généralités

L'Article 8 de la présente norme s'applique avec les exceptions suivantes:

Remplacer 8.2.3 par:

K.8.2 Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite (voir annexe B)

8.2.3 s'applique, les clips étant assemblés sur les languettes du DPDA.

Remplacer 8.2.5 par:

K.8.3 Bornes pour conducteurs externes

K.8.2.1 Les languettes et les clips doivent être d'un métal d'une résistance mécanique, d'une conductivité électrique et d'une résistance à la corrosion appropriées à l'usage pour lequel ils sont prévus.

NOTE Des alliages recouverts d'argent ou d'étain sont des exemples de solutions adéquates.

K.8.2.2 La largeur nominale de la languette est de 6,3 mm et l'épaisseur de 0,8 mm, applicable aux courants assignés jusqu'à 16 A inclus.

NOTE 1 L'utilisation de courants assignés jusqu'à 20 A inclus est acceptée en BE, FR, IT, PT, ES et aux US.

Les dimensions des languettes doivent être conformes à celles spécifiées au tableau K.3 et aux figures K.2, K.3 K.4 et K.5, où les dimensions A, B, C, D, E, F, J, M, N et Q sont obligatoires.

Les dimensions du clip qui peut être raccordé sont données à la Figure K.6 et au Tableau K.4.

NOTE 2 Les formes des différentes parties peuvent être différentes de celles données sur les figures, pourvu que les dimensions spécifiées ne soient pas influencées et que les prescriptions d'essais soient satisfaites (par exemple languettes cannelées ou pliées, etc.).

La conformité est vérifiée par examen et par des mesures

K.8.2.3 Les languettes doivent être maintenues de façon sûre en position.

La conformité est vérifiée par l'essai de surcharge mécanique de K.9.2.

K.9 Essais**K.9.1 Généralités**

L'Article 9 de la présente norme s'applique avec les modifications suivantes:

Remplacer 9.5 par:

K.9.2 Force de surcharge mécanique

Cet essai est effectué sur 10 bornes de DPDA montées comme en usage normal au moment du câblage.

La force axiale de poussée et, successivement, la force axiale de traction spécifiées au Tableau K.2 suivant sont appliquées graduellement à la languette équipant le DPDA, une seule fois à l'aide d'un appareil d'essai convenable.

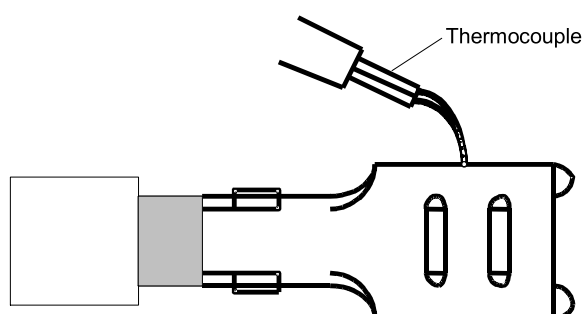
Tableau K.2 – Forces d'essai de surcharge

Poussée N	Traction N
96	88

La languette ou le DPDA dans lequel la languette est intégrée ne doit subir aucun dommage susceptible d'empêcher son usage ultérieur.

Ajout à 9.8.3:

Des thermocouples à fil fin doivent être placés de telle façon qu'ils n'influencent pas le contact ou la plage de raccordement. Un exemple de disposition est illustré à la Figure K.1.



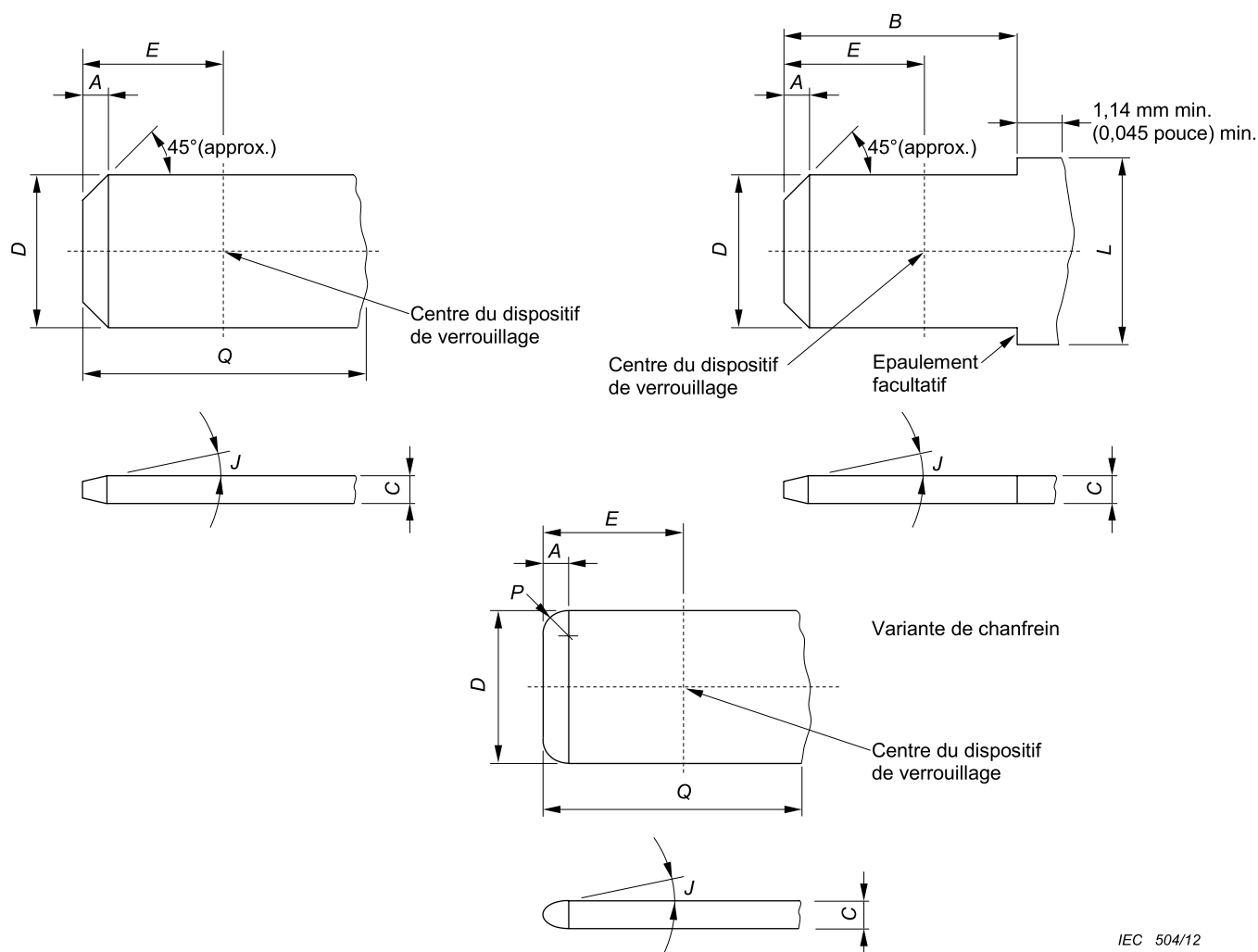
IEC 503/12

Figure K.1 – Exemple de position du thermocouple pour la mesure de l'échauffement

Tableau K.3 – Dimensions des languettes

Dimensions en millimètres

Taille nominale		A	B min	C	D	E	F	J	M	N	P	Q min
6,3 × 0,8	Empreinte	1,0		0,84	6,40	4,1	2,0	12°	2,5	2,0	1,8	
		0,7	7,8	0,77	6,20	3,6	1,6	8°	2,2	1,8	0,7	8,9
	Trou	1,0		0,84	6,40	4,7	2,0	12			1,8	
		0,5	7,8	0,77	6,20	4,3	1,6	8°			0,7	8,9
NOTE 1 Pour les dimensions A à Q, se référer aux Figures K.2 à K.5.												
NOTE 2 Lorsqu'il y a deux valeurs dans une colonne, elles indiquent les dimensions minimale et maximale.												



IEC 504/12

NOTE 1 Il n'est pas nécessaire que le chanfrein A à 45° suive une ligne droite s'il respecte les valeurs indiquées.

NOTE 2 La dimension L n'est pas spécifiée et peut varier selon les applications (par exemple la fixation).

NOTE 3 La dimension C des languettes peut être obtenue à partir de plus d'une couche de matériau pourvu que la languette ainsi obtenue satisfasse en tous points les prescriptions de cette norme.

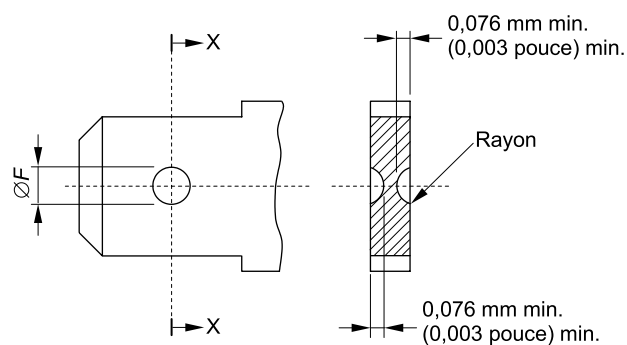
Un rayon sur le bord longitudinal de la languette est admis.

NOTE 4 Les dessins n'ont pas pour objet de définir la conception, à l'exception de ce qui concerne les dimensions indiquées.

NOTE 5 L'épaisseur C de la languette peut varier au-delà de Q ou au-delà de $B + 1,14 \text{ mm}$ (0,043 in).

NOTE 6 Toutes les parties des contacts représentées sont plates et exemptes de bavures ou saillies, à l'exception d'une saillie de 0,025 mm (0,001 pouces) par face au-dessus de l'épaisseur de la bande sur une surface définie par une ligne entourant l'emplacement du dispositif de verrouillage et distante de celui-ci de 1,3 mm (0,051 pouces).

Figure K.2 – Dimensions des languettes

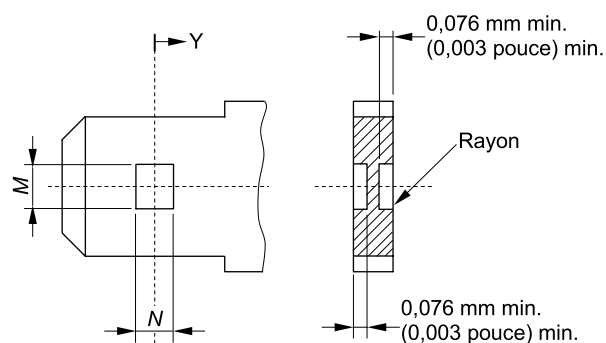


Coupe X-X

IEC 505/12

Le dispositif de verrouillage doit être à moins de 0,076 mm (0,003 in) de l'axe de la languette.

Figure K.3 – Dimensions de l'empreinte sphérique du dispositif de verrouillage (voir Figure K.2)

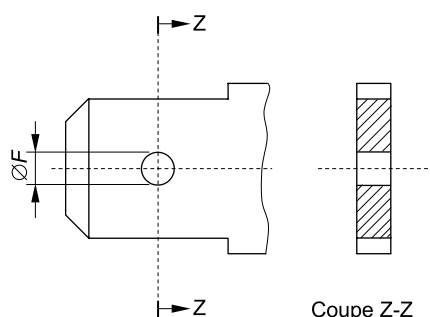


Coupe Y-Y

IEC 506/12

Le dispositif de verrouillage doit être à moins de 0,13 mm (0,005 in) de l'axe de la languette.

Figure K.4 – Dimensions de l'empreinte rectangulaire du dispositif de verrouillage (voir Figure K.2)

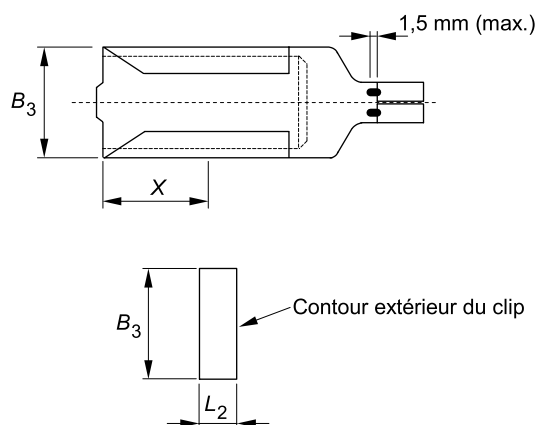


Coupe Z-Z

IEC 507/12

Le dispositif de verrouillage doit être à moins de 0,076 mm (0,003 in) de l'axe de la languette.

Figure K.5 – Dimensions du trou du dispositif de verrouillage



IEC 508/12

Les dimensions B_3 et L_2 sont obligatoires.

NOTE 1 Pour déterminer les dimensions du clip différant de B_3 et L_2 , il est nécessaire de se référer aux dimensions de la languette de façon à s'assurer que les conditions d'engagement les plus mauvaises (et de verrouillage, s'il existe) entre la languette et le clip sont correctes.

NOTE 2 Si un verrouillage est fourni, la dimension X est à la discrétion du constructeur dans le but de satisfaire aux prescriptions des articles relatifs aux performances.

NOTE 3 Il convient que les clips soient conçus de façon telle que toute insertion non voulue du conducteur dans la zone de sertissage soit visible ou évitée par une butée pour éviter toute interférence entre le conducteur et une languette complètement introduite.

NOTE 4 Les dessins n'ont pas pour objet de définir la conception, à l'exception de ce qui concerne les dimensions indiquées.

Figure K.6 – Dimensions des clips

Tableau K.4 – Dimensions des clips

Taille de la languette mm	Dimensions du clip mm	
	B_3 max	L_2 max
6,3 × 0,8	7,80	3,50

Annexe L **(normative)**

Prescriptions particulières pour DPDA avec bornes à vis pour connexion de conducteurs externes en aluminium non traités et avec des bornes à vis en aluminium pour connexion de conducteurs externes en cuivre ou en aluminium

L.1 Domaine d'application

Cette annexe s'applique aux DPDA compris dans le domaine d'application de cette norme, munis de bornes à vis en cuivre – ou en alliages contenant au moins 58 % de cuivre (si travaillé chaud) ou au moins 50 % de cuivre (si travaillé autrement), ou encore constituées d'un autre métal ou d'un métal revêtu de façon appropriée, tout aussi résistant à la corrosion que le cuivre et dont les propriétés mécaniques sont aussi appropriées que celles du cuivre – utilisables avec des conducteurs en aluminium non traité, ainsi qu'avec des bornes à vis en aluminium utilisables avec des conducteurs en cuivre ou en aluminium.

Dans cette annexe les conducteurs en aluminium revêtu de cuivre ou de nickel sont considérés comme des conducteurs en aluminium.

NOTE En AT, en AU et en DE, l'utilisation de bornes à vis en aluminium n'est pas autorisée pour raccorder des conducteurs en cuivre.

- En AT, en CH et en DE, les bornes pour conducteurs en aluminium ne sont pas admises;
- En ES, l'utilisation de conducteurs en aluminium n'est pas autorisée dans les circuits finaux des installations domestiques et similaires, p.ex. bureaux, magasins;
- Au DK, la section minimale des conducteurs en aluminium est de 16 mm².

L.2 Références normatives

L'Article 2 de la présente norme s'applique.

L.3 Termes et définitions

En complément de l'Article 3 de la présente norme, les définitions suivantes s'appliquent pour les besoins de la présente annexe.

L.3.1

conducteur traité

surface de contact d'un conducteur dont les brins externes ont eu leurs couches d'oxyde enlevées par brossage et/ou ont reçu un produit déposé pour améliorer le contact et/ou prévenir la corrosion

L.3.2

conducteur non préparé

conducteur qui a été coupé et dont l'isolation a été retirée en vue de son insertion dans une borne

Note 1 à l'article: Un conducteur dont la forme est arrangée pour qu'il soit introduit dans une borne ou dont les torons sont torsadés pour en consolider l'extrémité est considéré comme un conducteur non préparé.

L.3.3**égaliseur**

dispositif utilisé dans la boucle d'essai pour assurer un point équipotentiel et une densité de courant uniforme dans une âme câblée, sans effets indésirables sur la température du ou des conducteurs

L.3.4**conducteur de référence**

longueur d'âme conductrice sans raccordement, de type et de taille identiques à ceux utilisés dans la boucle d'essai, et connectée en série dans le même circuit

Note 1 à l'article: Elle est utilisée pour déterminer la température de référence et, si nécessaire, la résistance électrique de référence

L.3.5**coefficient de stabilité****S_f**

mesure de la stabilité de la température d'un organe de serrage au cours de l'essai de cycles thermiques

L.4 Classification

L'Article 4 de la présente norme s'applique.

L.5 Caractéristiques des DPDA

L'Article 5 de la présente norme s'applique.

L.6 Marquage

En addition à l'Article 6 de la présente norme, les prescriptions suivantes sont applicables:

Les marquages des bornes définis dans le Tableau L.1 doivent figurer sur le DPDA, à proximité des bornes.

Les autres informations concernant le nombre de conducteurs, les valeurs de couple de serrage (si elles diffèrent des valeurs du Tableau 12), et les sections raccordables doivent être indiquées sur le DPDA.

Tableau L.1 – Marquage des bornes

Types de conducteurs acceptés	Marquage
Cuivre seulement	Aucun
Aluminium seulement	Al
Aluminium ou Cuivre	Al/Cu

Le constructeur doit déclarer dans son catalogue que pour le serrage d'un conducteur en aluminium le couple de serrage doit être appliqué en utilisant des moyens appropriés.

L.7 Conditions normales de fonctionnement en service

L'Article 7 de la présente norme s'applique.

L.8 Exigences de construction

L'Article 8 de la présente norme est applicable avec les exceptions suivantes:

8.2.5.2 est complété par:

Pour le raccordement des conducteurs en aluminium, les DPDA doivent être équipés de bornes à vis permettant le raccordement de conducteurs dont les sections sont définies dans le Tableau L.2.

Les bornes pour le raccordement des conducteurs en aluminium et les bornes en aluminium pour le raccordement des conducteurs en cuivre ou en aluminium doivent avoir une résistance mécanique en mesure de supporter les essais de 9.4, avec les conducteurs d'essai serrés avec le couple indiqué dans le Tableau 13 ou avec le couple spécifié par le constructeur, qui ne doit pas être inférieur à celui spécifié dans le Tableau 13.

**Tableau L.2 – Sections des conducteurs en aluminium
pouvant être connectés aux bornes à vis**

Courant assigné ^a A	Plage des sections nominales à serrer mm ²
Jusqu'à 13 inclus	1 à 4
Au-dessus de 13 et jusqu'à 16 inclus	1 à 6
Au-dessus de 16 et jusqu'à 25 inclus	1,5 à 10
Au-dessus de 25 et jusqu'à 32 inclus	2,5 à 16
Au-dessus de 32 et jusqu'à 50 inclus	4 à 25
Au-dessus de 50 et jusqu'à 80 inclus	10 à 35
Au-dessus de 80 et jusqu'à 100 inclus	16 à 50
Au-dessus de 100 et jusqu'à 125 inclus	25 à 70
^a Il est exigé que, pour des courants assignés jusqu'à 50 A inclus, les bornes soient conçues pour serrer aussi bien des conducteurs massifs que des conducteurs câblés rigides; l'utilisation de conducteurs souples est autorisée. Toutefois, il est admis que les bornes pour conducteurs de section 1 mm ² à 10 mm ² soient conçues pour serrer seulement des conducteurs massifs.	
^b Sections maximales du Tableau 7, augmentées comme pour le tableau D.2 de l'IEC 61545.	

La conformité est vérifiée par examen, par des mesures, et en équipant tour à tour un conducteur de la plus faible et de la plus grande section spécifiée.

Le texte de 8.2.5.4 est remplacé par:

Les bornes doivent admettre les conducteurs sans préparation spécifique.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais de L.9.

L.9 Essais

L.9.1 Généralités

L'Article 9 de la présente norme s'applique avec les modifications/additions suivantes:

Pour les essais qui sont influencés par la matière de la borne et par le type du conducteur raccordable, on applique les conditions d'essai définies dans le Tableau L.3.

En addition l'essai de L.9.2 est effectué avec des bornes séparées du DPDA.

Tableau L.3 – Liste des essais selon la matière des conducteurs et des bornes

Matière des bornes		Matière selon 8.1.4.4 ^a	Al ^a	
Matière du conducteur (tableau L.1)		Al Utiliser les Tableaux L.2 et L.5	Cu Utiliser les Tableaux 6 et 10	Al Utiliser les Tableaux L.2 et L.5
9.4	Fiabilité des vis	Utiliser les Tableaux L.2, L.5 et 13	Utiliser les Tableaux 6, 10 et 13	Utiliser les Tableaux L.2, L.5 et 13
9.5.1	Essai de traction ^b	Utiliser les Tableaux L.2, L.5 et 13	Utiliser les Tableaux 6, 10 et 13	Utiliser les Tableaux L.2, L.5 et 13
9.5.2	Détérioration du conducteur	Utiliser les Tableaux L.2, L.5 et 13	Utiliser les Tableaux 6, 10 et 13	Utiliser les Tableaux L.2, L.5 et 13
9.5.3	Insertion du conducteur	Utiliser le Tableau L.4	Utiliser le Tableau 15	Utiliser le Tableau L.4
9.8	Elévation d'échauffement	Utiliser le Tableau L.5	Utiliser le Tableau 12	Utiliser le Tableau L.5
9.22	Vérification de la fiabilité	Utiliser le Tableau L.5	Utiliser le Tableau 12	Utiliser le Tableau L.5
L.9.2	Essai de cycles thermiques	Utiliser le Tableau 13	Utiliser le Tableau 13	Utiliser le Tableau 13
^a Utiliser les séquences d'essais A et B et le nombre d'échantillons défini dans l'annexe C. Pour les DPDA qui sont aptes à être raccordés à des conducteurs en Al ou en Cu, les séquences d'essais et le nombre d'échantillons doivent être doublés (une séquence d'essai pour les conducteurs en cuivre, l'autre pour les conducteurs en aluminium).				
^b Pour l'essai de traction 9.5.1, la valeur pour le câble de 70 mm ² est à l'étude.				

Tableau L.4 – Conducteurs raccordables et leur diamètre nominal

Métrique					AWG				
Rigide			Souple (cuivre seulement)		Rigide			Souple (cuivre seulement)	
S	Massif	Câblé	S			Massif ^a	Classe B Câblé ^a		Classes ^b I, K, M Câblé
mm ²	Ø mm	Ø mm	mm ²	Ø mm	Calibre	Ø mm	Ø mm	Calibre	mm
1,0	1,2	1,4	1,0	1,5	18	1,07	1,23	18	1,28
1,5	1,5	1,7	1,5	1,8	16	1,35	1,55	16	1,50
2,5	1,9	2,2	2,5	2,3 ^c	14	1,71	1,95	14	2,08
4,0	2,4	2,7	4,0	2,9 ^c	12	2,15	2,45	12	2,70
6,0	2,9	3,3	4,0	2,9 ^c	10	2,72	3,09		
10,0	3,7	4,2	6,0	3,9	8	3,43	3,89	10	3,36
16,0	4,6	5,3	10,0	5,1	6	4,32	4,91	8	4,32
25,0		6,6	16,0	6,3	4	5,45	6,18	6	5,73
35,0		7,9	25,0	7,8	2	6,87	7,78	4	7,25
					1	7,72	8,85		
50,0		9,1	35	9,2	0	8,51	9,64		12,08
70,0		12,0	50	12	00	9,266	10,64		
NOTE Les diamètres des conducteurs rigides et souples les plus gros sont basés sur le tableau 1 de l'IEC 60228: 2004, et pour les conducteurs AWG, sur les Publications ASTM B172-71, ICEA S-19-81, ICEA S-66-524, ICEA S-68-516.									
^a Diamètre nominal + 5 %.									
^b Diamètre le plus grand + 5 % pour l'une quelconque des classes I, K, M.									
^c Dimensions pour conducteurs souples de la classe 5 seulement suivant l'IEC 60228A.									

L.9.2 Conditions d'essais

Le paragraphe 9.1 de la présente norme est applicable, avec l'exception suivante: les conducteurs en aluminium à connecter sont extraits du Tableau L.5.

Tableau L.5 – Sections (S) des conducteurs d'essai en aluminium correspondant aux courants assignés

S mm ²	I _n A
1,5	I _n ≤ 6
2,5	6 < I _n ≤ 13
4	13 < I _n ≤ 20
6	20 < I _n ≤ 25
10	25 < I _n ≤ 32
16	32 < I _n ≤ 50
25	50 < I _n ≤ 63
35	63 < I _n ≤ 80
50	80 < I _n ≤ 100
70	100 < I _n ≤ 125

L.9.3 Essai de cycles thermiques

L.9.3.1 Généralités

Cet essai vérifie la stabilité de la borne à vis par comparaison des températures atteintes avec celles atteintes par le conducteur de référence sous des conditions cycliques accélérées.

Cet essai est effectué avec des bornes séparées.

L.9.3.2 Préparation

L'essai est réalisé sur quatre échantillons, chacun constitué par un couple de bornes reliées d'une façon qui représente l'utilisation des bornes dans le DPDA (voir les exemples représentés sur les Figures L.2 à L.6). Les bornes à vis séparées du produit doivent être reliées à des parties conductrices de même section, forme, métal et finition que les parties sur lesquelles elles sont montées dans le produit. Les bornes à vis doivent être fixées aux parties conductrices de la même façon (position, couple de serrage, etc.) que sur le produit. Si un défaut est constaté sur un échantillon pendant l'essai, quatre autres échantillons devront être testés et aucun autre défaut n'est admis.

L.9.3.3 Disposition d'essai

La disposition générale des échantillons doit être conforme aux indications de la Figure L.1.

Pour les échantillons d'essai, on doit utiliser 90 % de la valeur du couple spécifié par le constructeur ou, si non spécifié, 90 % du couple choisi dans le Tableau 13.

L'essai est pratiqué avec des conducteurs selon le Tableau L.5. La longueur du conducteur d'essai mesurée entre le point d'entrée des échantillons de bornes à vis et l'égaliseur (voir L.3.3) doit être conforme au Tableau L.6.

Tableau L.6 – Longueur du conducteur d'essai

Section du conducteur mm ²	Taille du conducteur AWG	Longueur minimale du conducteur mm
$S \leq 10,0$	≤ 8	200
$16,0 \leq S \leq 25,0$	6 to 3	300
$35,0 \leq S \leq 70,0$	2 to 00	460

Les conducteurs d'essai sont connectés en série avec un conducteur de référence de même section.

La longueur du conducteur de référence doit être approximativement au moins le double de la longueur du conducteur d'essai.

Chaque extrémité libre des conducteurs d'essai et de référence non connectée à un échantillon de borne à vis doit être brasée ou soudée à un égaliseur consistant en une barre courte de même matière que le conducteur, et d'une section ne dépassant pas celle indiquée au Tableau L.7. Tous les brins du conducteur doivent être soudés ou brasés afin d'assurer une connexion électrique parfaite avec l'égaliseur.

Des connecteurs de type à sertissage par outillage sans soudage peuvent être utilisés pour l'égaliseur sous réserve de l'acceptation du constructeur et à condition que le niveau de performance soit maintenu.

Tableau L.7 – Dimension des égaliseurs et des barres de connexion

Domaine du courant d'essai A	Section maximale mm ²	
	Aluminium	Cuivre
0 – 50	45	45
51 – 125	105	85
126 – 225	185	155

L'espace entre les conducteurs de référence et d'essai doit être au moins de 150 mm.

L'échantillon d'essai doit être suspendu soit horizontalement soit verticalement à l'air libre, par fixation de l'égaliseur ou de la barre de connexion au moyen de supports non conducteurs, de façon à ce que la borne à vis ne soit pas soumise à un effort de traction. Des barrières thermiques doivent être installées à mi-distance entre les conducteurs, et doivent dépasser de $25 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ en largeur et de $150 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ en longueur depuis les bornes à vis (voir Figure L.1). Les barrières thermiques ne sont pas nécessaires si les spécimens sont séparés par une distance d'au moins 450 mm. Les spécimens doivent être situés à au moins 600 mm du plancher, des murs ou du plafond.

Les échantillons d'essai doivent être situés dans un environnement pratiquement exempt de vibrations ou de courants d'air, à une température ambiante comprise entre 20 °C et 25 °C. Une fois l'essai commencé, la variation ne doit pas dépasser $\pm 1 \text{ K}$ dans les limites permises.

L.9.3.4 Mesure de la température

Les mesures de température sont faites au moyen de thermocouples, en utilisant un fil de section maximale ne dépassant pas $0,07 \text{ mm}^2$ (approximativement 30 AWG).

Pour les bornes à vis, le thermocouple doit être situé du côté de l'ouverture de la borne à vis, à proximité de la surface de contact.

Les thermocouples du conducteur de référence doivent être placés au milieu de la longueur du conducteur, sous son isolation.

La mise en place des thermocouples ne doit endommager ni la borne à vis ni le conducteur de référence.

NOTE 1 On peut utiliser la méthode de fixation du thermocouple dans un perçage de petit diamètre à condition que les performances n'en soient pas affectées et que le constructeur l'accepte.

La température ambiante doit être mesurée avec deux thermocouples de telle manière qu'il soit possible d'obtenir une valeur moyenne stable dans le voisinage de la boucle d'essai, sans influence extérieure excessive. Les thermocouples doivent être placés sur un même plan horizontal coupant les échantillons, à une distance minimale de 600 mm.

NOTE 2 Une méthode satisfaisante pour obtenir une mesure stable consiste, par exemple, à fixer les thermocouples à une plaque de cuivre non revêtu d'environ 50 mm × 50 mm et ayant une épaisseur comprise entre 6 mm et 10 mm.

L.9.3.5 Méthode d'essai et critère d'acceptation

NOTE 1 L'évaluation des résultats de l'essai est basée à la fois sur la limite d'échauffement des bornes à vis et la variation de température pendant l'essai.

La boucle d'essai doit être soumise à 500 cycles constitués d'1 h sous courant et 1 h sans courant, en commençant avec un courant alternatif égal à 1,12 fois la valeur du courant d'essai déterminé dans le tableau L.8. Vers la fin de chaque période avec passage de courant lors des 24 premiers cycles, le courant doit être ajusté de façon à élever la température du conducteur de référence jusqu'à 75 °C.

Au 25ème cycle, le courant d'essai doit être ajusté pour la dernière fois et la température stable doit être enregistrée comme première mesure. Il ne doit y avoir aucun autre ajustement du courant d'essai pendant la suite de l'essai.

Les températures doivent être enregistrées au cours d'un cycle au moins chaque jour de travail, et après approximativement 25, 50, 75, 100, 125, 175, 225, 275, 350, 425 et 500 cycles.

La température doit être mesurée durant les dernières 5 min de la période sous courant. Si la taille du lot d'échantillons d'essai ou la vitesse du système d'acquisition de données ne permet pas d'effectuer la totalité des mesures dans les 5 min, la période sous courant devra être augmentée jusqu'à pouvoir terminer les mesures.

La période sans courant peut être raccourcie après les premiers 25 cycles d'essai à 5 min de plus que le temps maximal qui a été nécessaire pour que toutes les bornes atteignent une température comprise entre la température ambiante T_a et $T_a + 5$ K, durant la période sans courant. Une ventilation forcée peut être utilisée pour réduire la période sans courant si cette méthode est acceptée par le constructeur. Dans ce cas elle doit être appliquée à l'ensemble de la boucle d'essai et la température de l'air forcé ne doit pas être inférieure à la température ambiante.

Le coefficient de stabilité S_f pour chacune des 11 mesures de température est déterminé par soustraction algébrique de l'écart moyen de température D aux 11 valeurs de l'écart de température d .

L'écart de température d pour les 11 mesures individuelles est obtenu par soustraction de la température du conducteur de référence à la température de la borne à vis.

NOTE 2 La valeur de d est positive si la température de la borne à vis est plus élevée que la température du conducteur de référence, et négative dans le cas contraire.

Pour chaque borne à vis

- l'échauffement ne doit pas dépasser 110 K;
- le coefficient de stabilité S_f ne doit pas dépasser ± 10 °C.

Un exemple de calcul pour une borne à vis est indiqué dans le Tableau L 9.

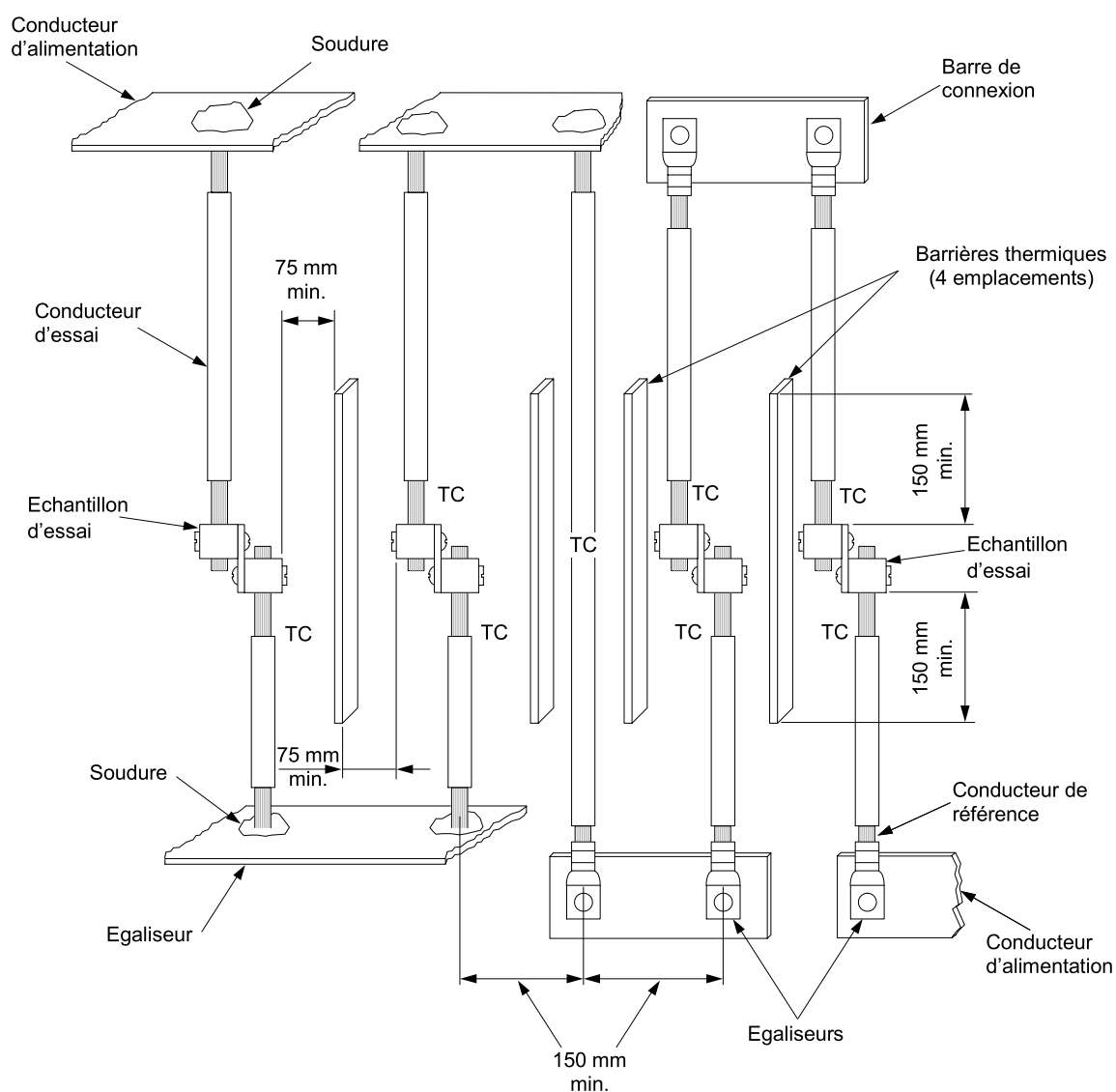
Tableau L.8 – Courant d'essai en fonction du courant assigné

Tailles métriques			Tailles AWG		
Courant assigné A	Section du conducteur Al mm ²	Courant d'essai A	Courant assigné A	Section du conducteur Al N°	Courant d'essai A
$0 \leq I_n \leq 15$	2,5	26	$0 < I_n \leq 15$	12	30
$15 < I_n \leq 20$	4	35	$15 < I_n \leq 25$	10	40
$20 < I_n \leq 25$	6	46	$25 < I_n \leq 40$	8	53
$25 < I_n \leq 32$	10	60	$40 < I_n \leq 50$	6	69
$32 < I_n \leq 50$	16	79	$50 < I_n \leq 65$	4	99
$50 < I_n \leq 65$	25	99	$65 < I_n \leq 75$	3	110
$65 < I_n \leq 80$	35	137	$75 < I_n \leq 90$	2	123
$80 < I_n \leq 100$	50	171	$90 < I_n \leq 100$	1	152
$100 < I_n \leq 125$	70	190	$100 < I_n \leq 120$	0	190

Tableau L.9 – Exemple de calcul pour la détermination de l'écart moyen de température D

Mesures de la température	Nombre de cycles	Températures		Ecart de température $d = a - b$ K	Coefficient de stabilité $S_f = d - D$ K
		Borne à vis a °C	Conducteur de référence b °C		
1	25	79	78	1	0,18
2	50	80	77	3	2,18
3	75	78	78	0	-0,82
4	100	76	77	-1	-1,82
5	125	77	77	0	-0,82
6	175	78	77	1	0,18
7	225	79	76	3	2,18
8	275	78	76	2	1,18
9	350	77	78	-1	-1,82
10	425	77	79	-2	-2,82
11	500	81	78	3	2,18

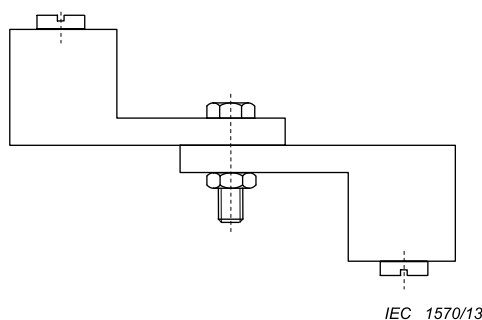
$$\text{Ecart moyen de température } D = \frac{\sum d}{\text{nombre de mesures}} = \frac{9}{11} = 0,82$$



TC Thermocouple

IEC 1569/13

Figure L.1 – Disposition générale pour l'essai



La partie conductrice peut être boulonnée, brasée ou soudée.

Figure L.2 – Exemple de l'utilisation des bornes dans le DPDA

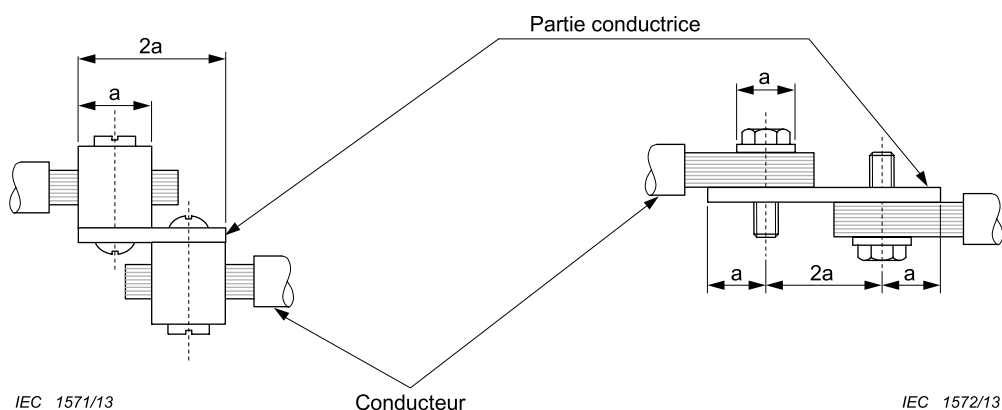


Figure L.3 – Exemple de l'utilisation des bornes dans le DPDA

Figure L.4 – Exemple de l'utilisation des bornes dans le DPDA

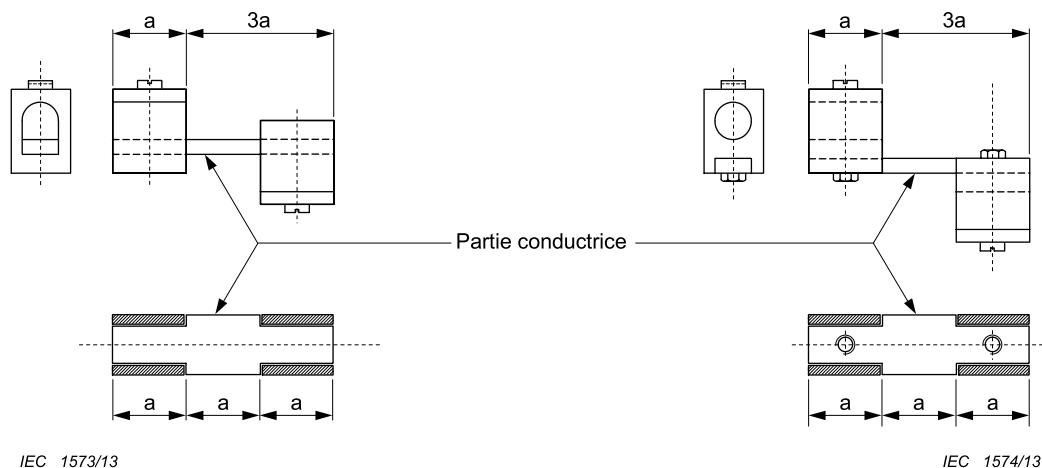


Figure L.5 – Exemple de l'utilisation des bornes dans le DPDA

Figure L.6 – Exemple de l'utilisation des bornes dans le DPDA

Bibliographie

IEC 60038, *Tensions normales de l'IEC*

IEC 60060-2, *Techniques des essais à haute tension – Partie 2: Systèmes de mesure*

IEC 60112:2003, *Méthode de détermination des indices de résistance et de tenue au cheminement des matériaux isolants solides*

IEC 60227-1, *Conducteurs et câbles isolés au polychlorure de vinyle, de tension nominale au plus égale à 450/750 V – Partie 1: Exigences générales*

IEC 60269-1:2006, *Fusibles basse tension – Partie 1: Exigences générales*

IEC 60364-5-53:2001, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-53: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Sectionnement, coupure et commande*

IEC 60617, *Symboles graphiques pour schémas*

IEC/TR 60664-2-1, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 2-1: Guide d'application – Explication de l'application de la série IEC 60664, exemples de dimensionnement et d'essais diélectriques*

IEC 60664-3, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 3: Utilisation de revêtement, d'emboîtement ou de moulage pour la protection contre la pollution*

IEC 60664-5, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 5: Méthode détaillée de détermination des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite inférieures ou égales à 2 mm*

IEC 60884-1, *Prises de courant pour usages domestiques et analogues – Partie 1: Règles générales*

IEC 61000-3-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3-2: Limites – Limites pour les émissions de courant harmonique (courant appelé par les appareils ≤ 16 A par phase)*

IEC 60695-2-11:2000, *Fire hazard testing – Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire flammability test method for end-products*

IEC 61000-4-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-2: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux décharges électrostatiques*

IEC 61000-4-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-3 : Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

IEC 61000-4-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-4: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves*

IEC 61000-4-5:2005, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux ondes de choc*

IEC 61000-4-6, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-6: Techniques d'essai et de mesure – Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques*

IEC 61000-4-16:1998, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-16: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux perturbations conduites en mode commun dans la gamme de fréquences de 0 Hz à 150 kHz*

Amendement 1:2001

Amendement 2:2009

IEC 61210, *Dispositifs de connexion – Bornes plates à connexion rapide pour conducteurs électriques en cuivre – Exigences de sécurité*

IEC 61545:1996, *Dispositifs de connexion – Dispositifs pour la connexion des câbles en aluminium dans des organes de serrage en matière quelconque et des câbles en cuivre dans des organes de serrage en aluminium*

ASTM D785-08, *Standard Test Method for Rockwell Hardness of Plastics and Electrical Insulating Materials* (disponible en anglais seulement)

BS 1363-1:1995, *13 A plugs, socket-outlets, adaptors and connection units. Specification for rewirable and non-rewirable 13 A fused plugs* (disponible en anglais seulement)

BS 1363-2:1995, *13 A plugs, socket-outlets, adaptors and connection units. Specification for 13 A switched and unswitched socket-outlets* (disponible en anglais seulement)

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch