IEC 62477-1

Edition 1.0 2012-07

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

GROUP SAFETY PUBLICATION
PUBLICATION GROUPÉE DE SÉCURITÉ

Safety requirements for power electronic converter systems and equipment – Part 1: General

Exigences de sécurité applicables aux systèmes et matériels électroniques de conversion de puissance – Partie 1: Généralités

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED
Copyright © 2012 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.
Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembé
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.

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables you 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 on-line and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.

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 la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

Liens utiles:

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

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI 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.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. 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 au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) en ligne.

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.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

IEC 62477-1

Edition 1.0 2012-07

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

GROUP SAFETY PUBLICATION
PUBLICATION GROUPÉE DE SÉCURITÉ

Safety requirements for power electronic converter systems and equipment – Part 1: General

Exigences de sécurité applicables aux systèmes et matériels électroniques de conversion de puissance – Partie 1: Généralités

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX XJ

ICS 29.200

ISBN 978-2-83220-194-7

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.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

CONTENTS

FOREWORD 8
INTRODUCTION 10
1 Scope 11
2 Normative references 12
3 Terms and definitions 14
4 Protection against hazards 23
4.1 General 23
4.2 Fault and abnormal conditions 24
4.3 Short circuit and overload protection 25
4.3.1 General 25
4.3.2 Specification of input short-circuit withstand strength and output short circuit current ability 26
4.3.3 Short-circuit coordination (backup protection) 27
4.3.4 Protection by several devices 27
4.4 Protection against electric shock 27
4.4.1 General 27
4.4.2 *Decisive voltage class* 27
4.4.3 Provision for *basic protection* 32
4.4.4 Provision for *fault protection* 34
4.4.5 *Enhanced protection* 40
4.4.6 Protective measures 41
4.4.7 Insulation 43
4.4.8 Compatibility with residual current-operated protective devices (RCD) 58
4.4.9 Capacitor discharge 58
4.5 Protection against electrical energy hazards 59
4.5.1 Operator access areas 59
4.5.2 Service access areas 60
4.6 Protection against fire and thermal hazards 60
4.6.1 Circuits representing a fire hazard 60
4.6.2 Components representing a fire hazard 60
4.6.3 *Fire enclosures* 61
4.6.4 Temperature limits 65
4.6.5 Limited power sources 68
4.7 Protection against mechanical hazards 69
4.7.1 General 69
4.7.2 Specific requirements for liquid cooled *PECS* 70
4.8 Equipment with multiple sources of supply 71
4.9 Protection against environmental stresses 72
4.10 Protection against sonic pressure hazards 73
4.10.1 General 73
4.10.2 Sonic pressure and sound level 73
4.11 Wiring and connections 73
4.11.1 General 73
4.11.2 Routing 73
4.11.3 Colour coding 73
4.11.4 Splices and connections 74

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

4.11.5 Accessible connections 74
4.11.6 Interconnections between parts of the *PECS* 74
4.11.7 Supply connections 75
4.11.8 Terminals 75
4.12 *Enclosures* 76
4.12.1 General 76
4.12.2 Handles and manual controls 76
4.12.3 Cast metal 77
4.12.4 Sheet metal 77
4.12.5 Stability test for *enclosure* 80
5 Test requirements 81
5.1 General 81
5.1.1 Test objectives and classification 81
5.1.2 Selection of test samples 81
5.1.3 Sequence of tests 81
5.1.4 Earthing conditions 81
5.1.5 General conditions for tests 81
5.1.6 Compliance 82
5.1.7 Test overview 83
5.2 Test specifications 84
5.2.1 Visual inspections (*type test*, *sample test* and *routine test*) 84
5.2.2 Mechanical tests 84
5.2.3 Electrical tests 88
5.2.4 Abnormal operation and simulated faults tests 102
5.2.5 Material tests 106
5.2.6 Environmental tests (*type tests*) 110
5.2.7 Hydrostatic pressure test (*type test* and *routine test*) 115
6 Information and marking requirements 115
6.1 General 115
6.2 Information for selection 117
6.3 Information for installation and commissioning 118
6.3.1 General 118
6.3.2 Mechanical considerations 118
6.3.3 Environment 118
6.3.4 Handling and mounting 118
6.3.5 *Enclosure* temperature 118
6.3.6 Connections 119
6.3.7 Protection requirements 119
6.3.8 Commissioning 121
6.4 Information for use 121
6.4.1 General 121
6.4.2 Adjustment 121
6.4.3 Labels, signs and signals 121
6.5 Information for maintenance 123
6.5.1 General 123
6.5.2 Capacitor discharge 124
6.5.3 Auto restart/bypass connection 124
6.5.4 Other hazards 124
6.5.5 Equipment with multiple sources of supply 124

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Annex A (normative) Additional information for protection against electric shock 125
Annex B (informative) Considerations for the reduction of the pollution degree 145
Annex C (informative) Symbols referred to in IEC 62477-1 146
Annex D (normative) Evaluation of clearance and creepage distances 147
Annex E (informative) Altitude correction for clearances 155
Annex F (normative) Clearance and creepage distance determination for frequencies greater than 30 kHz 156
Annex G (informative) Cross-sections of round conductors 162
Annex H (informative) Guidelines for RCD compatibility 163
Annex I (informative) Examples of overvoltage category reduction 167
Annex J (informative) Burn thresholds for touchable surfaces 174
Annex K (informative) Table of electrochemical potentials 177
Annex L (informative) Measuring instrument for *touch current* measurements 178
Annex M (informative) Test probes for determining access 179
Bibliography 182

Figure 1 – Touch time-d.c. peak voltage zones of *ventricular fibrillation* in dry skin condition 30
Figure 2 – Touch time- d.c. peak voltage zones of *ventricular fibrillation* in water-wet skin condition 31
Figure 3 – Touch time- d.c. peak voltage zones of *ventricular fibrillation* in saltwater-wet skin condition 31
Figure 4 – Example of a *PECS* assembly and its associated *protective equipotential bonding* 36
Figure 5 – Example of a *PECS* assembly and its associated *protective equipotential bonding* 37
Figure 6 – *Fire enclosure* bottom openings below an unenclosed or partially enclosed fire-hazardous component 63
Figure 7 – *Fire enclosure* baffle construction 64
Figure 8 – Supported and unsupported *enclosure* parts 78
Figure 9 – Impact test using a steel ball 86
Figure 10 – Voltage test procedures 93
Figure 11 – Protective equipotential bonding impedance test for separate unit with power fed from the *PECS* with protection for the power cable 99
Figure 12 – Protective equipotential bonding impedance test for sub-assembly with accessible parts and with power fed from the *PECS* 100
Figure 13 – Circuit for high-current arcing test 107
Figure 14 – Test fixture for hot-wire ignition test 108
Figure A.1 – Protection by *DVC As* with *protective separation* 125
Figure A.2 – Protection by means of *protective impedance* 126
Figure A.3 – Protection by using limited voltages 127
Figure A.4 – Touch time- d.c. voltage zones for dry skin condition 130
Figure A.5 – Touch time- d.c. voltage zones for water-wet skin condition 130
Figure A.6 – Touch time- d.c. voltage for saltwater-wet skin condition 131
Figure A.7 – Touch time- d.c. voltage zones of dry skin condition 132
Figure A.8 – Touch time- d.c. voltage zones of water-wet skin condition 132

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Figure A.9 – Touch time- d.c. voltage zones of saltwater-wet skin condition 133
Figure A.10 – Touch time- d.c. voltage zones of dry skin condition 134
Figure A.11 – Touch time- d.c. voltage zones of water-wet skin condition 134
Figure A.12 – Touch time- a.c. voltage zones for dry skin condition 135
Figure A.13 – Touch time- a.c. voltage zones of water-wet skin condition 136
Figure A.14 – Touch time- a.c. voltage of saltwater-wet skin condition 136
Figure A.15 – Touch time- a.c. voltage zones of dry skin condition 137
Figure A.16 – Touch time- a.c. voltage zones of water-wet skin condition 138
Figure A.17 – Touch time- a.c. voltage zones of saltwater-wet skin condition 138
Figure A.18 – Touch time- a.c. voltage zones of dry skin condition 139
Figure A.19 – Touch time- a.c. voltage zones of water-wet skin condition 140
Figure A.20 – Typical waveform for a.c. *working voltage* 141
Figure A.21 – Typical waveform for d.c. *working voltage* 141
Figure A.22 – Typical waveform for pulsating *working voltage* 142
Figure F.1 – Diagram for dimensioning of clearances 157
Figure F.2 – Diagram for dimensioning of creepage distances 159
Figure F.3 – Permissible field strength for dimensioning of solid *insulation* according to Equation (1) 161
Figure H.1 – Flow chart leading to selection of the RCD type upstream of a *PECS* 163
Figure H.2 – Fault current waveforms in connections with power electronic converter devices 165
Figure I.1 – *Basic insulation* evaluation for circuits connected to the origin of the *installation mains supply* 167
Figure I.2 – *Basic insulation* evaluation for circuits connected to the *mains supply* 168
Figure I.3 – *Basic insulation* evaluation for single and three phase equipment not *permanently connected* to the *mains supply* 168
Figure I.4 – *Basic insulation* evaluation for circuits connected to the origin of the *installation mains supply* where internal *SPD*s are used 168
Figure I.5 – *Basic insulation* evaluation for circuits connected to the *mains supply* where internal *SPD*s are used 169
Figure I.6 – Example of *protective separation* evaluation for circuits connected to the *mains supply* where internal *SPD*s are used 169
Figure I.7 – Example of *protective separation* evaluation for circuits connected to the *mains supply* where internal *SPD*s are used 170
Figure I.8 –Example of *protective separation* evaluation for circuits connected to the *mains supply* where internal *SPD*s are used 170
Figure I.9 – *Basic insulation* evaluation for circuits not connected directly to the *mains supply* 170
Figure I.10 – *Basic insulation* evaluation for circuits not connected directly to the supply mains 171
Figure I.11 – Functional *insulation* evaluation within circuits affected by external transients 171
Figure I.12 – *Basic insulation* evaluation for circuits both connected and not connected directly to the *mains supply* 172
Figure I.13 – *Insulation* evaluation for accessible circuit of DVC A 172
Figure I.14 – *PEC* with mains and non-*mains supply* without galvanic separation 173

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Figure I.15 – Transformer (basic) isolated *PEC* inverter with *SPD* and transformer to reduce impulse voltage for functional and *basic insulation*. 173
Figure J.1 – Burn threshold spread when the skin is in contact with a hot smooth surface made of bare (uncoated) metal 174
Figure J.2 – Rise in the burn threshold spread from Figure J.1 for metals which are coated by shellac varnish of a thickness of 50 μm, 100 μm and 150 μm 175
Figure J.3 – Rise in the burn threshold spread from Figure J.1 for metals coated with the specific materials 175
Figure J.4 – Burn threshold spread when the skin is in contact with a hot smooth surface made of ceramics, glass and stone materials 176
Figure J.5 – Burn threshold spread when the skin is in contact with a hot smooth surface made of plastics 176
Figure K.1 – Electrochemical potentials (V) 177
Figure L.1 – Measuring instrument 178
Figure M.1 – Sphere 50 mm probe (IPXXA) 179
Figure M.2 – Jointed test finger (IPXXB) 180
Figure M.3 – Test rod 2,5 mm (IP3X) 181

Table 1 – Alphabetical list of terms 15
Table 2 – Selection of *DVC* for touch voltage to protect against *ventricular fibrillation* 28
Table 3 – Selection of body contact area 29
Table 4 – Selection of humidity condition of the skin 29
Table 5 – Steady state voltage limits for the *decisive voltage classes* 29
Table 6 – Protection requirements for circuit under consideration 32
Table 7 – *PE conductor* cross-section[a] 38
Table 8 – Definitions of pollution degrees 43
Table 9 – Impulse withstand voltage and *temporary overvoltage* versus system voltage 46
Table 10 – Clearance distances for *functional*, *basic* or *supplementary insulation* 51
Table 11 – Creepage distances (in millimetres) 53
Table 12 – Generic materials for the direct support of uninsulated *live parts* 55
Table 13 – Permitted openings in *fire enclosure* bottoms 64
Table 14 – Maximum measured total temperatures for internal materials and components 66
Table 15 – Maximum measured temperatures for accessible parts of the *PECS* 68
Table 16 – Limits for sources without an overcurrent protective device 69
Table 17 – Limits for power sources with an overcurrent protective device 69
Table 18 – Environmental service conditions 72
Table 19 – Wire bending space from terminals to *enclosure* 76
Table 20 – Thickness of sheet metal for *enclosures*: carbon steel or stainless steel 79
Table 21 – Thickness of sheet metal for *enclosures*: aluminium, copper or brass 80
Table 22 – Test overview 83
Table 23 – Pull values for handles and manual control securement 88
Table 24 – Impulse voltage test 89
Table 25 – Impulse test voltage 90
Table 26 – AC or d.c. test voltage for circuits connected directly to *mains supply* 91

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Table 27 – A.c. or d.c. test voltage for circuits connected to *non-mains supply* without *temporary overvoltages* 92
Table 28 – Partial discharge test 95
Table 29 – Test duration for *protective equipotential bonding* test 101
Table 30 – Environmental tests 111
Table 31 – Dry heat test (steady state) 112
Table 32 – Damp heat test (steady state) 113
Table 33 – Vibration test 114
Table 34 – Salt mist test 114
Table 35 – Dust and sand test 115
Table 36 – Information requirements 116
Table A.1 – Selection of touch voltage sets to protect against *ventricular fibrillation* 128
Table A.2 – Selection of touch voltage sets to protect against *muscular reaction* 129
Table A.3 – Selection of touch voltage sets to protect against *startle reaction* 129
Table A.4 – Examples for protection against electrical shock 144
Table C.1 – Symbols used 146
Table D.1 – Width of grooves by pollution degree 147
Table E.1 – Correction factor for clearances at altitudes between 2 000 m and 20 000 m 155
Table E.2 – Test voltages for verifying clearances at different altitudes 155
Table F.1 – Minimum values of clearances in air at atmospheric pressure for inhomogeneous field conditions (Table 1 of IEC 60664-4:2005) 158
Table F.2 – Multiplication factors for clearances in air at atmospheric pressure for approximately homogeneous field conditions 158
Table F.3 – Minimum values of creepage distances for different frequency ranges (Table 2 of IEC 60664-4:2005) 160
Table G.1 – Standard cross-sections of round conductors 162

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SAFETY REQUIREMENTS FOR POWER ELECTRONIC CONVERTER SYSTEMS AND EQUIPMENT –

Part 1: General

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.

International Standard IEC 62477-1 has been prepared by IEC technical committee 22: Power electronic systems and equipment.

It has the status of a group safety publication in accordance with IEC Guide 104.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
22/200/FDIS	22/204/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

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

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

A list of all the parts in the IEC 62477 series, published under the general title *Safety requirements for power electronic convertor systems and equipment* can be found on the IEC website.

In this standard, terms in *italic* are defined in Clause 3.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website 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.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

INTRODUCTION

This International Standard relates to products that include power electronic converters, with a rated system voltage not exceeding 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c. It specifies requirements to reduce risks of fire, electric shock, thermal, energy and mechanical hazards, except functional safety as defined in IEC 61508. The objectives of this document are to establish a common terminology and basis for the safety requirements of products that contain power electronic converters across several IEC technical committees.

This standard has been developed with the intention:

- to be used as a reference document for product committees inside TC 22 in the development of product standards for power electronic converter systems and equipment;
- to replace IEC 62103 as a product family standard providing minimum requirements for safety aspects of power electronic converter systems and equipment in apparatus for which no product standard exists; and

NOTE The scope of IEC 62103 contains reliability aspects, which are not covered by this standard.

- to be used as a reference document for product committees outside TC 22 in the development of product standards of power electronic converter systems and equipment intended renewable energy sources. TC 82, TC 88, TC 105 and TC 114, in particular, have been identified as relevant technical committees at the time of publication.

Technical committees using this document should carefully consider the relevance of each paragraph in this document for the product under consideration and reference, add, replace or modify requirement as relevant. Product specific topics not covered by this document are in the responsibility of the technical committees using this document as reference document.

This group safety standard will not take precedence on any product specific standard according to IEC Guide 104. IEC Guide 104 provides information about the responsibility of product committees to use group safety standards for the development of their own product standards.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

SAFETY REQUIREMENTS FOR POWER ELECTRONIC CONVERTER SYSTEMS AND EQUIPMENT –

Part 1: General

1 Scope

This part of IEC 62477 applies to Power Electronic Converter Systems (PECS) and equipment, their components for *electronic power conversion* and electronic power switching, including the means for their control, protection, monitoring and measurement, such as with the main purpose of converting electric power, with rated system voltages not exceeding 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c.

This document may also be used as a reference standard for product committees producing product standards for:

- adjustable speed electric power drive systems (PDS);
- standalone uninterruptible power systems (UPS);
- low voltage stabilized d.c. power supplies.

For PECS for which no product standard exists, this standard provides minimum requirements for safety aspects.

This part of IEC 62477 has the status of a group safety publication in accordance with IEC Guide 104 for power electronic converter systems and equipment for solar, wind, tidal, wave, fuel cell or similar energy sources.

According to IEC Guide 104, one of the responsibilities of technical committees is, wherever applicable, to make use of basic safety publications and/or group safety publications in the preparation of their product standards.

This International Standard:

- establishes a common terminology for safety aspects relating to PECS and equipment;
- establishes minimum requirements for the coordination of safety aspects of interrelated parts within a PECS;
- establishes a common basis for minimum safety requirements for the PEC portion of products that contain PEC;
- specifies requirements to reduce risks of fire, electric shock, thermal, energy and mechanical hazards, during use and operation and, where specifically stated, during service and maintenance;
- specifies minimum requirements to reduce risks with respect to pluggable and permanently connected equipment, whether it consists of a system of interconnected units or independent units, subject to installing, operating and maintaining the equipment in the manner prescribed by the manufacturer.

This International Standard does not cover:

- telecommunications apparatus other than power supplies to such apparatus;
- functional safety aspects as covered by e.g. IEC 61508;
- electrical equipment and systems for railways applications and electric vehicles.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

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 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at <http://www.electropedia.org>)

IEC 60060-1:2010, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60068-2-2, *Environmental testing – Part 2-2: Tests – Test B: Dry heat*

IEC 60068-2-6, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-52, *Environmental testing – Part 2-52: Tests – Test Kb: Salt mist, cyclic (sodium chloride solution)*

IEC 60068-2-68, *Environmental testing – Part 2-68: Tests – Test L: Dust and sand*

IEC 60068-2-78:2001, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*

IEC 60112:2003, *Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials*

IEC 60216-4-1, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-1: Ageing ovens – Single-chamber ovens*

IEC 60364-1, *Low-voltage electrical installations – Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions*

IEC 60364-4-41:2005, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

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

IEC 60364-5-54:2011, *Low voltage electrical installations – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements and protective conductors*

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

IEC/TS 60479-1, *Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects*

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP code)*

IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams* (available from <http://std.iec.ch/iec60617>)

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

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

IEC 60664-3:2003, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 3: Use of coating, potting or moulding for protection against pollution*

IEC 60664-4:2005, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 4: Consideration of high-frequency voltage stress*

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 60695-10-2, *Fire hazard testing – Part 10-2: Abnormal heat - Ball pressure test*

IEC 60695-11-10, *Fire hazard testing – Part 11-10: Test flames – 50 W horizontal and vertical flame test methods*

IEC 60721-3-3, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 3: Stationary use at weatherprotected locations*

IEC 60721-3-4, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 4: Stationary use at non-weatherprotected locations*

IEC 60730-1, *Automatic electrical controls for household and similar use – Part 1: General requirements*

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

IEC 60949, *Calculation of thermally permissible short-circuit currents, taking into account non-adiabatic heating effects*

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

IEC 60695-2-13, *Fire hazard testing – Part 2-13: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire ignition temperature (GWIT) test method for materials*

IEC 60695-11-10, *Fire hazard testing – Part 11-10: Test flames – 50 W horizontal and vertical flame test methods*

IEC 60695-11-20, *Fire hazard testing – Part 11-20: Test flames – 500 W flame test methods*

IEC 60990:1999, *Methods of measurement of touch current and protective conductor current*

IEC 61032:1997, *Protection of persons and equipment by enclosures – Probes for verification*

IEC 61180-1:1992, *High-voltage test techniques for low-voltage equipment – Part 1: Definitions, test and procedure requirements*

IEC Guide 104:2010, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications*

IEC Guide 117:2010, *Electrotechnical equipment – Temperatures of touchable hot surfaces*

ISO 3864-1, *Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Part 1: Design principles for safety signs in workplaces and public areas*

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

ISO 3746, *Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane*

ISO 7000, *Graphical symbols for use on equipment – Index and synopsis* (available from <http://www.graphical-symbols.info/equipment>)

ISO 7010, *Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Registered safety signs*

ISO 9614-1, *Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity – Part 1: Measurement at discrete points*

ISO 9772, *Cellular plastics – Determination of horizontal burning characteristics of small specimens subjected to a small flame*

ANSI/ASTM E84 – 11b, *Standard test method for surface burning characteristics of building materials*

ASTM E162 – 11a, *Standard test method for surface flammability of materials using a radiant heat energy source*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-111:1996, IEC 60050-151:2001, IEC 60050-161:1990, IEC 60050-191:1990, IEC 60050-441:1984, IEC 60050-442:1998, IEC 60050-551:1998, IEC 60050-601:1985 and IEC 60664-1:2007, and the following apply.

Table 1 provides an alphabetical cross-reference listing of terms.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Table 1 – Alphabetical list of terms

Term	Term number	Term	Term number	Term	Term number
adjacent circuit	3.1	low voltage	3.23	protective separation	3.44
basic insulation	3.2	mains supply	3.24	PEC	3.45
basic protection	3.3	muscular reaction (inability to let go)	3.25	PECS	3.46
commissioning test	3.4	non-mains supply	3.26	reinforced insulation	3.47
decisive voltage class (*DVC*)	3.5	open type	3.27	restricted access area	3.48
double insulation	3.6	output short circuit current	3.28	routine test	3.49
DVC As	3.7	PELV (systems)	3.29	sample test	3.50
DVC Ax	3.8	permanently connected (equipment)	3.30	SELV (systems)	3.51
electrical breakdown	3.9	pluggable equipment type A	3.31	short circuit backup protection	3.52
(electrical) insulation	3.10	pluggable equipment type B	3.32	simple separation	3.53
(electronic) (power) conversion	3.11	port	3.33	single fault condition	3.54
enclosure	3.12	power semiconductor device	3.34	startle reaction	3.55
enhanced protection	3.13	prospective short circuit current	3.35	supplementary insulation	3.56
expected lifetime	3.14	protective equipotential bonding	3.36	surge protective device (SPD)	3.57
Extra Low Voltage (ELV)	3.15	protective class I	3.37	system	3.58
fault protection	3.16	protective class II	3.38	system voltage	3.59
field wiring terminal	3.17	protective class III	3.39	temporary overvoltage	3.60
fire enclosure	3.18	protective earthing (PE)	3.40	touch current	3.61
functional insulation	3.19	PE conductor	3.41	type test	3.62
hazardous live part	3.20	protective impedance	3.42	ventricular fibrillation	3.63
installation	3.21	(electrically) protective screening	3.43	working voltage	3.64
live part	3.22			zone of equipotential bonding	3.65

3.1
adjacent circuit
circuit next to the circuit under consideration having a requirement for functional, simple or protective *insulation*

3.2
basic insulation
insulation applied to *hazardous live parts* to provide *basic protection* against electric shock

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-06, modified]

3.3
basic protection
protection against electric shock under fault-free conditions

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-01]

3.4
commissioning test
test on a device or equipment performed on site, to prove the correctness of installation and operation

[SOURCE: IEC 60050-411:1996, 411-53-06, modified]

3.5
decisive voltage class
DVC
classification of voltage range used to determine the protective measures against electric shock and the requirements of *insulation* between circuits

3.6
double insulation
insulation comprising both *basic insulation* and *supplementary insulation*

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-16]

3.7
DVC As
maximum safe voltage values to be touchable, coming from *DVC Ax*

3.8
DVC Ax
DVC Ax is the general *DVC* value used for *DVC A*, *DVC A1*, *DVC A2* or *DVC A3*

3.9
electrical breakdown
failure of *insulation* under electric stress when the discharge completely bridges the *insulation*, thus reducing the voltage between the electrodes almost to zero

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.20]

3.10
(electrical) insulation
electrical separation between circuits or conductive parts provided by clearance or creepage distance or solid *insulation* or combinations of them

3.11
(electronic) (power) conversion
change of one or more of the characteristics of an electric power *system* essentially without appreciable loss of power by means of *power semiconductor devices*

Note 1 to entry: Characteristics are, for example, voltage, number of phases and frequency, including zero frequency.

[SOURCE: IEC 60050-551:1998, 551-11-02, modified]

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

3.12
enclosure
housing affording the type and degree of protection suitable for the intended application

Note 1 to entry: This standard provides requirement for the *enclosure* according to IEC 60529 as well as additional requirement for mechanical and environmental impact. The purpose of the additional requirement is to ensure the *enclosures* ability to provide *basic protection* under the environmental conditions specified by the manufacturer.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-35]

3.13
enhanced protection
protective provision having a reliability of protection not less than that provided by two independent protective provisions

3.14
expected lifetime
design duration for which the performance characteristics are valid at rated conditions of operation

3.15
extra-low voltage
ELV
voltage not exceeding the relevant voltage limit of band I specified in IEC 60449

Note 1 to entry: In IEC 60449, band I is defined as not exceeding 50 V a.c. r.m.s. and 120 V d.c. Other product committees may have defined *ELV* with different voltage levels.

Note 2 to entry: In this standard, protection against electric shock is dependent on the *decisive voltage classification.*

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-30, modified]

3.16
fault protection
protection against electric shock under single-fault conditions

Note 1 to entry: For low-voltage *installations*, *systems* and equipment, *fault protection* generally corresponds to protection against indirect contact as used in IEC 60364-4-41, mainly with regard to failure of *basic insulation*.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, Amendment 1:1998, 195-06-02]

3.17
field wiring terminal
terminal provided for connection of external conductors to the *PECS*

3.18
fire enclosure
part of the equipment intended to minimize the spread of fire or flames from within

3.19
functional insulation
insulation between conductive parts within a circuit that is necessary for the proper functioning of the circuit, but which does not provide protection against electric shock

Note 1 to entry: *Functional insulation* may, however, reduce the likelihood of ignition and fire.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

3.20
hazardous-live-part
live part which, under certain conditions, can give a harmful electric shock

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-05]

3.21
installation
equipment or equipments including at least the PECS

Note 1 to entry: The word installation is also used in this standard to denote the process of installing a *PECS*. In these cases, the word does not appear in italics.

3.22
live part
conductor or conductive part intended to be energized in normal operation, including a neutral conductor, but by convention not a *protective earth conductor* or *protective earth* neutral

Note 1 to entry: This concept does not necessarily imply a risk of electric shock.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-19, modified]

3.23
low voltage
LV
set of voltage levels used for the distribution of electricity and whose upper limit is generally accepted to be 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c.

[SOURCE: IEC 60050-601:1985, 601-01-26, modified]

3.24
mains supply
low voltage a.c. power distribution *system* for supplying power to a.c. equipment

3.25
muscular reaction (inability to let go)
physiological reaction due to a minimum derived value of touch voltage for a population for which a current flowing through the body is just enough to cause involuntary contraction of a muscle, such as inability to let go from an electrode, but not including *startle reaction*

[SOURCE: IEC/TR 60479-5:2007, 3.3.2, modified]

3.26
non-mains supply
electrical circuit that is not energized directly from the *mains supply*, but is, for example, isolated by a transformer or supplied by a battery, generator, or similar sources not directly connected to the a.c. power distribution *system*

3.27
open type
product intended for incorporation within *enclosure* or assembly that will provide protection against hazards

3.28
output short circuit current
available current r.m.s or d.c. that flows at the output of the *PECS* when a short circuit is applied by a conductor of negligible impedance

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

3.29
PELV (system)
electric system in which the voltage cannot exceed the value of *extra low voltage*:

– under normal conditions; and

– under *single fault conditions*, except earth faults in other electric circuits

Note 1 to entry: PELV is the abbreviation for protective *extra low voltage*.

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-32]

3.30
permanently connected (equipment)
equipment that is intended for connection to the building *installation* wiring using screw terminals or other reliable means

3.31
pluggable equipment type A
equipment that is intended for connection to the *mains supply* via a non-industrial plug and socket-outlet or a non-industrial appliance coupler, or both

3.32
pluggable equipment type B
equipment that is intended for connection to the *mains supply* via an industrial plug and socket-outlet or an appliance coupler, or both, complying with IEC 60309 or with a comparable national standard

3.33
port
access to a device or network where electromagnetic energy or signals may be supplied or received or where the device or network variables may be observed or measured

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-60]

3.34
power semiconductor device
semiconductor device used for *electronic power conversion*

3.35
prospective short circuit current
available current that flows when a short circuit is applied by a conductor of negligible impedance

3.36
protective-equipotential-bonding
equipotential bonding for purposes of safety (e.g. protection against electric shock)

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-01-15, modified]

3.37
protective class I
equipment in which protection against electric shock does not rely on *basic insulation* only, but which includes an additional safety precaution in such a way that means are provided for the connection of accessible conductive parts to the *protective (earthing) conductor* in the fixed wiring of the *installation*, so that accessible conductive parts cannot become live in the event of a failure of the *basic insulation*

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

3.38
protective class II
equipment in which protection against electric shock does not rely on *basic insulation* only, but in which additional safety precautions such as *supplementary insulation* or *reinforced insulation* are provided, there being no provision for *protective earthing* or reliance upon *installation* conditions

3.39
protective class III
equipment in which protection against electric shock relies on supply at *DVC Ax* (or *B* under certain conditions) and in which voltages higher than those of *DVC Ax* (*B*) are not generated and there is no provision for *protective earthing*

Note 1 to entry: Other standards define *protective class III* as supplied by *ELV*.

3.40
protective earthing
PE
earthing of a point in a *system*, or equipment, for protection against electric shock in case of a fault

3.41
PE conductor
conductor in the building *installation* wiring, or in the power supply cord, connecting a main *protective earthing* terminal in the equipment to an earth point in the building *installation* for safety purposes

3.42
protective impedance
impedance connected between *hazardous live parts* and accessible conductive parts, of such value that the current, in normal use and under likely fault conditions, is limited to a safe value, and which is so constructed that its ability is maintained throughout the life of the equipment

[SOURCE: IEC 60050-442:1998, 442-04-24, modified]

3.43
(electrically) protective screening
separation of circuits from hazardous live-parts by means of an interposed conductive screen, connected to the means of connection for a *PE conductor,* either directly or via *protective equipotential bonding*

3.44
(electrically) protective separation
separation of one electric circuit from another by means of:

- *double insulation* or
- *basic insulation* and electrically *protective screening* or
- *reinforced insulation*

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, Amendment 1:1998, 195-06-19]

3.45
power electronic converter
PEC
device or part thereof for the purpose of *electronic power conversion*, including signalling, measurement, control circuitries and other parts, if essential for the *power* conversion function

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

3.46
power electronic converter *system*
PECS
one or more *power electronic converters* intended to work together with other equipment

3.47
reinforced insulation
insulation of *hazardous-live-parts* which provides a degree of protection against electric shock equivalent to *double insulation*

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.17.5]

3.48
restricted access area
area accessible only to electrically skilled persons and electrically instructed persons with the proper authorization

Note 1 to entry: An electrically skilled person is a person with relevant education and experience to enable him or her to perceive risks and to avoid hazards which electricity can create

Note 2 to entry: An electrically instructed person is a person adequately advised or supervised by electrically skilled persons to enable him or her to perceive risks and to avoid hazards which electricity can create

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-04-04, modified]

3.49
routine test
test to which each individual device is subjected during or after manufacture to ascertain whether it complies with certain criteria

[SOURCE: IEC 60050-411:1996, 411-53-02, modified]

3.50
sample test
test on a number of devices taken at random from a batch

3.51
SELV (system)
electric system in which the voltage cannot exceed the value of *extra-low voltage*:

– under normal conditions; and
– under *single fault conditions*, including earth faults in other electric circuits

NOTE SELV is the abbreviation for safety *extra low voltage*.

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-31, modified]

3.52
short circuit backup protection
protection that is intended to operate when other protective measures within a *system* or equipment fail to clear a fault

3.53
simple separation
separation between electric circuits or between an electric circuit and local earth by means of *basic insulation*

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-28]

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

3.54
single fault condition
condition in which one failure is present which could cause a hazard covered by this standard

Note 1 to entry: If a *single fault condition* results in other subsequent failures, the set of failures is considered as one *single fault condition*.

Note 2 to entry: Examples of hazards include, but are not limited to electric shock, fire, energy, mechanical, sonic pressure etc.

3.55
startle reaction
physiological reaction due to a minimum derived value of touch voltage for a population for which a current flowing through the body is just enough to cause involuntary muscular contraction to the person through which it is flowing

[SOURCE: IEC/TR 60479-5:2007, 3.3.1, modified]

3.56
supplementary insulation
independent *insulation* applied in addition to *basic insulation* for *fault protection*

Note 1 to entry: *Basic* and *supplementary insulation* are separate, each designed for *simple separation* against electric shock.

[SOURCE: IEC 60664-1: 2007, 3.17.3, modified]

3.57
surge protective device
SPD
device that contains at least one non-linear component that is intended to limit surge voltages and divert surge currents

Note 1 to entry: An SPD is a complete assembly, having appropriate connecting means.

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.1]

3.58
system
set of interrelated and/or interconnected independent elements

Note 1 to entry: A *system* is generally defined with the view of achieving a given objective, for example by performing a definite function.

3.59
system voltage
voltage used to determine *insulation* requirements

Note 1 to entry: See 4.4.7.1.6 for further consideration of *system voltage*.

3.60
temporary overvoltage
overvoltage at power frequency of relatively long duration

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.7.1]

3.61
touch current
electric current passing through a human body or through an animal body when it touches one or more accessible parts of an electrical *installation* or electrical equipment

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-11-12]

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

3.62
type test
test of one or more devices made to a certain design to show that the design meets certain specifications

[SOURCE: IEC 60050-811:1991, 811-10-04]

3.63
ventricular fibrillation
cardiac fibrillation, limited to the ventricles, leading to ineffective circulation and then to heart failure

Note 1 to entry: Ventricular fibrillation stops blood circulation.

[SOURCE: IEC 60050-891:1998, 891-01-16]

3.64
working voltage
voltage, at rated supply conditions (without tolerances) and worst case operating conditions, that occurs by design in a circuit or across *insulation*

Note 1 to entry: The *working voltage* can be d.c. or a.c. Both the r.m.s. and recurring peak values are used.

3.65
zone of equipotential bonding
zone where all simultaneously accessible conductive parts are electrically connected to prevent hazardous voltages appearing between them

Note 1 to entry: For equipotential bonding, it is not necessary for the parts to be earthed.

4 Protection against hazards

4.1 General

Clause 4 defines the minimum requirements for the design and construction of a *PECS*, to ensure its safety during installation, normal operating conditions and maintenance for the *expected lifetime* of the *PECS*. Consideration is also given to minimising hazards resulting from reasonably foreseeable misuse.

Manufacturers and product committees using this standard as a reference document shall clearly specify what is contained in the *PECS*, covered by and evaluated according to this standard. This shall as a minimum cover the *PEC* including the load interface and supply interface.

Protection against hazards shall be maintained under normal and *single fault conditions,* as specified in this standard.

Components compliant with a relevant IEC product standard which provides similar safety requirements as the requirement of this standard do not require separate evaluation. Components or assemblies of components, for which no relevant product standard exists, shall be tested according to the requirements of this standard.

Product committees using this standard as reference should make use of 7.3 from IEC Guide 104:2010.

Where the *PECS* is intended to be used together with specific auxiliary equipment, the safety evaluation and test shall include this auxiliary equipment unless it can be shown that it does not affect the safety of either equipment.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

4.2 Fault and abnormal conditions

The *PECS* shall be designed to avoid operating modes or sequences that can cause a fault condition or component failure leading to a hazard, unless other measures to prevent the hazard are provided by the *installation* and are described in the installation information provided with the *PECS*. The requirements in this clause also apply to abnormal operating conditions as applicable.

Circuit analysis or testing shall be performed to determine whether or not failure of a particular component (including *insulation system*s) would result in hazard.

This analysis shall include situations where a failure of the component or the *insulation* (*functional, basic and supplementary)* would result in:

- an impact on the decisive voltage determination according to 4.4.2;
- a risk of electric shock due to:
  - degradation of the *basic protection* according to 4.4.3, or
  - degradation of the *fault protection* according to 4.4.4;
- a risk of energy hazard according to 4.5;
- a risk of degradation due to emission of flame, burning particles or molten metal of the fire according to 4.6;
- a risk of thermal hazard due to high temperature according to 4.6;
- a risk of mechanical hazard according to 4.7.

NOTE This standard does not provide any requirement to protect against chemical hazard. Product committees or manufacturers might consider this when it applies to their products.

The analysis or testing shall include the effect of short circuit and open-circuit conditions of the component. Testing is necessary unless analysis can conclusively show that no hazard will result from failure of the component. Compliance shall be checked by test of 5.2.4.6.

The evaluation of components shall be based on the expected stress occurring in the *expected lifetime* of the *PECS* including, but not limited to:

- specified climatic and mechanical conditions according to 4.9 (temperature, humidity, vibration, etc.);
- electrical characteristics according to 4.4.7 (expected impulse voltage, *working voltage*, *temporary overvoltage*, etc.);
- micro environment according to 4.4.7 (pollution degree, humidity, etc.).

Components evaluated for their reliability according to relevant product standards are considered to meet these requirements and do not need any further investigation, if tested under conditions that fulfill the conditions for which the *PECS* is designed.

Clearance and creepage distances on printed wiring boards (PWBs) including components mounted on PWBs, for *functional, basic, supplementary* and *reinforced insulation,* designed according to 4.4.7.4 and 4.4.7.5, are considered to meet these requirements and do not need any further investigation.

Functional insulation on PWB and between legs of components assembled on PWBs not fulfilling the requirements for clearance and creepage distance in 4.4.7.4 and 4.4.7.5 shall meet the requirement of 4.4.7.7.

Consideration shall be given to potential safety hazards associated with major component parts of the *PECS*, such as flammability of transformer and capacitor fluids.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

4.3 Short circuit and overload protection

4.3.1 General

The *PECS* shall not present a hazard, under short circuit or overload conditions at any *port*, including phase to phase, phase to earth and phase to neutral. Adequate information shall be provided in the documentation to allow proper selection of external wiring and protective devices (see 6.3.7.6 and 6.3.7.7).

Protective *systems* or devices shall be provided or specified in sufficient quantity and location so as to detect and to interrupt or limit the current flowing in any possible fault current path between conductors or from conductors to earth.

NOTE 1 In this standard, the term overcurrent covers both short circuit and overload.

NOTE 2 Local *installation* codes will still usually require provision of such protection for the purposes of protecting the input wiring in the *installation.*

Protection against overcurrents shall be provided for all input circuits, and for output circuits that do not comply with the requirements for limited power sources in 4.6.5.

If the *PECS* complies with all normal, abnormal and fault test conditions in this standard without such protection provided, provision or specification of overcurrent protection for input circuits is not necessary for the protection of the *PECS*.

No protection is required against overcurrent to earth in equipment that either

- has no connection to earth; or
- has *double insulation* or *reinforced insulation* between *live parts* and all parts connected to earth.

NOTE 3 Under a *single fault condition* in an IT system no short circuit current or a limited short circuit current will flow. The interruption of the short circuit current in an IT system (see 4.4.7.1.4) is done when a second fault occurs. Typically only detection is done after the first fault in an IT *system*.

NOTE 4 Where *double insulation* or *reinforced insulation* is provided, a short circuit to earth would be considered to be two faults.

For *pluggable equipment type A*, the protective device is provided in the *installation* and shall not require any specific characteristics other than that required in IEC 60364 or other local *installation* codes.

For *pluggable equipment type B* or fixed installed equipment, this protection may be provided by devices external to the equipment, in which case the installation instructions shall state the need for the protection to be provided in the *installation* and shall include the specifications for the required short circuit and/or overload protection (see 6.3.7).

NOTE 5 IEC 60364 provides requirements for short circuit and overload protection of the input wiring in the *installation.*The above requirement ensures that the user is informed about any special characteristics of the protective devices for the protection of the *PECS*, in addition to the requirements in IEC 60364 or other local *installation* codes.

If a protective device interrupts the neutral conductor, it shall also simultaneously interrupt all other supply conductors of the same circuit. It is permissible for the protective device to interrupt the neutral conductor after the other supply conductors of the same circuit.

Compliance shall be checked by inspection and where necessary, by simulation of *single fault conditions* (see 4.2) and by the tests of 5.2.4.4 and 5.2.4.5.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

4.3.2 Specification of input short-circuit withstand strength and output short circuit current ability

4.3.2.1 General

The interrupting capability of the overcurrent protective device shall be equal or greater than the *prospective short circuit current* of the *mains supply*.

For *pluggable equipment type A*, either the *PECS* shall be designed so that the building *installation* provides *short circuit backup protection*, or additional *short circuit backup protection* shall be provided as part of the equipment.

For *permanently connected equipment* or *pluggable equipment type B*, it is permitted for *short circuit backup protection* to be in the building *installation*.

4.3.2.2 Input *ports* short-circuit withstand strength

The input *prospective short circuit current* ratings apply to *ports* intended to be connected to battery circuits, external *mains supply*, *non-mains* a.c. or d.c. sources, and to other *ports* for which overcurrent protection is necessary.

For co-ordination and selection of internal or external protective devices, the *PECS* manufacturer shall specify:

- a maximum allowable *prospective short circuit current* for each input *port* of the *PECS*; and
- a minimum required *prospective short circuit current* in order to ensure proper operation of the protective device

NOTE 1 This requirement is especially applicable to fuses, which are not specified to be operated below a certain fault current value.

NOTE 2 The maximum allowable and minimum required *prospective short circuit current* are used to ensure a proper coordination between the *prospective short circuit current and a suitable protective device* at the location of the electrical *installation*.

If external protective devices are specified or provided the characteristics of those shall be specified by the manufacturer.

See 6.2 for marking.

4.3.2.3 Output short circuit current ability

The *output short circuit current* ratings appliy to a.c. and d.c. power output *ports* and to other *ports* for which overcurrent protection is necessary.

For all output *ports*, short circuit evaluation to determine the minimum and maximum *output short circuit current* shall be performed according to 5.2.4.4 and the *output short circuit current* available from the *PECS* shall be specified as in 5.2.4.4 and 6.2.

Internal electronic output short circuit protection is considered acceptable as an output short circuit protection device of the *PECS*, when compliance is shown by test in 5.2.4.4.

4.3.2.4 Combined input and output *ports*

For *ports* which are both input and output *ports* the applicable requirements of both 4.3.2.1 and 4.3.2.3 apply.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

4.3.3 Short-circuit coordination (backup protection)

Protective devices provided or specified shall have adequate breaking capability to interrupt the maximum *prospective short circuit current* specified for the *port* to which they are connected.

If internal protection of the *PECS* is not rated for the *prospective short circuit current,* the installation instructions shall specify an upstream protective device, rated for this *prospective short circuit current* of that *port*, which shall be used to provide backup protection. Analysis shall ensure the protection coordination between the external and internal protective device.

NOTE IEC 60364 provides requirements for upstream protective devices of the backup protection in the *installation.* The above requirement ensures that the user is informed about any special characteristics of the upstream protective devices for the backup protection of the *PECS*, in addition to the requirements in IEC 60364 or other local *installation* codes.

Compliance shall be checked by inspection and by the tests of 5.2.4.4 and 5.2.4.5 .

4.3.4 Protection by several devices

Where protective devices that require manual replacement or resetting are used in more than one pole of a supply to a given load, those devices shall be located together. It is permitted to combine two or more protective devices in one component.

Compliance shall be checked by inspection.

4.4 Protection against electric shock

4.4.1 General

Protection against electric shock depends on the *decisive voltage class* from 4.4.2 and *insulation* requirements from 4.4.2.3, and is to be provided by at least one of the following measures:

- *basic protection* from 4.4.3 and *fault protection* from 4.4.4;
- *enhanced protection* from 4.4.5

Protection under normal conditions is provided by *basic protection*, and protection under *single fault conditions* is provided by *fault protection*.

Enhanced protection provides protection under both conditions.

Additional protection can be provided by residual current-operated protective devices (RCD). For further information, see 4.4.8.

NOTE In this standard, 4.4.1 to 4.4.6 have been harmonized with the concepts of the horizontal standard IEC 61140 for protection against electrical shock. *Basic protection*, *fault protection*, *enhanced protection* and the combination of those measures has been implemented.

4.4.2 *Decisive voltage class*

4.4.2.1 General

The probability of electric shock increases with voltage level, surface area of the accessible conductive part or circuit in contact with the skin and the humidity condition of skin. To reduce the likelihood of electric shock, it is important to determine the safe *decisive voltage class* (*DVC As*).

For the selection of the relevant *decisive voltage class Ax* for accessible circuits the following apply:

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

- the reaction of the body (see A.5);
- the area of the accessible part of the equipment in relation to the area of the part of the body that may contact the accessible part, from Table 3;
- the humidity condition of the body skin from Table 4.

The values in Table 5 are based on a current path from the contact area of the body to feet with the person in standing position.

No protection is required if:

- under normal operation, the limits derived from Table 5, and
- under *single fault condition* the limits of touch voltage limits from Figures 1 to Figure 3,

are not exceeded.

DVC Ax, as chosen in Table 5 becomes the highest voltage value permitted to be touched for the *PECS* under consideration and is so-called *DVC As* for use in this standard. Other *DVC Ax* values higher than *DVC As* shall then be treated as *DVC B*.

In this standard, values of *DVC B* and *DVC C* are not allowed to be touchable, except under dry condition with finger tip for *DVC B* as shown in Table 2.

NOTE Within the *PECS*, this standard allows more than one *DVC As* circuit with different levels of *DVC As*.

4.4.2.2 Determination of *decisive voltage class*

4.4.2.2.1 General

For protection against the *ventricular fibrillation* body reaction, *DVC* can be selected from Table 2. For less severe reactions of the body, more information is given in A.5.

If it is impossible to protect against the body reaction relevant to the *DVC As,* a *basic protection* against accessibility to *hazardous live parts* according to 4.4.3 is required.

The *DVC* voltage limits for the steady-state values under normal operation from Table 2 are given in Table 5. The short term non-recurring touch voltage limits are given in Figure 1 to Figure 3.

Table 2 – Selection of *DVC* for touch voltage to protect against *ventricular fibrillation*

Body skin humidity conditions	**Body contact area**		
	Part of the body	**Hand**	**Finger tip**
Dry	*DVC A2*	*DVC A*	*DVC B*
Water wet	*DVC A1*	*DVC A2*	*DVC A*
Saltwater wet	*Basic protection* against accessibility is required	*DVC A1*	*DVC A2*

4.4.2.2.2 Selection tables for contact area and skin humidity condition

In order to protect against *ventricular fibrillation*, the appropriate conditions from Table 3 and Table 4 shall be selected.

If this standard is used for a product for which no product standard exists, select “Hand” for the contact area and “Dry” for the skin humidity condition. When a product for which no product

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

standard exists is identified for use where the skin and humidity condition and/or the body contact area are other than “Hand” or “Dry”, then those conditions shall be selected from Table 3 and Table 4.

Table 3 – Selection of body contact area

Contact area of accessible parts		
Finger tip cm^2	**Hand** cm^2	**Part of the body** cm^2
accessible parts < 1	1 < accessible parts < 80	80 < accessible parts < 500
NOTE In order to match several basic standards, dealing with Small, Medium and Large contact areas, this standard is using Finger tip instead of Small, Hand instead of Medium and Part of the body instead of Large.		

Table 4 – Selection of humidity condition of the skin

Humidity condition of the skin		
Dry	**Water wet**	**Saltwater wet**
normal indoor condition	immersed for more than 1 min in normal water (average value ρ = 35 Ωcm, pH = 7,7 to 9)	immersed for more than 1 min in a solution of 3 % NaCl in water (average value ρ = 0,25 Ωcm, pH = 7,5 to 8,5)
NOTE 1 For selection of skin humidity condition Table 18 provides the relevant skin condition related to the service environment condition. NOTE 2 Information and values are taken from IEC 60479-1		

4.4.2.2.3 Limits of the *working voltage* for the *DVC*

Limits for the *working voltage* regarding the *DVC* for normal operation are given in Table 5.

Table 5 – Steady state voltage limits for the *decisive voltage classes*

DVC	**Limits of *working voltage*** V		
	AC voltage (r.m.s.) U_{ACL}	**AC voltage (peak)** U_{ACPL}	**DC voltage (mean)** U_{DCL}
A1	8	11,3	22
A2	12	17	28
A3	20	28,3	48
A	30 [a]	42,4	60
B	50	71	120
C	>50	>71	>120
NOTE In some standards *SELV* and *PELV* have similar limits to *DVC B*.			
[a] In this standard the *DVC A* limits are considered for one circuit only. When more than one *DVC A* circuit of the *PECS* is accessible and evaluation from 4.2 shows that the voltage of the two circuit can add together under *single fault condition*, the limit is 25V for a.c. voltage r.m.s.			

A.6 shows three examples of different waveforms of *working voltage* and provides methods to evaluate the voltage under consideration to match with the *DVC* levels.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

The short term non-recurring touch voltages limits during a single fault are given in Figure 1, Figure 2 and Figure 3.

Within 10 000 ms, the voltage has to decrease to the steady state value given in Table 5.

Table 5, or the fault is to be interrupted by a protective device. Under fault conditions where a protective device is used the characteristics of such device shall ensure that the time-voltage limits given in Figure 1 to Figure 3 are not exceeded. If an external protective device is used, information on characteristics of such device shall be specified by the *PECS* manufacturer in the installation manual according to 6.3.7.7.

NOTE 1 Figure 1 to Figure 3 only provide d.c. values for touch voltage because most frequent touchable voltage are d.c. values. If the manufacturer needs values for a.c. voltage, see A.5.5.

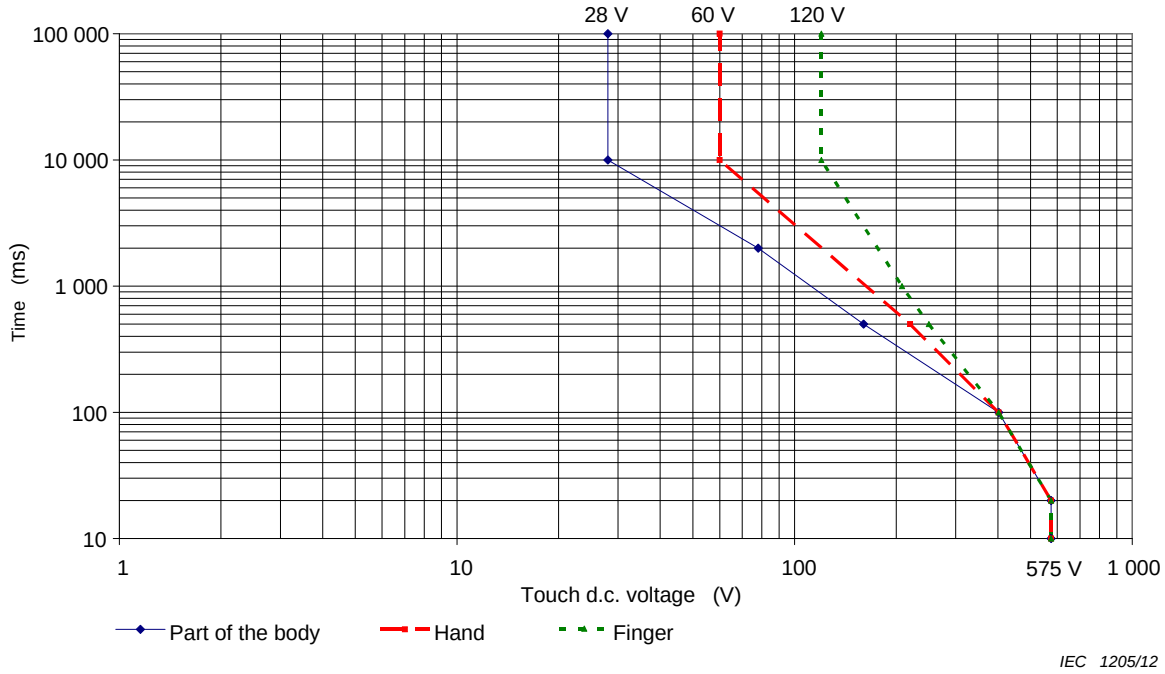


Figure 1 – Touch time - d.c. peak voltage zones of *ventricular fibrillation* in dry skin condition

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

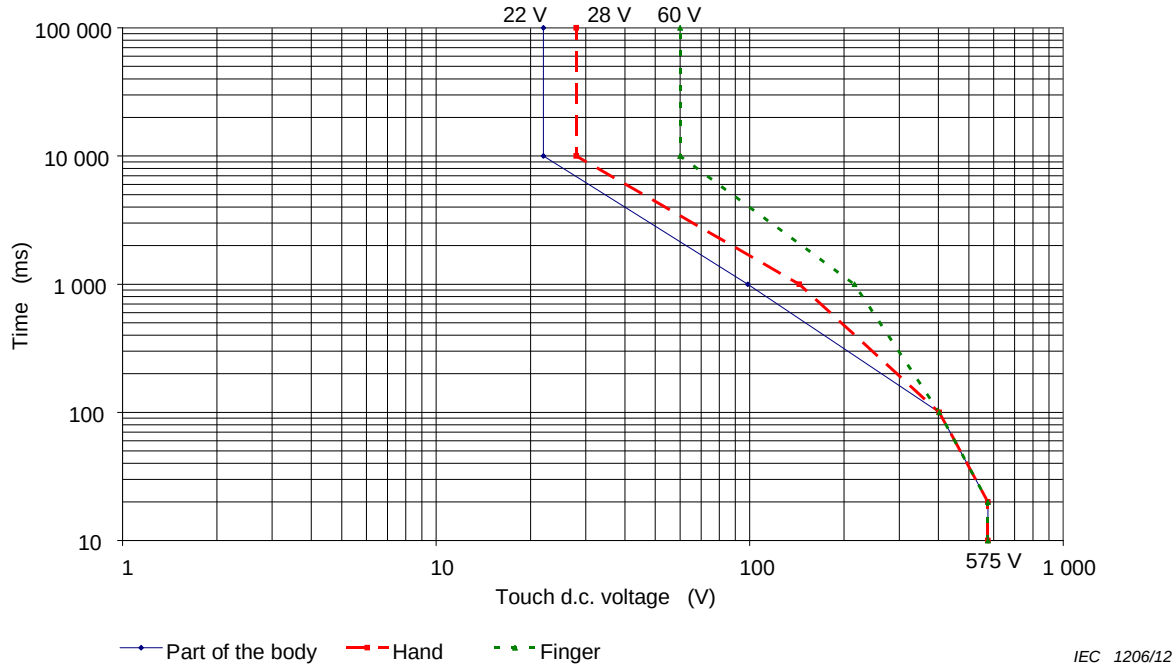


Figure 2 – Touch time - d.c. peak voltage zones of *ventricular fibrillation* in water-wet skin condition

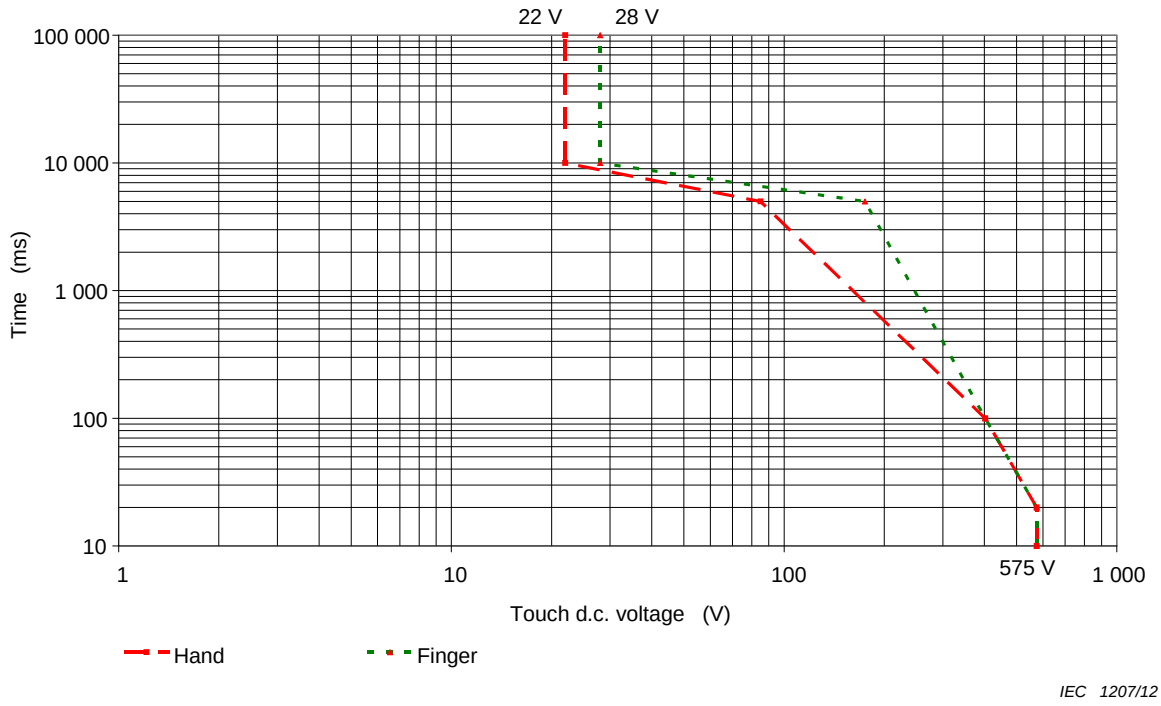


Figure 3 – Touch time - d.c. peak voltage zones of *ventricular fibrillation* in saltwater-wet skin condition

For part of the body, no information for time-voltage zone is given. *Basic protection* against accessibility is required.

For testing, see 5.2.4.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

If the test results in a failure, additional measure is required for protection against electric shock according to 4.4.3.

4.4.2.3 Requirements for protection against electric shock

Table 6 shows possible solutions for compliance with 4.4 for the application of *simple* or *protective separation*, dependent on the *DVC* of the circuit under consideration and of *adjacent circuits*.

The requirements of this standard for protection against electric shock may be fulfilled by other means than shown in Table 6, in which case failure analysis and testing shall show that the requirements of 4.1 and 4.4 are met.

Table 6 – Protection requirements for circuit under consideration

***DVC* of circuit under consideration**	**Protection against accessibility**	**Protection to accessible conductive parts connected to PE**	**Protection to accessible conductive parts that are not connected to PE[g]**	**Protection to *adjacent circuit* of DVC:**		
				***As*[a]**	***B* or *Ax* > *As***	***C***
***As*[a]**	No	1[b]	1	1[c] or 2[d]	2	*enhanced protection*
B* or *Ax* > *As	*basic protection*[e]	*basic protection*[e]	*basic protection*		1[c] or 2[d]	*enhanced protection*
C	*enhanced protection*	*basic protection*	*enhanced protection*			1 or 2[f]
NOTE 1 1 Protection is not necessary for safety, but may be required for functional reasons according to 4.4.7.3. 2 *Basic protection* for circuit of higher voltage. 1 or 2 Depending on separation with other circuits. NOTE 2 *Ax* > *As* Voltage less than *DVC B* but higher than *DVC As,* that does not meet 4.4.2.2.						
[a] A, A1, A2 or A3, which ever is appropriate according to 4.4.2.2. [b] If the considered circuit is designated as a *SELV* circuit, *basic protection* is required from earth and from *PELV* circuits. [c] Both circuits under consideration have the same *DVC As* level. [d] Both circuits under consideration have different *DVC As* level. [e] Except for Finger tip. See Table 2. [f] *Basic protection* is required between galvanically isolated circuits (e.g. *mains supply*, UPS output, PV or generator output, auxiliaries). [g] Also applies to conductive parts connected to functional earth.						

To ensure the integrity of the *insulation* of the *PECS*, the manufacturer of a *PECS* shall state the maximum voltage allowed to be connected to each *port*. See 6.3.7.1 for marking.

4.4.3 Provision for *basic protection*

4.4.3.1 General

Basic protection is employed to prevent persons from touching *hazardous live parts*. It shall be provided by one or more of the measures given in:

- Protection by means of *basic insulation* of live parts in 4.4.3.2;
- Protection by means of *enclosures* or barriers in 4.4.3.3;
- Protection by means of limitation of touch current and charge in 4.4.3.4;
- Protection by means of limited voltages in 4.4.3.5.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

NOTE Further measures to fulfill the requirement for *basic protection* are given in IEC 61140. Product committees using this document as reference document might consider those measures.

4.4.3.2 Protection by means of *basic insulation* of *live parts*

Live parts shall be completely surrounded with *insulation* if their *working voltage* is greater than *DVC As* or if they do not have *protective separation* from *adjacent circuits* of *DVC C*.

Basic insulation may be provided by solid *insulation* or air clearance.

The *insulation* shall be rated according to the impulse voltage, *temporary overvoltage* or *working voltage* (see 4.4.7.2.1), whichever gives the most severe requirement. It shall not be possible to remove the *insulation* without the use of a tool or key.

An accessible conductive part is considered to be conductive if its surface is bare or is covered by an insulating layer that does not comply with the requirements of at least *basic insulation*.

Any accessible conductive part is considered to be a *hazardous live part* if not separated from the *live parts* by at least as specified in Table 6.

The *basic insulation* shall be designed and tested to withstand the impulse voltages and *temporary overvoltages* for the circuits to which they are connected. See 5.2.3.2 and 5.2.3.4 for tests.

A.7 provides examples of the use of elements of protective measures.

4.4.3.3 Protection by means of *enclosures* or barriers

Live parts with voltage higher than *DVC As* shall be:

- arranged in *enclosures* or located behind *enclosures* or barriers, which meet at least the requirements of the Protective Type IPXXB according to Clause 7 of IEC 60529:1989;
- located at the top surfaces of *enclosures* or barriers which are accessible when the equipment is energized shall meet at least the requirements of the protective type IP3X with regard to vertical access only.

For moveable equipment with no defined top and bottom this requirement of protective Type IP3X applies to all sides.

If the *PECS* is installed in a *restricted access area*, IPXXB instead of IP3X applies.

Product committees using this document as reference document might consider less requirement for equipment having openings in the top of an *enclosure* with a height exceeding 1,8 m.

Compliance is shown by test of 5.2.2.2.

It shall only be possible to open *enclosures* or remove barriers:

- with the use of a tool or key; or
- after de-energization of these *live parts*.

Where the *enclosure* is required to be opened and the *PECS* energized during installation or maintenance:

a) accessible *live parts* of voltage higher than *DVC As* shall be protected by at least IPXXA;

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

b) *live parts* of voltage higher than *DVC As* that are likely to be touched when making adjustments shall be protected by at least IPXXB;

c) it shall be ensured that persons are aware that *live parts* with voltage higher than *DVC As* are accessible.

Open type sub-assemblies and equipment do not require protective measures for *basic protection*. The information provided with the *PECS* shall indicate that protection shall be provided in the end application.

For marking requirements, see 6.3.7.1.

Products containing circuits of *DVC A, B* or *C*, intended for installation in *restricted access areas* as defined in 3.48, need not have protective measures for *basic protection*.

4.4.3.4 Protection by means of limitation of *touch current* and charge

The limitation of *touch current* and discharge energy shall not exceed:

- a value of 3,5 mA a.c. or 10 mA d.c. for the limitation of *touch current*; and
- a value of 50 μC for the limitation of discharge energy.

See A.3 and A.4 for examples of these measures.

NOTE 1 The value of the *touch current* is independent of the *DVC Ax*.

NOTE 2 Product committees using this document as reference document may consider the *touch current* level of 0,5 mA a.c. / 2 mA d.c. as threshold of perception as recommended by IEC 61140.

4.4.3.5 Protection by means of limited voltages

The voltage between simultaneously accessible parts shall not be greater than *DVC As* as determined in 4.4.2.2.

See A.2, A.3 and A.4 for examples of these measures.

4.4.4 Provision for *fault protection*

4.4.4.1 General

Fault protection is required to prevent shock currents which can result from contact with accessible conductive parts during and after an *insulation* failure.

Fault protection shall be provided by one or more of the following measures:

- *Protective equipotential bonding* in 4.4.4.2 in combinations with the *PE conductor* in 4.4.4.3;
- Automatic disconnection of supply in 4.4.4.4;
- *Supplementary insulation* in 4.4.4.5;
- Simple separation between circuits in 4.4.4.6;
- Electrically *protective screening* in 4.4.4.7.

Fault protection shall be independent and additional to those for *basic protection*.

NOTE Further measures to fulfill the requirement for *fault protection* are given in IEC 61140. Product committees using this document as reference document might consider those measures.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

4.4.4.2 *Protective equipotential bonding*

4.4.4.2.1 General

Protective equipotential bonding shall be provided between accessible conductive parts of the equipment and the means of connection for the *PE conductor*, except:

a) accessible conductive parts that are protected by one of the measures in 4.4.6.4; or

b) when accessible conductive parts are separated from *live parts* using *double* or *reinforced insulation*.

Electrical contact to the means of connection of the *PE conductor* shall be achieved by one or more of the following means:

- through direct metallic contact;
- through other accessible conductive parts or other metallic components which are not removed when the *PECS* is used as intended;
- through a dedicated *protective equipotential bonding* conductor.

When painted surfaces (in particular powder painted surfaces) are joined together, masking of paint, paint piercing methods or a separate connection shall be made to ensure reliable contact.

Where electrical equipment is mounted on lids, doors, or cover plates, continuity of the *protective equipotential bonding* circuit shall be ensured by a dedicated conductor or equivalent means complying with the requirements for *protective equipotential bonding*. If fasteners, hinges or sliding contacts do not provide and guarantee low enough impedance, sufficient parallel bonding is required.

Electrical connections of *protective equipotential bonding* circuit shall be designed so that contact pressure is not transmitted through insulating material, unless there is sufficient resilience in the metallic parts to compensate for any possible shrinkage or distortion of the insulating material.

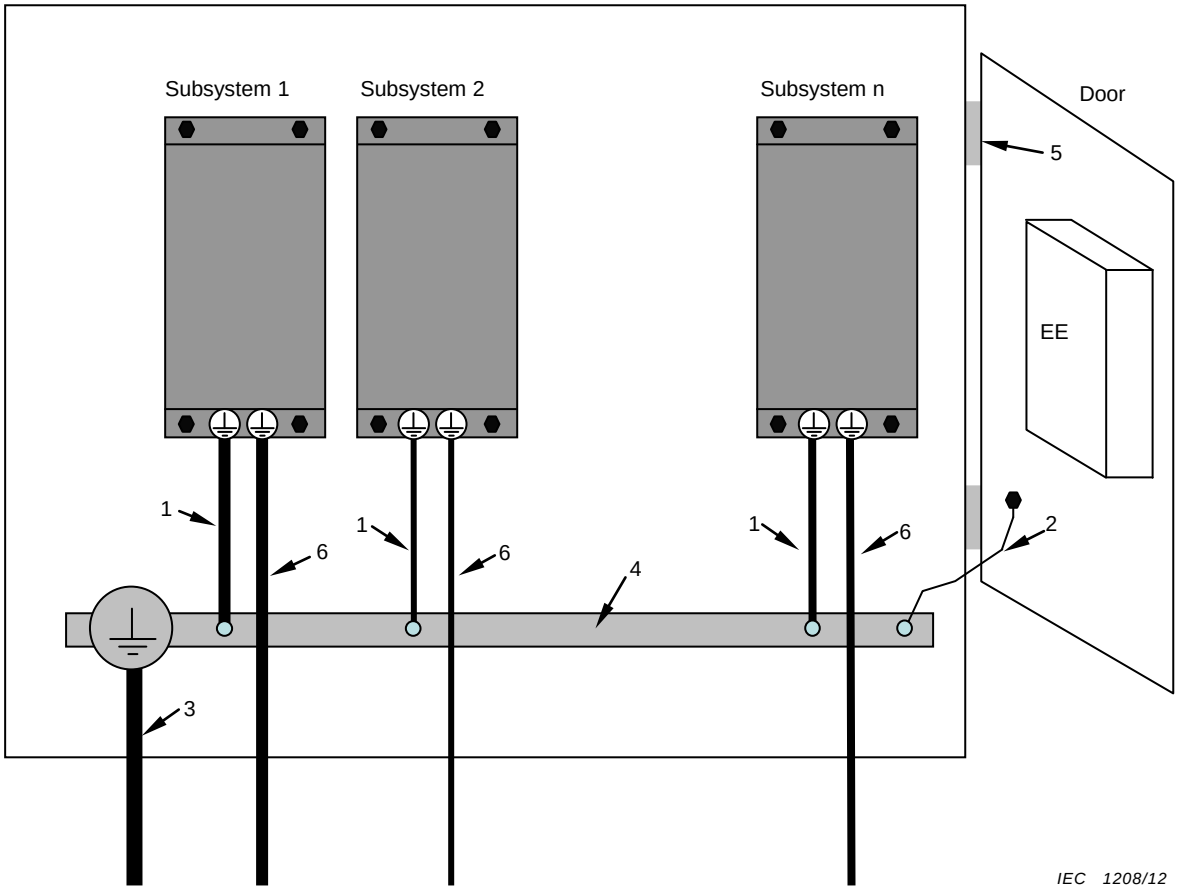
Unless specified by the manufacturer and in compliance with 4.4.4.2.2 metal ducts of flexible or rigid construction and metallic cable sheaths shall not be used as *protective equipotential bonding* means. Nevertheless, such metal ducts and the metal sheathing of all connecting cables (for example cable armouring, lead sheath) shall be connected to the *protective equipotential bonding* circuit.

The *protective equipotential bonding* circuit shall not incorporate a component such as switch or overcurrent protective devices which may open the circuit.

The electrical connection points of the *protective equipotential bonding* shall be corrosion-resistant.

Figure 4 shows an example of a *PECS* assembly and its associated *protective equipotential bonding*.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe



Key

1 *protective equipotential bonding* of sub*system*s or *PECS PE conductor* (dimensioned according to *PECS* requirements)

2 *protective equipotential bonding*

3 *PE conductor* (dimensioned according to *PECS* requirements) to *installation* earthing point

4 *earth* bar

5 hinge

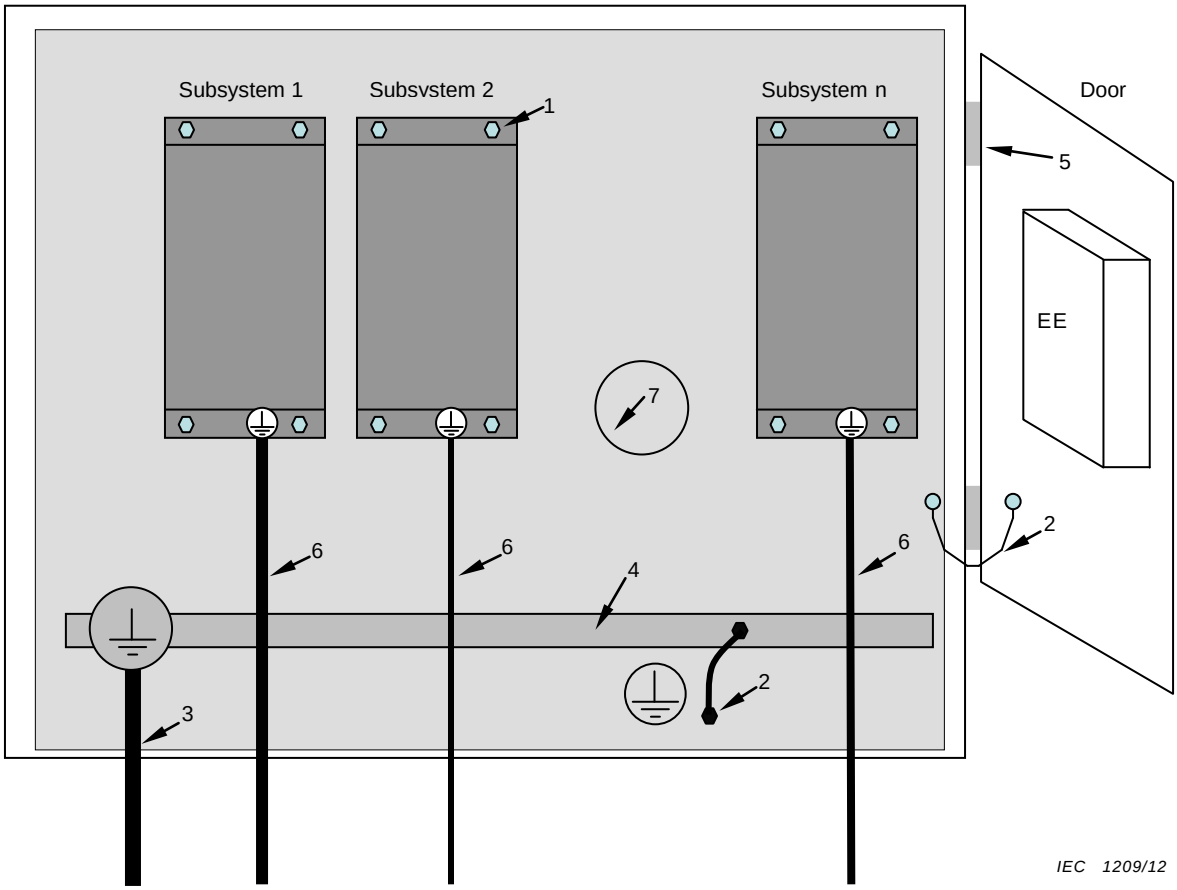
6 PE conductor to the load

EE other electrical equipment (bonded as relevant for that equipment)

Figure 4 – Example of a *PECS* assembly and its associated *protective equipotential bonding*

Figure 5 shows an example of a *PECS* assembly and its associated *protective equipotential bonding* through direct metallic contact.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe



Key

1 *protective equipotential bonding* of subs*ystem*s through direct metallic contact (paint removed)

2 *protective equipotential bonding*

3 *PE conductor* (dimensioned according to *PECS* requirements) to *installation* earthing point

4 *earth* bar

5 hinge

6 *PE conductor* to the load

7 metal subplate

EE other electrical equipment (bonded as relevant for that equipment)

Figure 5 – Example of a *PECS* assembly and its associated *protective equipotential bonding*

4.4.4.2.2 Rating of *protective equipotential bonding*

Protective equipotential bonding shall either be:

a) sized in accordance with the requirements for the *PE conductor* in 4.4.4.3 and the means of connection for the *PE conductor* in 4.4.4.3.2 to ensure no voltage drop exceeding the values from 4.4.2.2.3 during a fault; or

b) sized

- to withstand the highest stresses that can occur to the *PECS* item(s) concerned when they are subjected to a fault connecting to accessible conductive parts; and
- to remain effective for as long as a fault to the accessible conductive parts persists or until an upstream protective device removes power from the part; and

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

- to ensure no voltage drop exceeding the values from 4.4.2.2.3 during normal operation and during a fault.

Compliance shall be checked with the *type tests* in 5.2.3.11.

4.4.4.3 *PE conductor*

4.4.4.3.1 General

A *PE conductor* shall be connected at all times when power is supplied to the *PECS*, unless the *PECS* complies with the requirements of *protective class II* (see 4.4.6.3) or *protective class III*. Unless local wiring regulations state otherwise, the *PE conductor* cross-sectional area shall be determined from Table 7 or by calculation according to 543.1 of IEC 60364-5-54:2011.

If the *PE conductor* is routed through a plug and socket, or similar means of disconnection, it shall not be possible to disconnect it unless power is simultaneously removed from the part to be protected.

Table 7 – *PE conductor* cross-section[a]

Cross-sectional area of phase conductors of the *PECS* S mm^2	**Minimum cross-sectional area of the corresponding *PE conductor* S_p** mm^2
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$35 < S$	$S/2$

[a] These values are valid only if the *PE conductor* is made of the same material as the phase conductors.In case of different materials the cross-sectional area of the *PE conductor* shall be determined in a manner which produces a conductance equivalent to that which results from the application of this table.

The cross-sectional area of every *PE conductor* that does not form part of the supply cable or cable *enclosure* shall, in any case, be not less than:

- 2,5 mm^2 if mechanical protection is provided; or
- 4 mm^2 if mechanical protection is not provided.

Provisions within cord-connected equipment shall be made so that the *PE conductor* in the cord shall, in the case of failure of the strain-relief mechanism, be the last conductor to be interrupted.

For special *system* topologies, the *PECS* designer shall verify the *PE conductor* cross-section required.

4.4.4.3.2 Means of connection for the *PE conductor*

PECS shall have a means of connection for the *PE conductor*, located near the terminals for the respective live conductors. The means of connection shall be corrosion-resistant and shall be suitable for the connection of conductors according to Table 7 and of cables in accordance with the wiring rules applicable at the *installation*. The means of connection for the *PE conductor* shall not be used as a part of the mechanical assembly of the equipment or for other connections. Connection and bonding points shall be designed so that their current-carrying capacity is not impaired by mechanical, chemical, or electrochemical influences.

Where enclosures and/or conductors of aluminium or aluminium alloys are used, particular attention should be given to the problems of electrolytic corrosion.

Compliance shall be checked by inspection.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Annex K provides further information about electrochemical corrosion.

See 6.3.7.3.2 for marking requirements.

The marking shall not be placed on or fixed by screws, washers or other parts which might be removed when conductors are being connected.

4.4.4.3.3 *Touch current* in case of failure of *PE conductor*

The requirements of this subclause shall be satisfied to prevent accessible conductive parts to become dangerous in case of damage to or disconnection of the *PE conductor*.

For *pluggable type A* equipment, the *touch current* shall not exceed the limits specified in 4.4.3.4

For all other *PECS*, one or more of the following measures shall be applied, unless the *touch current* can be shown to be less than the limits specified in 4.4.3.4:

a) Use of a fixed connection and

- a cross-section of the *PE conductor* of at least 10 mm^2 Cu or 16 mm^2 Al; or
- automatic disconnection of the supply in case of discontinuity of the *PE conductor*; or
- provision of an additional terminal for a second *PE conductor* of the same cross-sectional area as the original *PE conductor*;

or

b) Use of a *pluggable type B* connection with a minimum *PE conductor* cross-section of 2,5 mm^2 as part of a multi-conductor power cable. Adequate strain relief shall be provided.

For marking requirements, see 6.3.7.4.

Compliance is checked by inspection and by test of 5.2.3.7.

For equipment which may be energized from multiple sources of supply, the *touch current* limits above apply in all possible intended *installation* configurations and combinations of sources that may be energized at the same time, unless one of the measures in a) or b) above is used.

When it is intended and allowed to interconnect two or more *PECS* using one common *PE conductor*, the above *touch current* requirements apply to the maximum number of *PECS* to be interconnected, unless one of the measures in a) or b) above is used. The maximum number of interconnected *PECS* is used in the testing and has to be stated in the installation manual.

4.4.4.4 Automatic disconnection of supply

For automatic disconnection of supply:

- a *protective equipotential bonding system* shall be provided; and
- a protective device operated by the fault current shall disconnect one or more of the line conductors supplying the equipment, *system* or *installation*, in case of a failure of *basic insulation*.

The protective device shall interrupt the fault current within a time as specified in Figure 1, Figure 2 or Figure 3 in 4.4.2.2.3.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

4.4.4.5 Supplementary *insulation*

Supplementary insulation is an independent *insulation* applied in addition to *basic insulation* for *fault protection* and shall be dimensioned to withstand the same stresses as specified for *basic insulation*.

4.4.4.6 *Simple separation* between circuits

Simple separation between a circuit and other circuits or earth shall be achieved by *basic insulation* throughout, rated for the highest voltage present.

If any component is connected between the separated circuits, that component shall withstand the electric stresses specified for the insulation which it bridges.

If any component is connected between a circuit and a circuit connected to earth, its impedance shall limit the current flow through the component to the steady-state *touch current* values indicated in 4.4.3.4.

4.4.4.7 *Electrically protective screening*

Electrically protective screening interposed between *hazardous live parts* of a *PECS*, shall consist of a conductive screen connected to the *protective equipotential bonding* of the *PECS* whereby the screen is separated from *live parts* by at least *simple separation*.

The protective screen and the connection to the *protective equipotential bonding system* of the *PECS* and that interconnection shall comply with the requirements of 4.4.4.2.

4.4.5 *Enhanced protection*

4.4.5.1 General

Enhanced protection shall provide both *basic* and *fault protection* and can be achived by means of:

- Reinforced insulation in 4.4.5.2;
- Protective separation between circuits in 4.4.5.3;
- Protection by means of in 4.4.5.4.

NOTE Further measures to fulfil the requirement for *enhanced protection* are given in IEC 61140. Product committees using this document as reference document might consider those measures.

4.4.5.2 *Reinforced insulation*

Reinforced insulation shall be so designed as to be able to withstand electric, thermal, mechanical and environmental stresses with the same reliability of protection as provided by *double insulation* (*basic insulation* and *supplementary insulation*, see 4.4.3.2 and 4.4.4.5).

4.4.5.3 *Protective separation* between circuits

Protective separation between a circuit and other circuits shall be achieved by one of the following means:

- *double insulation* (*basic insulation* and *supplementary insulation* in 4.4.3.2 and 4.4.4.5);
- *reinforced insulation* in 4.4.5.2;
- *electrically protective screening* in 4.4.4.7;
- a combination of these provisions.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

If conductors of the separated circuit are contained together with conductors of other circuits in a multi-conductor cable or in another grouping of conductors, they shall be insulated, individually or collectively, for the highest voltage present, so that *double insulation* is achieved.

If any component is connected between the separated circuits, that component shall comply with the requirements for *protective impedance* devices (see 4.4.5.4)

4.4.5.4 Protection by means of *protective impedance*

Protective impedance shall be arranged so that under both normal and *single fault conditions* the current and discharge energy available shall be limited according to 4.4.3.4.

The *protective impedances* shall be designed and tested to withstand the impulse voltages and *temporary overvoltages* for the circuits to which they are connected. See 5.2.3.2 and 5.2.3.4 for tests.

Compliance with the requirement for the limitation of *touch current* is checked by test of 5.2.3.6.

Compliance with the requirement for the discharge energy shall be checked by performing calculations and/or measurements to determine the voltage and capacitance.

NOTE A *protective impedance* designed according to this subclause is not considered to be a galvanic connection.

4.4.6 Protective measures

4.4.6.1 General

That part of a *PECS* which meets the requirements of 4.4.6.2 is defined as *protective class I*.

That part of a *PECS* which meets the requirements of 4.4.6.3 is defined as *protective class II*.

That part of a *PECS* which meets the requirements of 4.4.6.4 is defined as *protective class III*.

Compliance shall be checked by satisfying the requirements for *protective class I*, *class II* or *class III*.

A.7 provides Examples of the use of elements of protective measures.

Equipment of protective *class I, II and III* shall be marked according to 6.3.7.3.

4.4.6.2 Protective measures for *protective class I* equipment

Protective class I equipment shall meet the requirements for:

- *basic protection* in 4.4.3; and
- *fault protection* in 4.4.4.2 and 4.4.4.3 with respect to equipotential bonding and *PE conductor.*

4.4.6.3 Protective measures for *protective class II* equipment

Protective class II equipment shall meet the requirements for *enhanced protection* according to 4.4.5 and the *enclosure* shall meet the requirement for *basic protection* in 4.4.3 with respect to accessibility to *hazardous live parts*.

Protective class II equipment shall not have means of connection for the *PE conductor*. This does not apply if a *PE conductor* is passed through the equipment to equipment series-connected beyond it.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

In the latter case the *PE conductor* and its means for connection shall be separated from:

- accessible surface of the equipment; and
- circuits which employ *protective separation*

with at least *simple separation* according to the requirement in 4.4.4.6.

The *simple separation* shall be designed according to the rated voltage of the series-connected equipment.

Equipment of *protective class II* may have provision for the connection of an earthing conductor for functional reasons or for the damping of overvoltages. In this case, the functional earthing conductor shall be separated from:

- accessible surface of the equipment; and
- circuits which employ *protective separation* according to 4.4.5.3

with at least *protective separation* according to the requirement in 4.4.5.3.

Equipment of *protective class II* shall be marked according to 6.3.7.3.3.

Compliance is checked by inspection.

4.4.6.4 Protective measures for *protective class III* equipment or circuits

4.4.6.4.1 General

Protective measures shall be achieved by *protective separation* by one of the following means:

- *basic insulation* and *supplementary insulation (double insulation*) according to 4.4.3.2 and 4.4.4.5;
- *reinforced insulation* according to 4.4.5.2;
- *electrically protective screening* and *simple separation* according to 4.4.4.7; or
- a combination of these provisions;

used in combination with one of the following means:

- *protective impedance* according to 4.4.5.4 comprising limitation of discharge energy and of current; or
- limitation of voltage according to 4.4.3.5.

The *protective separation* shall be fully and effectively maintained under all conditions of intended use of the *PECS*.

4.4.6.4.2 Connection to *PELV* and *SELV* circuits

If a *port* is intended for connection of an external *PELV* or *SELV* circuit with a higher voltage than *DVC As*:

- measures to limit the voltage to that of *DVC As* shall be taken (see Annex A); or
- *basic protection* shall be provided.

For connectors containing pins with very small contact area (< 1 mm²), the next higher voltage level for DVC *As,* of Table 5, is permitted. Example: if *DVC A1* is *DVC As*, then *DVC A2* is permitted at pins of signal connectors.

The connection of external *PELV* or *SELV* circuits to an internal circuit is permitted with the following consideration:

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

- without measures: only if the *DVC* of the *PELV* and *SELV* voltage are lower than or equal to the *DVC* selected from Table 5 for the internal circuit under consideration; and
- with measures: if the *DVC* of the *PELV* and *SELV* voltage are higher than the *DVC* selected from Table 5 for the internal circuit under consideration.

The possibility of an addition of the voltages of the circuits under consideration to a higher level under fault conditions shall be considered.

For marking, see 6.3.7.1.

Consideration needs to be given to factors such as whether the circuits involved are earthed or not, what the voltages involved are, whether or not direct contact with live parts is possible, single faults in either equipment or the interconnections, etc.

4.4.7 Insulation

4.4.7.1 General

4.4.7.1.1 Influencing factors

This subclause gives minimum requirements for *insulation*, based on the principles of IEC 60664.

Manufacturing tolerances shall be taken into account for the requirements in 4.4.7.

Insulation shall be selected after consideration of the following influences:

- pollution degree;
- overvoltage category;
- supply *system* earthing;
- impulse withstand voltage, *temporary overvoltage* and *working voltage*;
- location of *insulation*;
- type of *insulation*.

Verification of *insulation* shall be made according to 5.2.2.1, 5.2.3.2, 5.2.3.4, and 5.2.3.5.

4.4.7.1.2 Pollution degree

Insulation, especially when provided by clearances and creepage distances, is affected by pollution which occurs during the *expected lifetime* of the *PECS*. The micro-environmental conditions for *insulation* shall be applied according to Table 8.

Table 8 – Definitions of pollution degrees

Pollution degree	Description
1	No pollution or only dry, non-conductive pollution occurs. The pollution has no influence.
2	Normally, only non-conductive pollution occurs. Occasionally, however, a temporary conductivity caused by condensation is to be expected.
3	Conductive pollution or dry non-conductive pollution occurs which becomes conductive due to condensation which is to be expected.
4	The pollution generates persistent conductivity caused, for example by conductive dust or rain or snow.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

The pollution degree shall be determined according to the environmental condition for which the product is specified. See Table 18 for selection of pollution degree according to environmental classification of the *installation*.

The *insulation* may be determined according to pollution degree 2 if one of the following applies:

a) instructions are provided with the *PECS* indicating that it shall be installed in a pollution degree 2 environment; or

b) the specific *installation* application of the *PECS* is known to be a pollution degree 2 environment; or

c) the *PECS enclosure* or coatings applied within the *PECS* according to 4.4.7.8.4.2 or 4.4.7.8.6 provide adequate protection against what is expected in pollution degree 3 and 4 (conductive pollution and condensation).

The *PECS* manufacturer shall state in the documentation the pollution degree for which the *PECS* has been designed.

If operation in a pollution degree 4 environment is required, protection against conductive pollution shall be provided by means of a suitable *enclosure*.

NOTE 1 See Annex B for further information about the reduction of pollution degree.

NOTE 2 The dimensions for creepage distance cannot be specified where permanently conductive pollution is present (pollution degree 4). For temporarily conductive pollution (pollution degree 3), the surface of the *insulation* may be designed to avoid a continuous path of conductive pollution, e.g. by means of ribs and grooves. Annex D provides further information about the evaluation of clearance and creepage distances.

4.4.7.1.3 Overvoltage category (OVC)

The concept of overvoltage categories (based on IEC 60364-4-44 and IEC 60664-1) is used for equipment energized from the supply mains, and addresses the level of overvoltage protection expected. The OVC for *non-mains supply* is determined by taking into account whether control of overvoltages is provided or not, and whether the *PECS* is connected to outdoor lines or not, and if so, the length of the lines.

Four categories are considered.

- Equipment of overvoltage category IV (OVC IV) is for use at the origin of the *installation*.

NOTE 1 Examples of such equipment are electricity meters and primary overcurrent protection equipment and other equipment connected directly to outdoor open lines.

- Equipment of overvoltage category III (OVC III) is equipment in fixed *installations* and for cases where the reliability and the availability of the equipment are subject to special requirements.

NOTE 2 Examples of such equipment are switches in the fixed *installation* and equipment for industrial use with permanent connection to the fixed *installation*.

- Equipment of overvoltage category II (OVC II) is energy-consuming equipment to be supplied from the fixed *installation*.

NOTE 3 Examples of such equipment are appliances, portable tools and other household and similar loads.

If such equipment is subjected to special requirements with regard to reliability and availability, overvoltage category III applies.

- Equipment of overvoltage category I (OVC I) is equipment for connection to circuits in which measures are taken to limit transient overvoltages to an appropriately low level.

NOTE 4 Examples of such equipment are those containing electronic circuits protected to this level.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

NOTE 5 Unless the circuits are designed to take the *temporary overvoltage*s into account, equipment of overvoltage category 1 cannot be directly connected to the supply mains.

The measures for reduction of the impulse voltage shall ensure that the *temporary overvoltage*s that could occur are sufficiently limited so that their peak value does not exceed the relevant rated impulse voltage of Table 9 and shall meet the requirement of 4.4.7.2.2, 4.4.7.2.3 and 4.4.7.3 as applicable.

Annex I shows examples of overvoltage category considerations for *insulation* requirements.

For *PECS* and circuits not intended to be powered from the supply mains, the appropriate overvoltage category shall be determined as required by the application based on the overvoltage control provided on the supply to the equipment or circuit.

NOTE 6 Product committees using this standard as a reference document should consider the determination of overvoltage catagories for special applications.

4.4.7.1.4 Supply *system* earthing

The following three basic types of *system* earthing are described in IEC 60364-1.

- TN *system*: has one point directly earthed, the accessible conductive parts of the *installation* being connected to that point by protective conductors. Three types of TN *system*, TN-C, TN-S and TN-C-S, are defined according to the arrangement of the neutral and protective conductors.
- TT *system*: has one point directly earthed, the accessible conductive parts of the *installation* being connected to earth electrodes electrically independent of the earth electrodes of the power *system*.
- IT *system*: has all *live parts* isolated from earth or one point connected to earth through an impedance, the accessible conductive parts of the *installation* being earthed independently or collectively to the *system* earthing.

4.4.7.1.5 Determination of impulse withstand voltage and *temporary overvoltage*

Table 9 uses the *system voltage* (see 4.4.7.1.6) and overvoltage category of the circuit under consideration to determine the impulse withstand voltage. The *system voltage* is also used to determine the *temporary overvoltage*.

A *PECS* having more than one input or output shall be evaluated according to the input or output which gives the most severe requirements.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Table 9 – Impulse withstand voltage and *temporary overvoltage* versus system voltage

Column 1		2	3	4	5	6
***System* voltage** [a] V (see 4.4.7.1.6) Up to and including		Impulse withstand voltage V				***Temporary overvoltage*** [b] V
		Overvoltage category				
		I	II	III	IV	
a.c.	d.c.					r.m.s. / peak
50	75	330	500	800	1 500	1 250 / 1 770
100	150	500	800	1 500	2 500	1 300 / 1 840
150	225	800	1 500	2 500	4 000	1 350 / 1 910
300	450	1 500	2 500	4 000	6 000	1 500 / 2 120
600	900	2 500	4 000	6 000	8 000	1 800 / 2 550
1 000 [c]	1 500	4 000	6 000	8 000	12 000	2 200 / 3 110

[a] Interpolation of *system voltage* is not permitted when determining the impulse withstand voltage for *mains supply*.

[b] The r.m.s. values are derived using the formula (1 200 V + *system voltage*) from IEC 60664-1.

[c] The last row only applies to single-phase *systems*, or to the phase-to-phase voltage in three-phase *systems*.

4.4.7.1.6 Determination of the *system* voltage

4.4.7.1.6.1 For *mains supply*

For *PECS* supplied by an a.c. *mains supply*, the *system* voltage (in column 1 of Table 9) is:

- in TN and TT *systems*, the r.m.s. value of the rated voltage between a phase and earth;

NOTE 1 A corner-earthed *system* is a TN *system* with one phase earthed, in which the *system voltage* is the r.m.s. value of the rated voltage between a non-earthed phase and earth (i.e. the phase-phase voltage).

- in three-phase IT *systems* for determination of impulse voltage:
  - the r.m.s. value of the rated voltage between a phase and an artificial neutral point (an imaginary junction of equal impedances from each phase);

    NOTE 2 For most *systems*, this is equivalent to dividing the phase-to-phase voltage by √3.

    NOTE 3 The phase to an artificial neutral point can be accepted due to the well balance *systems*. Under *single fault condition* the *system* voltage will temporary change to phase to phase voltage, but under this *single fault condition* the impulse voltage is allowed to be reduced by one step according to Table 9 and will lead to the same result for the determination of clearance.
  - the r.m.s. value of the rated voltage between phases for *PECS* with increased reliability;
  - for determination of *temporary overvoltage*, the r.m.s. value of the rated voltage between phases;
- in single-phase IT *systems*, the r.m.s. value of the rated voltage between supply conductors.

NOTE 4 For *PECS* having series-connected diode bridges (12-pulse, 18-pulse, etc.), the *system voltage* is the sum of the a.c. voltages at the diode bridges.

When the supply voltage is rectified d.c. derived from the a.c. mains, the *system voltage* is the r.m.s. value of the source a.c. before rectification, taking into account the supply *system* earthing.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

NOTE 5 Voltages generated within the *PECS* by the secondaries of transformers providing galvanic isolation from the *mains supply* are also considered to be *system voltages* for the determination of impulse voltages.

See 6.3.7.3 for marking requirements.

4.4.7.1.6.2 For *non-mains supply*

For *PECS* supplied by non-mains a.c. or d.c., the *system voltage* is the r.m.s. value of the supply voltage between phases.

4.4.7.1.7 Components bridging *insulation*

Components bridging *insulation* shall comply with the requirements of the level of *insulation* (e.g. *basic, reinforced, double*) they are bridging.

4.4.7.2 *Insulation* to the surroundings

4.4.7.2.1 General

Insulation for *basic*, *supplementary*, and *reinforced insulation* between a circuit and its surroundings shall be designed according to:

- the impulse withstand voltage; or
- the *temporary overvoltage*; or
- the *working voltage* of the circuit.

For creepage distances, the r.m.s. value of the *working voltage* is used, as described in 4.4.7.5.

For clearance distances and solid *insulation*, the impulse withstand voltage, the temporary overvoltage or the recurring peak value of the *working voltage* is used, as described in 4.4.7.2.2 to 4.4.7.2.4.

NOTE 1 Examples of *working voltage* with the combination of a.c., d.c. and recurring peaks are on the d.c. link of an indirect voltage source converter, or the damped oscillation of a thyristor snubber, or internal voltages of a switch-mode power supply. For more information see A.6.

NOTE 2 The impulse withstand voltage and *temporary overvoltage* depend on the *system* voltage of the circuit, and the impulse withstand voltage also depends on the overvoltage category, as shown in Table 9.

For *PEC* with galvanic isolation between the *mains* and *non-mains* circuits, the impulse voltage withstand ratings of the *mains* and *non-mains* circuits are determined as in 4.4.7.2.2 and 4.4.7.2.3. Thereafter the effect of reduction of the overvoltage categories (OVC) across the isolation is evaluated as follows:

- The magnitude of impulses from the *mains supply* circuit on the *non-mains supply* circuit is determined by reducing the OVC of the *non-mains supply* supplies by one level, and determining the resulting impulse voltage withstand rating based on *mains supply system voltage*.
- The rating to be used on the *non-mains* circuit is the higher of the value in 4.4.7.2.3 and the value determined above.
- The magnitude of impulses from the *non-mains* circuit on the mains circuit is determined by reducing the OVC of the *non-mains* circuit by one level, and determining the resulting impulse voltage withstand rating based on *non-mains supply system voltage*.
- The rating to be used on the *mains* circuit is the higher of the value in 4.4.7.2.2 and the value determined above.

For *PEC* not providing galvanic isolation between the *mains* and *non-mains* circuits, the impulse withstand voltage ratings of the *mains* and *non-mains* circuits are determined as in

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

4.4.7.2.2 and 4.4.7.2.3 above. The higher of the two impulse withstand voltage ratings is used for the entire combined circuit. For circuits connected to the combined circuit without galvanic isolation, the impulse withstand voltage rating of the combined circuit applies.

NOTE 3 See I.5 for examples.

When circuits of *DVC A* or *B* are supplied from the mains through a transformer providing galvanic isolation working at a frequency higher than that of the supply, the *insulation* between the circuit and the surroundings may be determined according to the *working voltage* of the circuit.

In that case the transformers ability to reduce the impulse voltages to values less than the impulse voltage associated with the *working voltage* determined from Table 10 shall be shown by test, simulation or calculation.

NOTE 4 The ability of a high frequency transformer to reduce impulse voltages originates from the very low coupling capacitance across the galvanic *insulation* compared to a the typical grounding capacitance in the *DVC A* or *B* circuit.

4.4.7.2.2 Circuits connected to *mains supply*

Insulation between the surroundings and circuits which are connected directly to the *mains supply* shall be designed according to the impulse withstand voltage, *temporary overvoltage*, or *working voltage*, whichever gives the most severe requirement.

This *insulation* is normally evaluated to withstand impulses of overvoltage category III, except that overvoltage category IV shall be used when the *PECS* is connected at the origin of the *installation*. Overvoltage category II may be used for plug-in equipment without special requirements with regard to reliability.

If measures are provided which reduce impulses of overvoltage category IV to values of category III, or values of category III to values of category II, *basic* or *supplementary insulation* may be designed for the reduced values. The requirements for *double* or *reinforced insulation* shall not be reduced to values less than those required for *basic insulation* designed to withstand impulses without these measures being present.

If the devices used for this purpose can be damaged by overvoltages or repeated impulses, thus decreasing their ability to reduce impulses, they shall be monitored and an indication of their status provided.

NOTE 1 The determined impulse withstand voltage based on the *system* voltage may be reduced by means of inherent protection or *SPD* internal in the *PECS* or as part of the *installation*. IEC 61643-12 provides information on the selection and use of such *SPD*.

NOTE 2 Circuits which are connected to the supply mains via *protective impedances*, according to 4.4.5.4, are not regarded as connected directly to the supply mains.

4.4.7.2.3 Circuits connected to *non-mains supply*

Insulation between the surroundings and circuits supplied from a *non-mains supply* shall be designed according to:

- the impulse withstand voltage determined from Table 9 using the *system voltage*;
- the *working voltage*;
- the *temporary overvoltage* if known to exist due to the nature of the supply;

whichever gives the more severe requirement.

These values are used to enter Table 10 for the design of clearance.

Temporary overvoltage on a *non-mains supply* shall be determined as follows:

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

- Without detailed knowledge of the *temporary overvoltage*, it shall be according to Table 9.
- If the *temporary overvoltage* is known this value shall be used.

By the determination of temporary overvoltages on non-mains supply, following situations should be considered:

- loss of the neutral in a non-mains low-voltage system;
- accidential earthing of a non-mains low voltage IT system; and
- short circuit in the non-mains low voltage installation.

For further information, see IEC 60364-4-44-2007, Clause 442.

The overvoltage category for *non-mains supply* shall be overvoltage category II. A higher overvoltage category shall be assigned when control of over-voltage is not provided, and when connected to long outdoor lines. For applications and circuits with a known low level of impulse voltages and for which it can be shown that the impulse voltages remain on a low level even under *single fault condition*, overvoltage category I may be used. This requirement is considered to be met if the expected impulse voltages do not exceed the values given in Table 9 for overvoltage category I at the appropriate *system voltage*.

NOTE 1 The overvoltage category for *non-mains supplies* does not differ between equipment *permanently connected* in fixed *installations* and equipment not *permanently connected* to the fixed *installation*.

Product committees using this standard as a reference document shall determine the appropriate overvoltage category from Table 9, based on the *system voltage* and the maximum impulse voltage likely to occur in their application. Special consideration may be applicable for product specific applications, which have not been considered in this standard.

Communication lines shall be considered as *non-mains supplies*.

If measures are provided which reduce impulses of overvoltage category III to values of category II, or values of category II to values of category I, *basic* or *supplementary insulation* may be designed for the reduced value. The requirements for *double* or *reinforced insulation* shall not be reduced to values less than those required for *basic insulation* designed to withstand impulses without these measures being present.

If the devices used for this purpose can be damaged by overvoltages or repeated impulses, thus decreasing their ability to reduce impulses, they shall be monitored and an indication of their status provided.

NOTE 2 The determined impulse withstand voltage based on the *system* voltage can be reduced by means of inherent protection or *SPD* internal in the PECS or as part of the *installation*. IEC 61643-12 provides information on the selection and use of such *SPD*.

4.4.7.2.4 *Insulation* between circuits

Insulation between two circuits shall be designed according to the circuit having the more severe requirement.

For the design of *simple* and *protective separation* between circuits the *insulation* shall be designed according to:

- the circuit having the more severe requirement; or
- the *working voltage* between the circuits;

whichever gives the most severe requirement.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

4.4.7.3 Functional *insulation*

If the failure of *functional insulation* does not produce a hazard (electrical, thermal, fire), no specific requirements apply for the dimensioning of *functional insulation*. In other cases the following requirements apply.

Testing is not required, except where the circuit analysis required by 4.2 shows that failure of the *insulation* could result in a hazard.

For parts or circuits that are significantly affected by external transients, *functional insulation* shall be designed according to the impulse withstand voltage of overvoltage category II, except that overvoltage category III shall be used when the *PECS* is connected at the origin of the *installation*.

Where measures are provided that reduce transient overvoltages within the circuit from category III to values of category II, or values of category II to values of category I, *functional insulation* may be designed for the reduced values.

Where the circuit characteristics can be shown by testing (see 5.2.3.2) to reduce impulse voltages, *functional insulation* may be designed for the highest impulse voltage occurring in the circuit during the tests.

For parts or circuits that are not significantly affected by external transients, *functional insulation* shall be designed according to the *working voltage* across the *insulation*.

4.4.7.4 Clearance distances

4.4.7.4.1 Determination

Clearances for *functional*, *basic* and *supplementary insulation* shall be dimensioned according to Table 10 (see Annex D for examples of the evaluation of clearance distances). Interpolation is permitted, when clearance is determined from *temporary overvoltage* or *working voltage*.

Clearances for *reinforced insulation* shall be dimensioned to withstand an impulse voltage one step higher than the impulse withstand voltage, or 1,6 times the peak *temporary overvoltage* or peak *working voltage*, required for *basic insulation*.

Clearance distances for use in altitudes between 2 000 m and 20 000 m shall be calculated using a correction factor according to Table A.2 of IEC 60664-1:2007, which is reproduced as Table E.1.

A correction factor selected from Table F.2 is also used for determination of clearance distances for approximately homogenous fields when frequencies are greater than 30 kHz, as given in Annex F.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Table 10 – Clearance distances for *functional*, *basic* or *supplementary insulation*

Impulse withstand voltage [d] **(from Table 9)** V	***Temporary overvoltage*** [d f] **(peak) only relevant for determining *insulation* between surroundings and circuits (from Table 9)** V	***Working voltage*** [d f] **(recurring peak)** [a] V	**Minimum clearance distances in air up to 2 000 m above sea level** mm			
			Pollution degree			
			1	2	3	4
330	330	260	0,01	0,2 [b c]	0,8 [c]	1,6 [c]
500	500	400	0,04			
800	710	560	0,10			
1 500	1 270	1 010	0,5	0,5		
2 500	2 220	1 770	1,5	1,5	1,5	
4 000	3 430	2 740	3,0	3,0	3,0	3,0
6 000	4 890	3 910	5,5	5,5	5,5	5,5
8 000	6 060	4 840	8,0	8,0	8,0	8,0
12 000	9 430	7 540	14	14	14	14

[a] This voltage is approximately 0,8 times the voltage required to break down the associated clearance.

[b] For printed wiring board (PWB), the values for pollution degree 1 apply except that the value shall not be less than 0,04 mm.

[c] The minimum clearance distances given for pollution degrees 2, 3 and 4 are based on the reduced withstand characteristics of the associated creepage distance under humidity conditions (see IEC 60664-5).

[d] Interpolation is permitted for *non-mains supply*.

[e] Clearances for *temporary overvoltage* and *working voltage* are derived from Table F.7a of IEC 60664-1:2007.

f Interpolation is permitted, when clearance is determined from *temporary overvoltage* and *working voltage*.

NOTE If clearances are stressed with steady-state voltages of 2,5 kV (peak) and above, dimensioning according to the breakdown values in Table 10 may not provide operation without corona (partial discharges), especially for inhomogeneous fields. In order to provide corona-free operation, it is possible either to use larger clearances, as given in Table F.7b of IEC 60664-1:2007, or to improve the field distribution.

Compliance shall be checked by visual inspection (see 5.2.2.1) or by performing the impulse voltage test of 5.2.3.2 and the a.c. or d.c. voltage test of 5.2.3.4.

4.4.7.4.2 Electric field homogeneity

The dimensions in Table 10 correspond to the requirements of an inhomogeneous electric field distribution across the clearance, which are the conditions normally experienced in practice. If a homogeneous electric field distribution is known to exist, the clearance distance for *basic* or *supplementary insulation* may be reduced to not less than that required by Table F.2 (Case B) of IEC 60664-1:2007. In this case, however, the impulse voltage test of 5.2.3.2 shall be performed across the considered clearance.

If the withstand against steady state voltages, recurring peak or *temporary overvoltage*s according to Table 10 is decisive for the dimensioning of clearance and if these clearances are smaller than the values of Table 10 then an a.c. or d.c. voltage test according to 5.2.3.4 is

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

required. Clearance distances for *reinforced insulation* shall not be reduced for homogeneous fields.

4.4.7.4.3 Clearance to conductive *enclosures*

The clearance between any non-insulated *live part* and the walls of a metal *enclosure* shall be in accordance with 4.4.7.4.1 during and following the deflection tests of 5.2.2.4.2.

Compliance is checked by inspection and by test of 5.2.2.4.2.

If the design clearance distance is at least 12,7 mm and the clearance distance required by 4.4.7.4.1 does not exceed 8 mm, the deflection tests may be omitted.

4.4.7.5 Creepage distances

4.4.7.5.1 Insulating material groups

Insulating materials are classified into four groups corresponding to their comparative tracking index (CTI) when tested according to 6.2 of IEC 60112:2003:

- Insulating material group I: $CTI \geq 600$;
- Insulating material group II: $600 > CTI \geq 400$;
- Insulating material group IIIa: $400 > CTI \geq 175$;
- Insulating material group IIIb: $175 > CTI \geq 100$.

Creepage distance requirements for PWBs exposed to pollution degree 3 environmental conditions shall be determined based on Table 11 pollution degree 3 under “Other insulators”.

If the creepage distance is ribbed, then the creepage distance of insulating material of group I may be applied using insulating material of group II and the creepage distance of insulating material of group II may be applied using insulating material of group III. The spacing of the ribs shall equal or exceed the dimension ‘X’ in Table D.1. For pollution degree 2 and 3, the ribs shall be at least 2 mm high.

For inorganic insulating materials, for example glass or ceramic, which do not track, the creepage distance may equal the associated clearance distance, as determined from Table 10.

4.4.7.5.2 Determination

Creepage distances for *functional*, *basic* and *supplementary insulation* shall be dimensioned according to Table 11. Interpolation is permitted. Creepage distances for *reinforced insulation* shall be twice the distances required for *basic insulation*.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Table 11 – Creepage distances (in millimetres)

Column 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Working voltage **(r.m.s.)**	**PWBs** [a]		**Other insulators**								
	Pollution degree		**Pollution degree**								
	1	**2**	**1**	**2**				**3**			
	All material groups	**All material groups except IIIb**	**All material groups**	**Insulating material group**				**Insulating material group**			
V				**I**	**II**	**IIIa**	**IIIb**	**I**	**II**	**IIIa**	**IIIb**
≤ 2	0,025	0,04	0,056	0,35	0,35	0,35		0,87	0,87	0,87	
5	0,025	0,04	0,065	0,37	0,37	0,37		0,92	0,92	0,92	
10	0,025	0,04	0,08	0,40	0,40	0,40		1,0	1,0	1,0	
25	0,025	0,04	0,125	0,50	0,50	0,50		1,25	1,25	1,25	
32	0,025	0,04	0,14	0,53	0,53	0,53		1,3	1,3	1,3	
40	0,025	0,04	0,16	0,56	0,80	1,1		1,4	1,6	1,8	
50	0,025	0,04	0,18	0,60	0,85	1,20		1,5	1,7	1,9	
63	0,04	0,063	0,20	0,63	0,90	1,25		1,6	1,8	2,0	
80	0,063	0,10	0,22	0,67	0,95	1,3		1,7	1,9	2,1	
100	0,10	0,16	0,25	0,71	1,0	1,4		1,8	2,0	2,2	
125	0,16	0,25	0,28	0,75	1,05	1,5		1,9	2,1	2,4	
160	0,25	0,40	0,32	0,80	1,1	1,6		2,0	2,2	2,5	
200	0,40	0,63	0,42	1,0	1,4	2,0		2,5	2,8	3,2	
250	0,56	1,0	0,56	1,25	1,8	2,5		3,2	3,6	4,0	
320	0,75	1,6	0,75	1,6	2,2	3,2		4,0	4,5	5,0	
400	1,0	2,0	1,0	2,0	2,8	4,0		5,0	5,6	6,3	
500	1,3	2,5	1,3	2,5	3,6	5,0		6,3	7,1	8,0	
630	1,8	3,2	1,8	3,2	4,5	6,3		8,0	9,0	10,0	
800	2,4	4,0	2,4	4,0	5,6	8,0		10,0	11	12,5	[b]
1 000	3,2	5,0	3,2	5,0	7,1	10,0		12,5	14	16	
1 250	4,2	6,3	4,2	6,3	9	12,5		16	18	20	
1 600	[c]	[c]	5,6	8,0	11	16		20	22	25	
2 000			7,5	10,0	14	20		25	28	32	
2 500			10,0	12,5	18	25		32	36	40	
3 200			12,5	16	22	32		40	45	50	
4 000			16	20	28	40		50	56	63	
5 000			20	25	36	50		63	71	80	
6 300			25	32	45	63		80	90	100	
8 000			32	40	56	81		100	110	125	
10 000 [d]			40	50	71	100		125	140	160	

Interpolation is permitted.

[a] These columns also apply to components and parts on PWBs, and to other creepage distances with a comparable control of tolerances.

[b] Insulating materials of group IIIb are not normally recommended for pollution degree 3 above 630 V.

[c] Above 1 250 V use the values from columns 4 to 11, as appropriate.

[d] For higher voltages, creepage distances should be dimensioned according to Table F.4 of IEC 60664-1:2007

When the creepage distance requirement determined from Table 11 is less than the clearance distance required by 4.4.7.4.1 or the clearance distance determined by impulse testing (see 5.2.3.2), then the creepage distance shall be increased to the clearance distance.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Compliance of creepage distances shall be checked by measurement or inspection (see 5.2.2.1) (see Annex D for examples of the evaluation of creepage distances).

4.4.7.6 Coating

A coating may be used to provide *insulation*, to protect a surface against pollution, and to allow a reduction in creepage and clearance distances (see 4.4.7.8.4.2 and 4.4.7.8.6).

4.4.7.7 PWB spacings for functional *insulation*

Spacings for *functional insulation* shall comply with the requirement of 4.4.7.4 and 4.4.7.5.

Decreased spacings on PWB are permitted when all the following are satisfied:

- the PWB has flammability rating of V-0 (see IEC 60695-11-10);
- the PWB base material has a minimum CTI of 100;
- the equipment complies with the PWB short circuit test (see 5.2.4.7).

Decreased spacings for components assembled on PWB are permitted when used in:

- pollution degree 1 or 2 environment; and
- not more than overvoltage category I.

In this case the manufacture specification may be used.

Compliance is checked by inspection and by test of 5.2.4.7 if applicable.

4.4.7.8 Solid *insulation*

4.4.7.8.1 General

Materials selected for solid *insulation* shall be able to withstand the stresses occurring. These include mechanical, electrical, thermal, climatic and chemical stresses which are to be expected in normal use. *Insulation* materials shall also be resistant to ageing during the *expected lifetime* of the *PECS*.

Tests shall be performed on components and sub-assemblies using solid *insulation*, in order to ensure that the *insulation* performance has not been compromised by the design or manufacturing process.

4.4.7.8.2 Material requirements

The insulating material shall have a CTI of 100 or greater.

The insulating material shall be suitable for the maximum temperature it attains as determined by the temperature rise test of 5.2.3.10. Consideration shall be given as to whether or not the insulating material additionally provides mechanical strength and whether or not the part can be subject to impact during use.

The insulating material in contact with *live parts* higher than *DVC As* shall comply with:

- the glow-wire test described in 5.2.5.3 at a test temperature of 850 °C; or
- the glow-wire test described in 5.2.5.3, at a lower test temperature, but not less than 550 °C, depending on the classification of the use of the *PECS*, according to Table A.1 of IEC 60695-2-11:2011; or
- the alternative hot wire ignition test of 5.2.5.4.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Thermoplastic insulating materials used in contact with *live parts* higher than *DVC As* or used as part of the *enclosure* shall comply with the ball pressure test as abnormal heat test according to IEC 60695-10-2.

Where an insulating material is used in a *PECS* that incorporates switching contacts, and is within 12,7 mm of the contacts, it shall comply with the high current arcing ignition test of 5.2.5.2.

In case the manufacturer of the insulating material provides data to demonstrate compliance with the above requirements no further testing is required.

No further evaluation is required when generic materials are used according to Table 12.

Table 12 – Generic materials for the direct support of uninsulated *live parts*

Generic material	Minimum thickness mm	Maximum temperature °C
Any cold-moulded composition	No limit	No limit
Ceramic, porcelain	No limit	No limit
Diallyl phthalate	0,7	105
Epoxy	0,7	105
Melamine	0,7	130
Melamine-phenolic	0,7	130
Phenolic	0,7	150
Unfilled nylon	0,7	105
Unfilled polycarbonate	0,7	105
Urea formaldehyde	0,7	100

Compliance is checked by inspection and by test of 5.2.3.10 and 5.2.5.3 or 5.2.5.2.

4.4.7.8.3 Thin sheet or tape material

4.4.7.8.3.1 General

4.4.7.8.3 applies to the use of thin sheet or tape materials in assemblies such as wound components and bus-bars.

Insulation consisting of thin (less than 0,75 mm) sheet or tape materials is permitted, provided that it is protected from damage and is not subject to mechanical stress under normal use.

Where more than one layer of *insulation* is used, there is no requirement for all layers to be of the same material.

NOTE 1 One layer of *insulation* tape wound with more than 50 % overlap is considered to constitute two layers.

NOTE 2 *Basic*, *supplementary* and *double insulation* can be applied as a pre-assembled *system* of thin materials.

4.4.7.8.3.2 Material thickness equal to or more than 0,2 mm

- *Basic* or *supplementary insulation* shall consist of at least one layer of material, which will meet the requirements of 4.4.7.8.1 and 4.4.7.10.1.
- *Double insulation* shall consist of at least two layers of material, each of which will meet the requirements of 4.4.7.8.1, 4.4.7.10.1, and the partial discharge requirements of

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

4.4.7.10.2, and both layers together will meet the impulse and a.c. or d.c. voltage requirements of 4.4.7.10.2.

- *Reinforced insulation* shall consist of a single layer of material, which will meet the requirements of 4.4.7.8.1 and 4.4.7.10.2.

NOTE The requirements of this subclause indicate that *double insulation* can be at least 0,4 mm thick, while *reinforced insulation* is permitted to be 0,2 mm thick.

4.4.7.8.3.3 Material thickness less than 0,2 mm

Basic or *supplementary insulation* shall consist of at least two layers of material, which will meet the requirements of 4.4.7.8.1 and 4.4.7.10.1.

Double insulation shall consist of at least three layers of material. Each layer shall meet the requirements of 4.4.7.8.1 and 4.4.7.10.1, and any two layers together shall meet the requirements of 4.4.7.10.2.

Reinforced insulation consisting of a single layer of material is not permitted.

4.4.7.8.3.4 Compliance

Compliance shall be checked by the tests described in 5.2.3.1 to 5.2.3.5.

When a component or sub-assembly makes use of thin sheet insulating materials, it is permitted to perform the tests on the component rather than on the material.

4.4.7.8.4 Printed wiring boards (PWBs)

4.4.7.8.4.1 General

Insulation between conductor layers in double-sided single-layer PWBs, multi-layer PWBs and metal core PWBs, shall meet the requirements of 4.4.7.8.1. *Basic*, *supplementary*, *double* and *reinforced insulation* shall meet the appropriate requirements of 4.4.7.10.1 or 4.4.7.10.2. *Functional insulation* in PWBs shall meet the requirements of 4.4.7.7.

For the inner layers of multi-layer PWBs, the *insulation* between adjacent tracks on the same layer shall be treated as either:

- a creepage distance for pollution degree 1 and a clearance as in air (see Example D.14); or
- solid *insulation*, in which case it shall meet the requirements of 4.4.7.8.1 and 4.4.7.10.

4.4.7.8.4.2 Use of coating materials

A coating material used to provide *functional*, *basic*, *supplementary* and *reinforced insulation* shall meet the requirement as specified below.

Type 1 protection (as defined in IEC 60664-3) improves the microenvironment of the parts under protection. The clearance and creepage distance of Table 10 and Table 11 for pollution degree 1 apply under the protection. Between two conductive parts, it is a requirement that one or both conductive parts, together with all the spacing between them, are covered by the protection.

Type 2 protection is considered to be similar to solid *insulation*. Under the protection, the requirements for solid *insulation* specified in 4.4.7.8 are applicable, including the coating material itself, and spacings shall not be less than those specified in Table 1 of IEC 60664-3:2003. The requirements for clearance and creepage in Table 10 and Table 11 do not apply. Between two conductive parts, it is a requirement that both conductive parts, together with the spacing between them, are covered by the protection so that no airgap exists between the protective material, the conductive parts and the printed boards.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

The coating material used to provide Type 1 and Type 2 protection shall be designed to withstand the stresses anticipated to occur during the *expected lifetime* of the *PECS*. A *type test* on representative PWBs shall be conducted according to Clause 5 of IEC 60664-3:2003. For the cold test (5.7.1 of IEC 60664-3:2003), a temperature of -25 °C shall be used, and for the rapid change of temperature test (5.7.3 of IEC 60664-3:2003): -25 °C to +125 °C. No *routine test* is required.

4.4.7.8.5 Wound components

Varnish or enamel *insulation* of wires shall not be used for *basic*, *supplementary*, *double* or *reinforced insulation*.

Wound components shall meet the requirements of 4.4.7.8.1 and 4.4.7.10.

The component itself shall pass the requirements given in 4.4.7.8.1 and 4.4.7.10.2. If the component has *reinforced* or *double insulation*, the a.c. or d.c. voltage test of 5.2.3.4 shall be performed as a *routine test*.

4.4.7.8.6 Potting materials

A potting material may be used to provide solid *insulation* or to act as a coating to protect against pollution. If used as solid *insulation* for *basic, fault* and *enhanced protection*, it shall comply with the requirements of 4.4.7.8.1 and 4.4.7.10. If used to protect against pollution, the requirements for type 1 protection in 4.4.7.8.4.2 apply.

4.4.7.9 Connection of parts of *solid insulation* (cemented joints)

The creepage and clearance path in the presence of a cemented joint between two insulating parts, are determined as follows.

- Type 1 or type 2 protection as described in 4.4.7.8.4.2 apply.
- A cemented joint that is not evaluated as providing protection of type 1 or type 2, is neither considered solid *insulation* nor to reduce pollution degree. The clearance and creepage distances of Table 10 and Table 11 apply for the pollution degree of the environment around the joint. See 5.2.5.7 for test.

As an example, see Example D.9.

4.4.7.10 Requirements for electrical withstand capability

4.4.7.10.1 *Basic* or *supplementary insulation*

Basic or *supplementary insulation* shall be tested as follows:

- Test with impulse withstand voltage according to 5.2.3.2; and
- Test with a.c. or d.c. voltage according to 5.2.3.4.

4.4.7.10.2 *Double* or *reinforced insulation*

Double or *reinforced insulation* shall be tested as follows:

- Test with impulse withstand voltage according to 5.2.3.2; and
- Test with a.c. or d.c. voltage according to 5.2.3.4.

For solid *insulation*, the partial discharge test according to 5.2.3.5 shall be performed in addition to the above tests, if the recurring peak *working voltage* across the *insulation* is greater than 750 V and the voltage stress on the *insulation* is greater than 1 kV/mm.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

NOTE The voltage stress is the recurring peak voltage divided by the distance between two parts of different potential.

The partial discharge test shall be performed as a *type test* on all components, sub-assemblies and PWB. In addition, a *sample test* shall be performed if the *insulation* consists of a single layer of material.

Double insulation shall be designed so that failure of the *basic insulation* or of the *supplementary insulation* will not result in reduction of the *insulation* capability of the remaining part of the *insulation*.

4.4.7.11 *Insulation* requirements above 30 kHz

Where voltages across *insulation* have fundamental frequencies greater than 30 kHz, further considerations apply.

Annex F contains requirements for the determination of clearance and creepage distances under these circumstances.

Compliance of creepage and clearance distances shall be checked by measurement or inspection according to Annex F.

4.4.8 Compatibility with residual current-operated protective devices (RCD)

Some domestic and industrial *installations* provide RCD as additional protection against *insulation* faults, in addition to the *basic* and *fault protection* provided by *PECS*.

An *insulation* fault or direct contact with certain types of *PECS* circuits can cause failure current with a d.c. component to flow in the *PE conductor* and thus reduce the ability of an RCD of type A or AC (see IEC 60755) to provide this protection for other equipment in the *installation*.

To ensure the intended work of an RCD provided by the *installation PECS* shall satisfy one of the following conditions.

a) A Pluggable Type A single-phase *PECS*, shall be designed so that, under normal and fault conditions any resulting d.c. component of the current in the *PE conductor* does not exceed the d.c. current withstand requirements in IEC 60755 for RCD of type A.

   NOTE At the time of writing, the requirement in IEC 60755 is for type A RCD to be able to tolerate 6 mA of d.c. current while still maintaining their protective functionality.

b) For *PECS* that are Pluggable Type B or intended for *permanent connection*, d.c. current in the *PE conductor* is not limited if the information and marking requirements of 6.3.7.4 are complied with.

For the design and construction of electrical *installations*, care should be taken with RCD of Type B. All the RCD upstream from an RCD of Type B up to the supply transformer shall be of Type B.

Compliance with RCD provided by the *installation* shall be checked by simulation or calculation of current in the *PE conductor* under normal and *single fault conditions* according to the guideline provided in Annex H.

See 6.3.7.4 for information and marking requirements.

4.4.9 Capacitor discharge

For protection against shock hazard, capacitors within a *PECS* shall be discharged to a voltage less than *DVC As*, or to a residual charge less than 50 μC, after the removal of power from the *PECS:*

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

- For pluggable *PECS* type A and B the discharge time shall not exceed 1 s or the hazardous *live parts* shall be protected against direct contact by at least IPXXB (see 4.4.3.3).
- For *permanently connected PECS* the discharge time shall not exceed 5 s.

For pluggable *PECS* type A and B and *permanently connected PECS,* which do not meet the above requirements, access shall only be possible by means of a tool or key and the information and marking requirements of 6.5.2 apply.

Compliance is checked by test of 5.2.3.8.

NOTE 1 This requirement also applies to capacitors used for power factor correction, filtering, etc.

NOTE 2 Product committees using this document as reference document can consider the charge level 0,5 μC as threshold of perception as recommended by IEC 61140.

4.5 Protection against electrical energy hazards

4.5.1 Operator access areas

4.5.1.1 General

Equipment shall be so designed that there is no risk of electrical energy hazard in operator access areas from accessible circuits by fulfilling requirement of 4.2.

A risk of injury due to an electrical energy hazard exists if it is likely that two or more bare parts (one of which may be earthed) between which a hazardous energy level exists, will be bridged by a metallic object.

The likelihood of bridging the parts under consideration is determined by means of the test finger of Figure 1 of IEC 60529:1989, in a straight position. If it is possible to bridge the parts with this test finger, a hazardous energy level shall not exist.

Barriers, guards, and similar means preventing unintentional contact may be provided as an alternative to limiting the energy.

Compliance is checked by inspection or test of 5.2.2.2.

4.5.1.2 Determination of hazardous electrical energy level

A hazardous electrical energy level is considered to exist if:

- the voltage is 2 V or more;

and

- power available exceeds 240 VA after 60 s; or
- the energy exceeds 20 J.

Compliance shall be checked with the test in 5.2.3.9 or by calculation as follows:

in case of a capacitor the stored energy in the capacitor is at a voltage of 2 V or more, and the stored energy calculated from the following equation, exceeds 20 J:

$$E = 0{,}5\ CU^2$$

where

E is the energy, in joules (J);

C is the capacitance, in farads (F);

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

U is the measured voltage on the capacitor, in volts (V).

4.5.2 Service access areas

Capacitors located behind panels that are removable for servicing, installation, or disconnection shall present no risk of electric energy hazard from charge stored on capacitors after disconnection of the *PECS*.

Capacitors within a *PECS* shall be discharged to an energy level less than 20 J, as in 4.5.1.2, within 5 s after the removal of power from the *PECS*. If this requirement is not achievable for functional or other reasons, the information and marking requirements of 6.5.2 apply.

Compliance is checked by inspection of the equipment and relevant circuit diagrams, taking into account the possibility of disconnection with any "ON"/"OFF" switch in either position and non-operation of periodic power consuming devices or components within the *PECS*. If the capacitor discharge time can not be accurately calculated, the discharge time shall be measured.

4.6 Protection against fire and thermal hazards

4.6.1 Circuits representing a fire hazard

The following types of circuits are considered a fire hazard:

- circuits directly connected to the mains;
- circuits that are not directly connected to the mains but exceed the limits for limited power sources in 4.6.5;
- components having unenclosed arcing parts.

4.6.2 Components representing a fire hazard

4.6.2.1 General

The risk of ignition due to high temperature shall be minimized by the appropriate selection and use of components and by suitable construction.

Electrical components shall be used in such a way that their maximum working temperature under normal or *single fault conditions* is less than that necessary to cause ignition of the surrounding materials with which they are likely to come into contact. Under normal conditions the limits in Table 14 shall not be exceeded for components or their surrounding material.

Where it is not practical to protect components against overheating under fault conditions, all materials in contact with such components shall be of flammability class V-1, according to IEC 60695-11-10, or better.

Compliance with 4.6.2 and 4.6.3 shall be confirmed by inspection of component and material data sheets and, where necessary, by test.

4.6.2.2 Components within a circuit representing a fire hazard

Inside *fire enclosures*, materials for components and other parts and all materials in contact with such parts shall comply with flammability class V-2 as classified in IEC 60695-11-10 or flammability class HF-2 as classified in ISO 9772 or better.

In case the manufacturer of components provides data to demonstrate compliance with the above requirements no further testing is required.

The above requirement does not apply to any of the following:

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

- electrical components which do not present a fire hazard under abnormal operating conditions when tested according to 5.2.4.6;
- materials and components within an *enclosure* of 0,06 m^3 or less, consisting totally of metal and having no ventilation openings, or within a sealed unit containing an inert gas;
- electronic components, such as integrated circuit packages, opto-coupler packages, capacitors and other small parts that are mounted on material of flammability class V-1 or better;
- wiring, cables and connectors insulated with PVC, TFE, PTFE, FEP, neoprene or polyimide;
- the following parts, provided that they are separated from electrical parts (other than insulated wires and cables) which under fault conditions are likely to produce a temperature that could cause ignition, by at least 13 mm of air or by a solid barrier of material of flammability class V-1 or better:
  - other small parts which would contribute negligible fuel to a fire, including, labels, mounting feet, key caps, knobs and the like;
  - tubing for air or any fluid *systems*, containers for powders or liquids and foamed plastic parts, provided that they are of flammability class HB.

4.6.2.3 Components within a circuit not representing a fire hazard

For components within a circuit not representing a fire hazard 4.6.2 does not apply.

4.6.3 *Fire enclosures*

4.6.3.1 General

Fire enclosures are used to reduce the risk of fire to the environment, independent of the location where they are installed.

A *fire enclosure* shall be provided for all *PECS* unless:

- the product committee specifies that a *fire enclosure* is not required; or
- there is an agreement between the user and the manufacturer; or
- the *PECS* is intended to be used only in areas without combustible materials and is marked according to 6.3.5.

4.6.3.2 Flammability of *enclosure* materials

Materials used for *fire enclosures* of *PECS* shall meet the flammability test requirements of 5.2.5.5, except for those portions of the *enclosure* that enclose only circuits not representing a fire hazard.

Materials are considered to comply without test if, in the minimum thickness used, the material is of flammability class 5VA or better, according to IEC 60695-11-20.

Metals, ceramic materials, and glass which is heat-resistant tempered, wired or laminated, are considered to comply without test.

Materials for components that fill an opening in a *fire enclosure* shall:

- be of at least V-1 class material and no larger than 100 mm in any dimension; or
- be of at least V-2 class material and either
  - not larger than 25 mm in any dimension; or

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

  - not larger than 100 mm in any dimension and located at least 100mm from any part that is a source of fire hazard; or
- be of at least V-2 class material and there is a barrier or device(s) that forms a barrier made of a V-0 class material between the part and a source of fire hazard; or
- comply with a relevant IEC component standard that includes flammability requirements for components that are intended to form part of, or fill openings in, a *fire enclosure*.

NOTE Examples of these components are fuse-holders, switches, pilot lights, connectors and appliance inlets.

Polymeric materials that serve as the outer *enclosure* and have surface area greater than 1 m^2 or a single dimension larger than 2 m, shall have a maximum flame spread index of 100 as determined by ASTM E162 or ANSI/ASTM E84.

The manufacturer may provide data from the *fire enclosure* material supplier to demonstrate compliance with the above requirements. In this case, no further testing is required.

Compliance shall be checked by visual inspection and, where necessary, by test.

4.6.3.3 Openings in *fire enclosures*

4.6.3.3.1 General

For equipment that is intended to be used or installed in more than one orientation as specified in the product documentation, the requirements in 4.6.3.3.2 to 4.6.3.3.4 apply in each orientation.

These requirements are in addition to requirements regarding openings, in other sections of this standard.

NOTE For example the sections regarding *basic protection* with *live parts* or hazardous moving parts are additional to the requirements in this section.

4.6.3.3.2 Openings in the top and side of *fire enclosures*

Openings in the top surfaces of *fire enclosures* shall be designed to prevent an external object falling vertically or at up to 5° from vertically from entering the *enclosure* in an area that could lead to a fire hazard.

This requirement applies to all sides of moveable equipment with no defined top and bottom, unless top and bottom surfaces can be suitably demonstrated in the installation instructions.

Compliance shall be checked by test of 5.2.2.2.

Openings in the top surfaces of *fire enclosures* not located vertically above or within 5° from vertical of a circuit representing a fire hazard as defined in 4.6.1 are not subject to the test of 5.2.2.2 and can be of any construction if the construction prevents access to parts greater than *DVC As* with the IP3X probe as detailed in 4.4.3.3.

Where a portion of the side of a *fire enclosure* falls within the area traced out by the 5° angle in Figure 6, the limitations in 4.6.3.3.3 regarding openings in bottoms of *fire enclosures* also apply to this portion of the side.

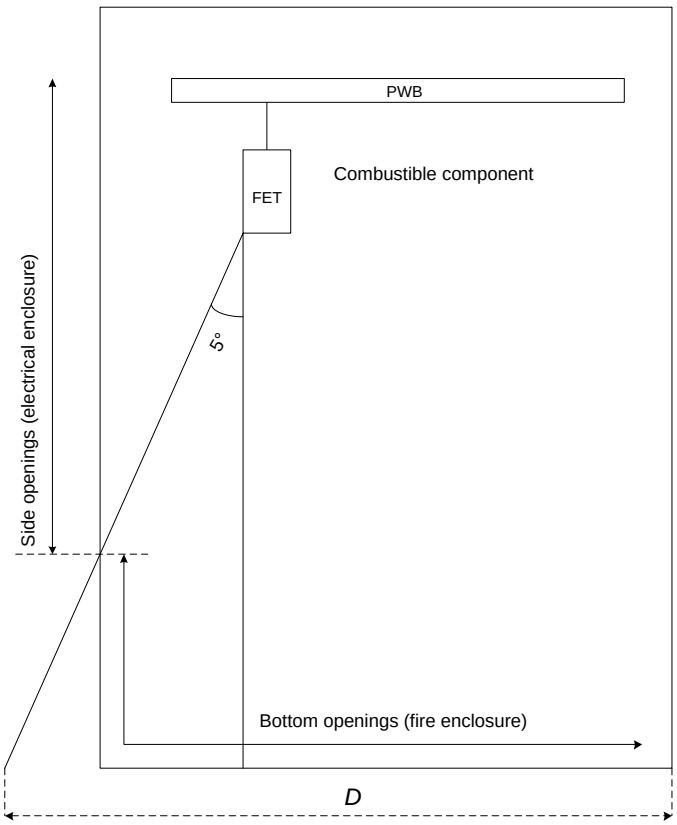
Compliance shall be checked by visual inspection.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

4.6.3.3.3 Openings in the bottom of a *fire enclosure*

The bottom of a *fire enclosure* or individual barriers shall provide protection against emission of flaming or molten material under all internal parts, including partially enclosed components or assemblies, located in a circuit representing a fire hazard.

The location and size of the bottom or barrier shall cover area D in Figure 6 and shall be horizontal, lipped or otherwise shaped to provide equivalent protection. The area shall be free of openings, except for those protected by a baffle, screen or other means so that molten metal and burning material are unlikely to fall outside the *fire enclosure*.



NOTE Figure 6 shows an example of a cutaway side view of a product containing a PWB with its components facing the bottom of the *enclosure*. If the PWB contains components in primary circuitry (e.g. Field Effect Transistors), it is considered a source of ignition.

The bottom *enclosure* is considered a *fire enclosure* so openings in it shall be restrictive, e.g. see Table 12.

Besides providing protection against electrical shocks, the side openings (electrical *enclosure*) located below the 5 ° projection from the source of ignition provide protection against spread of fire.

Figure 6 – *Fire enclosure* bottom openings below an unenclosed or partially enclosed fire-hazardous component

The following constructions are considered to satisfy the requirement without test:

- no opening in the bottom of a *fire enclosure*;
- openings in the bottom of any size under an internal barrier, screen or the like, which itself complies with the requirements for a *fire enclosure*;
- openings in the bottom, each not larger than 40 mm^2, under components and parts meeting the flammability requirements of V-1 class as classified in IEC 60695-11-10, or the flammability requirements of HF-1 class as classified in ISO 9772 or under small

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

components that pass the needle-flame test of IEC 60695-11-5 with the flame applied for a duration of 30 s;

- baffle plate construction as illustrated in Figure 7;
- metal bottoms of *fire enclosures* conforming to the dimensional limits of any line in Table 13;
- metal bottom screens having a mesh with nominal openings not greater than 2 mm between centre lines and with wire diameters of not less than 0,45 mm.

Compliance is checked by inspection or with the hot flaming oil test in 5.2.5.6, in case the *fire enclosure* is designed differently than as described above.

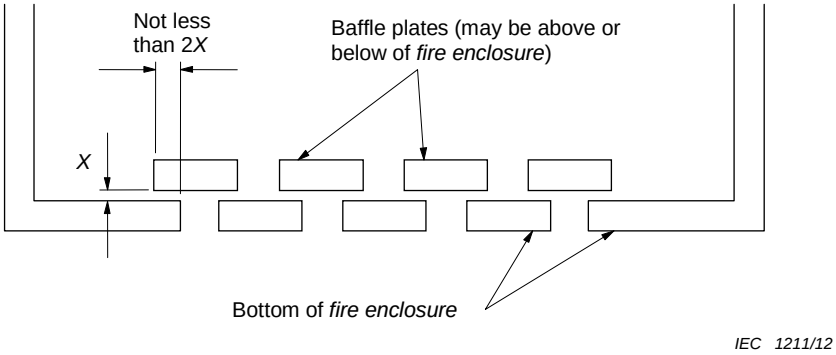


Figure 7 – *Fire enclosure* baffle construction

Table 13 – Permitted openings in *fire enclosure* bottoms

Applicable to circular holes			Applicable to other shaped openings	
Metal bottoms minimum thickness	Maximum diameter of holes	Minimum spacing of holes centre to centre	Maximum area	Minimum spacing of openings border to border
mm	mm	mm	mm^2	mm
0,66	1,1	1,7	1,1	0,56
0,66	1,2	2,3	1,2	1,1
0,76	1,1	1,7	1,1	0,55
0,76	1,2	2,3	1,2	1,1
0,81	1,9	3,1	2,9	1,1
0,89	1,9	3,1	2,9	1,2
0,91	1,6	2,7	2,1	1,1
0,91	2,0	3,1	3,1	1,2
1,0	1,6	2,7	2,1	1,1
1,0	2,0	3,0	3,2	1,0

4.6.3.3.4 Doors or covers in *fire enclosures*

If part of a *fire enclosure* consists of a door or a cover leading to an operator access area, it shall comply with one of the following requirements:

- the door or cover shall be provided with a safety interlock; or
- a door or cover, intended to be routinely opened by the user, shall comply with both of the following conditions:

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

– it shall not be removable from other parts of the *fire enclosure* by the user; and
– it shall be provided with a means to keep it closed during normal operation.

A door or cover intended only for occasional use by an installer, such as for the installation of accessories, is permitted to be removable provided that the equipment instructions include directions for correct removal and reinstallation of the door or cover.

Compliance is checked by inspection.

4.6.4 Temperature limits

4.6.4.1 Internal parts

Equipment and its component parts shall not attain temperatures in excess of those in Table 14 when tested in accordance with the ratings of the equipment.

Compliance is checked by test of 5.2.3.10.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Table 14 – Maximum measured total temperatures for internal materials and components

	Materials and components	Thermocouple method °C	Rise of resistance method °C
1	Rubber- or thermoplastic-insulated conductors [a]	75	
2	Field wiring terminals and other parts that may contact the *insulation* of field wiring [b]	[b]	
3	Copper bus bars and connecting straps	[c]	
4	*Insulation systems* on magnetic components [d]	[e]	[e]
	Class A (105)	90	100
	Class E (120)	105	115
	Class B (130)	110	120
	Class F (155)	130	140
	Class H (180)	155	165
	Class N (200)	165	175
	Class R (220)	180	190
	Class S (240)	195	205
5	Phenolic composition [a]	165	
6	On bare resistor material	415	
7	Capacitor	[f]	
8	*Power electronic devices*	[g]	
9	PWBs	[h]	
10	Components bridging at least *basic protection*	[f]	
11	Liquid cooling medium	[i]	

[a] The limitation on phenolic composition and on rubber and thermoplastic *insulation* does not apply to compounds which have been investigated and found to meet the requirements for a higher temperature.

[b] The maximum terminal temperature should not exceed the temperature rating of the terminal and the *insulation* temperature rating of the conductor or cable specified by the manufacturer (see 6.3.6.4).

[c] The maximum permitted temperature is determined by the temperature limit of support materials or *insulation* of connecting wires or other components. A maximum temperature of 140 ºC is recommended.

[d] The maximum temperatures on *insulation* of magnetic components assume thermocouples are applied on the surface of coils, and are therefore not located on hot-spots. Rise of resistance method results in a measurement of the average temperature of the winding.

[e] These limits are extracted from the group safety standards IEC 61558-1 and IEC 61558-2-16 (safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products). For magnetic components, not covered by the scope of IEC 61558 series, commitees for product standards may define other limits in accordance with IEC 60085 and IEC 60216.

[f] For a component, the maximum temperature specified by the manufacturer should not be exceeded.

[g] The maximum temperature on the case should be the maximum case temperature for the applied power dissipation specified by the manufacturer of power electronic devices.

[h] The maximum operating temperature of the PWB shall not be exceeded.

[i] The maximum temperature of the cooling medium, specified by the manufacturer of the medium or determined from the known characteristics of the medium, should not be exceeded.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

The resistance method for temperature measurement as specified in Table 14 consists of the calculation of the temperature rise of a winding using the equation:

$$\Delta t = \frac{r2}{r1}(k + t1) - (k + t2)$$

where:

Δt is the temperature rise;

r_2 is the resistance at the end of the test in ohms;

r_1 is the resistance at the beginning of the test in ohms;.

t_1 is the ambient temperature at the beginning of the test (ºC);

t_2 is the ambient temperature at the end of the test (ºC);

k is 234,5 for copper, 225,0 for electrical conductor grade (EC) aluminium; values of the constant for other conductors shall be determined.

4.6.4.2 Accessible parts

In order to limit the touch temperatures of accessible parts of *PECS*, and to protect against long-term degradation of building materials, the maximum temperature for accessible parts of the *PECS* shall be in compliance with Table 15.

When surface temperatures of the *PECS,* close to mounting surfaces, exceed the limit of Table 15, a warning according to 6.3.5 shall be provided.

It is permitted that accessible parts that are required to get hot as part of their intended function (for example heatsinks) may have temperatures up to 100 °C, if the parts are not in contact with building materials upon installation, and are marked with the warning given in 6.4.3.4. For products only for use in a *restricted access area*, the temperature may exceed 100 °C.

Product committees using this standard as a reference document shall consider the steady state temperature limits for specific products and environmental conditions.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

These limits are in addition to applicable limits in 4.6.4.1.

Table 15 – Maximum measured temperatures for accessible parts of the *PECS*

Part	Limit °C					
	(Coated) metal[b]				Glass, porcelain and vitreous material	Plastic and rubber
	1	2	3	4		
User operated devices (knobs, handles, switches, displays, etc.). which are held continuously during normal and *single fault condition* (approx. 10 s)	55	55	55	60	65	70
User operated devices (knobs, handles, switches, displays, etc.). which are held for short periods only, during normal and *single fault condition* (approx. 1 s)[a]	60	70	65	85	75	80
Accessible *enclosure* parts likely to be touched (approx. 1 s) [a]	65	75	70	90	80	85
Enclosure parts where they contact building materials upon installation (continuously)	90					

NOTE 1 In Table 15, the values for accessible parts are taken from IEC Guide 117 (burn threshold). For short-duration contact with user operated devices the values were reduced by 5 °C to allow for some margin. IEC Guide 117 also provides values for burn thresholds for other coatings or materials.

NOTE 2 The main figures of IEC Guide117 are reproduced in Annex J for information.

[a] For products intented and expected to be operated by children and elderly persons the contact period of IEC Guide 117:2010 Clause 6, Table 2 should be considered.

[b] Coating of metal surfaces:

1: none (bare metal)

2: lac (50 μm)

3: porcelain enamel (160 μm) / powder (60 μm)

4: polyamide 11 or 12 (400 μm)

4.6.5 Limited power sources

Where a limited power source is required, the source shall comply with Table 16 or Table 17 as applicable.

A limited power source shall comply with one of the following requirements:

a) the output is inherently limited in compliance with Table 16; or

b) a linear or non-linear impedance limits the output in compliance with Table 16. If a positive temperature coefficient device (e.g. PTC) is used, it shall pass the applicable tests specified in IEC 60730-1; or

c) a regulating network limits the output in compliance with Table 16, both with and without a single fault in the regulating network; or

d) an overcurrent protective device is used and the output is limited in compliance with Table 17.

Where an overcurrent protective device is used, it shall be a fuse or a non-adjustable, non-autoreset, electromechanical device.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

A limited power source operated from an a.c. *mains supply*, or a battery-operated limited power source that is recharged from an a.c. *mains supply* while supplying the load, shall incorporate an isolating transformer.

Compliance to determine the maximum available power is checked by test of 5.2.3.9.

Table 16 – Limits for sources without an overcurrent protective device

Output voltage[a] U_{oc}		Output current [b d] I_{sc}	Apparent power [c d] S
V a.c.	V d.c.	A	VA
≤ 30 V r.m.s.	≤ 30 V d.c.	≤ 8	≤ 100
-	30 < U_{oc} ≤ 60	≤ 150 / U_{oc}	≤ 100

a U_{oc}: Output voltage measured in accordance with 5.1.5.3 with all load circuits disconnected. Voltages are for substantially sinusoidal a.c. and ripple-free d.c. For non-sinusoidal a.c. and d.c. with ripple greater than 10 % of the peak, the peak voltage shall not exceed 42,4 V.

b I_{sc}: Maximum output current with any non-capacitive load, including a short circuit.

c S (VA): Maximum output apparent power in VA with any non-capacitive load.

d Measurement of I_{sc} and S are made 5 s after application of the load if protection is by an electronic circuit or a positive temperature coefficient device (e.g. PTC), and 60 s in other cases.

Table 17 – Limits for power sources with an overcurrent protective device

Output voltage[a] U_{oc}		Output current [b d] I_{sc}	Apparent power [c d] S	Current rating of overcurrent protective device [e]
V a.c.	V d.c.	A	VA	A
≤ 20	≤ 20	≤ 1 000/U_{oc}	≤ 250	≤ 5,0
20 < U_{oc} ≤ 30	20 < U_{oc} ≤ 30			≤ 100/U_{oc}
–	30 < U_{oc} ≤ 60			≤ 100/U_{oc}

a U_{oc}: Output voltage measured in accordance with 5.1.5.3 with all load circuits disconnected. Voltages are for substantially sinusoidal a.c. and ripple free d.c. For non-sinusoidal a.c. and for d.c. with ripple greater than 10 % of the peak, the peak voltage shall not exceed 42,4 V.

b I_{sc}: Maximum output current with any non-capacitive load, including a short circuit, measured 60 s after application of the load.

c S (VA): Maximum output VA with any non-capacitive load measured 60 s after application of the load.

d Current limiting impedances remain in the circuit during measurement, but overcurrent protective devices are bypassed.

NOTE The reason for making measurements with overcurrent protective devices bypassed is to determine the amount of energy that is available to cause possible overheating during the operating time of the overcurrent protective devices.

e The current ratings of overcurrent protective devices that break the circuit within 120 s with a current equal to 210 % of the current rating specified in the table.

4.7 Protection against mechanical hazards

4.7.1 General

Failure of any component within the *PECS* shall not release sufficient energy to lead to a hazard, for example, expulsion of material into an area occupied by personnel.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

4.7.2 Specific requirements for liquid cooled *PECS*

4.7.2.1 General

NOTE Sealed heat-pipe cooling *systems*, used to transfer heat from a hot component to a heat sink, are not considered to be liquid cooling *systems* in this standard. However, the possible failure of such components should be considered during the circuit analysis of 4.2.

4.7.2.2 Coolant

The specified coolant (see 6.2) shall be suitable for the anticipated ambient temperatures during storage and operation. Coolant temperature in operation shall not exceed the limit specified in Table 14.

The coolant used in a cooling *system* shall be a refrigerant investigated for the purpose, water, glycol, a mixture of water and glycol or non flammable synthetic oils.

Compliance is checked by inspection and test of 5.2.3.10.

NOTE Flammable coolants used in cooling *systems* are not covered by this standard.

4.7.2.3 Design requirements

4.7.2.3.1 General

The liquid containment *system* components shall be compatible with the liquid to be used.

Equipment using liquids shall be so constructed that it is unlikely that either a dangerous concentration of these materials or a hazard in the meaning of this standard will be created by condensation, vaporization, leakage, spillage or corrosion during normal operation, storage, filling or emptying.

Compliance is checked by inspection.

The flexible hoses should be made of material free of conductive contaminents such as carbon.

4.7.2.3.2 Corrosion resistance

All cooling *system* components shall be suitable for use with the specified coolant. They shall be corrosion resistant and shall not corrode as a result of prolonged exposure to the coolant and/or air.

Compliance is checked by inspection.

4.7.2.3.3 Tubing, joints and seals

Cooling *system* tubing, joints and seals shall be designed to prevent leakage during excursions of pressure over the life of the equipment. The entire cooling *system* including tubing shall satisfy the requirements of the hydrostatic pressure test of 5.2.7.

4.7.2.3.4 Provision for condensation

Where internal condensation occurs during normal operation or maintenance, measures shall be taken to prevent degradation of *insulation*. In those areas where such condensation is expected, clearance and creepage distances of Table 10 and Table 11 shall be evaluated at least for a pollution degree 3 environment (see Table 8), and provision shall be made to prevent accumulation of water (for example by providing a drain).

Compliance is checked by inspection.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

4.7.2.3.5 Leakage of coolant

Measures shall be taken to prevent leakage of coolant onto *live parts* as a result of normal operation, servicing, or loosening or detachment of hoses or other cooling *system* parts during the *expected lifetime*. If a pressure relief mechanism is provided, this shall be located so that there shall be no leakage of coolant onto *live parts* when it is activated.

During a leakage measures has to ensure that coolant will not result in wetting of *live parts* or electrical *insulation*.

Compliance is checked by inspection.

4.7.2.3.6 Loss of coolant

Loss of coolant from the cooling *system* shall not result in thermal hazards, explosion, or shock hazard. The requirements of the loss of coolant test of 5.2.4.9.4 shall be satisfied.

4.7.2.3.7 Conductivity of coolant

When the coolant is intentionally in contact with *live parts* (for example non-earthed heatsinks), the conductivity of the coolant shall be continuously monitored and controlled, in order to avoid hazardous current flow through the coolant.

4.7.2.3.8 *Insulation* requirements for coolant hoses

When the coolant is intentionally in contact with *live parts* (for example non-earthed heatsinks), the coolant hoses form a part of the *insulation system*. Depending on the location of the hoses, the requirements of 4.4.7 for *functional* or *simple* or *protective separation* shall be applied where relevant.

4.8 Equipment with multiple sources of supply

If equipment is provided with more than one supply connection (for example, with different voltages or frequencies or as backup power), the design shall be such that all of the following conditions are met:

- separate means of connection are provided for different circuits; and
- supply plug connections, if any, are not interchangeable if a hazard could be created by incorrect plugging; and
- hazards, within the meaning of this standard, shall not be present under normal or *single fault conditions* due to the presence of multiple sources of supply. Actions such as disconnection or de-energizing of a supply are considered a normal condition.

Compliance is checked by the evaluation of 4.2.

Information is to be provided with the equipment indicating the presence of multiple sources of supply and disconnection procedures (see 6.5.5).

Examples of the types of hazards that should be considered are:

a) Backfeed prevention – preventing voltage or energy available within the PECS or one of its sources from being fed back to any of the input terminals for another source, either directly or by a leakage path.

b) Protection against unintentional islanding.

c) Touch current levels may be higher with multiple sources connected simultaneously (if that is a normal condition for the equipment).

d) Hazard resulting from damage to one or more connected sources (for example, a generator) due to energy from another source, for example the mains.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

e) Damage to wiring due to currents higher than the wiring is designed for flowing from another source.

4.9 Protection against environmental stresses

The manufacturer has to specify the following service conditions for operation, storage and transportation:

- coolant temperature (min/max);
- ambient temperature (min/max);
- humidity (min/max);
- pollution degree;
- vibration;
- UV resistance;
- OVC (overvoltage category);
- altitude for thermal consideration, if rated for operation above 1 000 m;
- altitude for *insulation* coordination considerations, if rated for operation above 2 000 m.

NOTE Environmental categories as specified in the IEC 60721 series can be used where appropriate.

The manufacturer shall state the environmental service condition for the *PECS* according to Table 18.

Where the *PECS* complies with the requirements of this standard only at conditions higher than the minimum values or lower than the maximum values given in Table 18, then this shall be by agreement between the supplier and the customer. The specific conditions shall be identified in the operating manual and on the product as specified in 6.3.3.

Table 18 – Environmental service conditions

Condition	**Indoor conditioned** **IEC 60721-3-3**	**Indoor unconditioned** **IEC 60721-3-3**	**Outdoor unconditioned** **IEC 60721-3-4**
Climatic	**class 3K2** (Temperature: +15 °C to 30 °C) (Humidity: 10 to 75 % R.H. non-condensing)	**class 3K3** (Temperature: +5 °C to 40 °C) (Humidity: 5 to 85 % R.H. / non-condensing)	**class 4K6** (Temperature: -20 °C to 55 °C) (Humidity: 4 to100 % R.H. / condensing)
Pollution degree	**2**	**3**[b]	**4**[c]
Humidity condition of the skin	**dry**	**waterwet**[a]	**salt water wet**[a]
Chemically active substances	**class 3C1** (No salt mist)	**class 3C1** (No salt mist)	**class 4C2** (Salt mist)[a]
Mechanically active substances	**class 3S1** (No requirement)	**class 3S1** (No requirement)	**class 4S2** (Dust and sand)
Mechanical	**class 3M1** (Vibration: 1 m/s^2)	**class 3M1** (Vibration: 1 m/s^2)	**class 4M1** (Vibration: 1 m/s^2)
Biological	**class 3B1** (No requirement)	**class 3B1** (No requirement)	**class 4B2** (Mould/fungus/rodents/termites)

[a] Where it is ensured that the equipment will not be used in water wet or salt water wet condition, the manufacturer may choose to rate the equipment for a less severe condition. In this case the rating shall be indicated in the documentation, according to 6.3.3.

[b] Pollution degree 2 may be provided if the conditions in 4.4.7.1.2 are satisfied

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

[c] Pollution degree 2 or 3 may be provided if the *enclosure* provides sufficient protection against conductive pollution and the conditions in 4.4.7.1.2 are satisfied

Compliance is checked by test of 5.2.6.

4.10 Protection against sonic pressure hazards

4.10.1 General

The equipment shall provide protection against the effects of sonic pressure. Compliance tests are carried out if the equipment is likely to cause such hazards.

4.10.2 Sonic pressure and sound level

If equipment produces noise at a level which could cause a hazard, the noise shall be measured to determine the maximum sound pressure level which the equipment can produce (except that sounds from alarms are not included). If the measured sound pressure exceeds 70 dBA the documentation shall provide information regarding the sound level of the equipment.

Compliance is checked by inspection, measurement, and calculation of the maximum sound pressure level in accordance with ISO 3746 or ISO 9614-1.

4.11 Wiring and connections

4.11.1 General

The wiring and connections between parts of the equipment and within each part shall be protected from mechanical damage during installation. The *insulation*, conductors and routing of all wires of the equipment shall be suitable for the electrical, mechanical, thermal and environmental conditions of use. Conductors which are able to contact each other shall be provided with *insulation* rated for the *DVC* requirements of the relevant circuits.

The compliance with 4.11.2 to 4.11.8 shall be checked by inspection (see 5.2.1) of the overall construction and datasheets if applicable.

4.11.2 Routing

A hole through which insulated wires pass in a sheet metal wall within the *enclosure* of the equipment shall be provided with a smooth, well-rounded bushing or grommet or shall have smooth, well-rounded surfaces upon which the wires bear to reduce the risk of abrasion of the *insulation*.

Wires shall be routed away from sharp edges, screw threads, burrs, fins, moving parts, drawers, and similar parts, which abrade the wire *insulation*. The minimum bend radius specified by the wire manufacturer shall not be violated.

Clamps and guides, either metallic or non-metallic, used for routing stationary internal wiring shall be provided with smooth, well-rounded edges. The clamping action and bearing surface shall be such that abrasion, or deformation of the *insulation* does not occur. If a metal clamp is used for conductors having thermoplastic *insulation* less than 0,8 mm thick, non-conducting mechanical protection shall be provided.

4.11.3 Colour coding

Insulated conductors, other than those which are integral to ribbon cable or multi-cord signal cable, identified by the colour green with or without one or more yellow stripes shall only be used for *protective equipotential bonding*.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

NOTE The choice of green or green/yellow for the *protective equipotential bonding* is covered by national regulations.

4.11.4 Splices and connections

All splices and connections shall be mechanically secured and shall provide electrical continuity.

Electrical connections shall be soldered, welded, crimped, or otherwise securely connected. A soldered joint, other than a component on a PWB, shall additionally be mechanically secured.

NOTE Stranded wire should not be consolidated with solder where secured in a terminal that relies on pressure for contact or equivalent

When stranded internal wiring is connected to a wire-binding screw, the construction shall be such that loose strands of wire do not contact:

- other uninsulated *live parts* not always of the same potential as the wire;
- de-energized metal parts.

When screw terminal connections are used, the resulting connections may require routine maintenance (tightening). Appropriate reference shall be made in the maintenance manual (see 6.5.1).

4.11.5 Accessible connections

In addition to measures given in 4.4.6.4 it shall be ensured that neither insertion error nor polarity reversal of connectors can lead to a voltage on an accessible connection higher than the maximum of *DVC A*s. This applies for example to plug-in sub-assemblies or other plug-in devices which can be plugged in without the use of a tool or key or which are accessible without the use of a tool or key. This does not apply to equipment intended to be installed in *restricted access areas*.

If relevant, non-interchangeability and protection against polarity reversal of connectors, plugs and socket outlets shall be confirmed by inspection and trial insertion.

4.11.6 Interconnections between parts of the *PECS*

In addition to complying with the requirements given in 4.11.1 to 4.11.5, the means provided for the interconnection between parts of the *PECS* shall comply with the following requirements or those of 4.11.7.

Cable assemblies and flexible cords provided for interconnection between sections of equipment or between units of a *system* shall be suitable for the service or use involved. Cables shall be protected from physical damage as they leave the *enclosure* and shall be provided with mechanical strain relief.

Misalignment of male and female connectors, insertion of a multipin male connector in a female connector other than the one intended to receive it, and other manipulations of parts which are accessible to the operator shall not result in mechanical damage or a risk of thermal hazards, electric shock, or injury to persons.

When external interconnecting cables terminate in a plug which mates with a receptacle on the external surface of an *enclosure*, no risk of electric shock shall exist at accessible contacts of either the plug or receptacle when disconnected.

NOTE An interlock circuit in the cable to de-energize the accessible contacts whenever an end of the cable is disconnected meets the intent of these requirements.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

4.11.7 Supply connections

The connection points provided shall be of appropriate construction to preclude the possibility of loose strands reducing the spacing between conductors when careful attention is paid to installation.

See 6.3.6.4 for marking requirement and documentation.

4.11.8 Terminals

4.11.8.1 Construction requirements

All parts of terminals which maintain contact and carry current shall be of metal having adequate mechanical strength.

Terminal connections shall be such that the conductors can be connected by means of screws, springs or other equivalent means so as to ensure that the necessary contact pressure is maintained.

Terminals shall be so constructed that the conductors can be clamped between suitable surfaces without any significant damage either to conductors or terminals.

Terminals shall not allow the conductors to be displaced or be displaced themselves in a manner detrimental to the operation of equipment and the *insulation* shall not be reduced below the rated values.

The requirements of this subclause are met by using terminals complying with IEC 60947-7-1 or IEC 60947-7-2, as appropriate.

4.11.8.2 Connecting capacity

Terminals shall be provided which accommodate the conductors specified in the installation and maintenance manuals (see 6.3.6.4) and cables in accordance with the wiring rules applicable at the *installation*. The terminals shall meet the temperature rise test of 5.2.3.10.

Information regarding the permitted wire sizes shall be given in the installation manual.

Standard values of cross-section of round copper conductors are shown in Annex G, which also gives the approximate relationship between ISO metric and AWG/MCM sizes.

4.11.8.3 Connection

Terminals for connection to external conductors shall be readily accessible during installation.

Sets of terminals for connection to the same input or output shall be grouped together and shall be located in proximity to each other and to the main *protective earthing* terminal, if any. If the installation instructions provide detail on the proper earthing of the *system*, the *protective earthing* terminal need not be placed in proximity to the terminals.

Clamping screws and nuts shall not serve to fix any other component although they may hold the terminals in place or prevent them from turning.

4.11.8.4 Wire bending space for wires 10 mm^2 and greater

The distance between a terminal for connection to the main supply, or between major parts of the *PECS* (for example a transformer), and an obstruction toward which the wire is directed upon leaving the terminal shall be at least that specified in Table 19.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

Table 19 – Wire bending space from terminals to *enclosure*

Size of wire mm^2	Minimum bending space, terminal to *enclosure* mm		
	Wires per terminal		
	1	2	3
10 to 16	40	-	-
25	50	-	-
35	65	-	-
50	125	125	180
70	150	150	190
95	180	180	205
120	205	205	230
150	255	255	280
185	305	305	330
240	305	305	380
300	355	405	455
350	355	405	510
400	455	485	560
450	455	485	610

4.12 *Enclosures*

4.12.1 General

The following requirements are in addition to *enclosure* requirements given in other sections relating to specific hazards, for example electric shock hazard in 4.4 and fire hazard in 4.6.

Enclosures shall be suitable for use in their intended environments. The manufacturer shall specify the intended environment (see 6.3.3) and the IP rating of the *enclosure* (see 5.2.2.3 for test).

Equipment shall have adequate mechanical strength and shall be so constructed that no hazard occurs when subjected to handling as may be expected.

Mechanical strength tests are not required on an internal barrier, screen or the like, provided to meet the requirements of 4.6.3, if the *enclosure* provides mechanical protection.

An *enclosure* shall be sufficiently complete to contain or deflect parts which, because of failure or for other reasons, might become loose, separated or thrown from a moving part.

Compliance shall be checked by the relevant tests of 5.2.2.4 to 5.2.2.7 as specified. If the *enclosure* complies with the applicable thickness requirement of 4.12.3 or 4.12.4 the test in 5.2.2.4.2 and 5.2.2.4.3 can be waived.

For *open type* equipment the tests of 5.2.2.4 to 5.2.2.7 are not required.

4.12.2 Handles and manual controls

Handles, knobs, grips, levers and the like shall be reliably fixed so that they will not work loose in normal use, if this could result in a hazard. Sealing compounds and the like, other than self-hardening resins, shall not be used to prevent loosening. If handles, knobs and the like are

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

used to indicate the position of switches or similar components, it shall not be possible to fix them in a wrong position if this could result in a hazard.

Compliance shall be checked by inspection, and as applicable by the tests of 5.2.2.7.

4.12.3 Cast metal

Die-cast metal, except at threaded holes for conduit, where a minimum of 6,4 mm thickness is required, shall be:

- not less than 2,0 mm thick for an area larger than 155 cm^2 or having any dimension larger than 150 mm;
- not less than 1,2 mm thick for an area of 155 cm^2 or less and having no dimension larger than 150 mm.

The area under evaluation may be bounded by reinforcing ribs subdividing a larger area.

Malleable iron or permanent-mould cast aluminium, brass, bronze, or zinc, except at threaded holes for conduit, where a minimum of 6,4 mm thickness is required, shall be:

- at least 2,4 mm thick for an area greater than 155 cm^2 or having any dimension more than 150 mm;
- at least 1,5 mm thick for an area of 155 cm^2 or less having no dimension more than 150 mm.

A sand-cast metal *enclosure* shall be a minimum of 3,0 mm thick except at locations for threaded holes for conduit, where a minimum of 6,4 mm is required.

4.12.4 Sheet metal

The thickness of a sheet-metal *enclosure* at points to which a wiring *system* is to be connected shall be not less than 0,8 mm thick for uncoated steel, 0,9 mm thick for zinc-coated steel, and 1,2 mm thick for non-ferrous metal.

Enclosure thickness at points other than where a wiring *system* is to be connected shall be not less than that specified in Table 20 or Table 21.

With reference to Table 20 or Table 21, a supporting frame is a structure of angle or channel or folded section of sheet metal, which is attached to and has the same outside dimensions as the *enclosure* surface, and which has torsional rigidity to resist the bending moments that are applied by the *enclosure* surface when it is deflected. A structure which is as rigid as one built with a frame of angles or channels has equivalent reinforcing.

Constructions without supporting frame include:

- a single sheet with single formed flanges – formed edges;
- a single sheet which is corrugated or ribbed;
- an *enclosure* surface loosely attached to a frame, for example, with spring clips; and
- an *enclosure* surface having an unsupported edge.

See Figure 8 for supported and unsupported *enclosure* surfaces.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

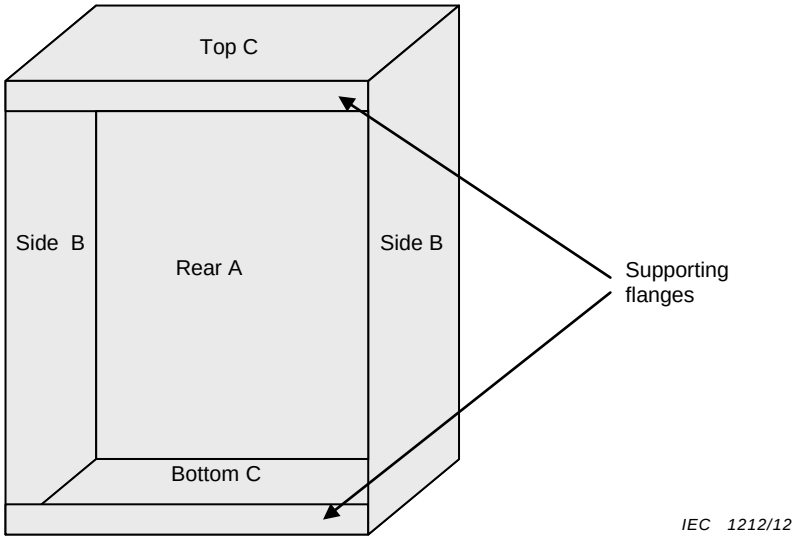


Figure 8 – Supported and unsupported *enclosure* parts

Each *enclosure* surface is evaluated individually based on the length and width dimensions. For each set of surface dimensions, A, B or C, the width is the smaller dimension regardless of its orientation to other surfaces. In Table 20 and Table 21, there are two sets of dimensions that correspond to a single metal thickness requirement and the following describes the applicable procedure for determining the minimum metal thickness for each surface.

For a supported surface, all of the table dimensions, including the “not limited” lengths, are able to be applied. The rear surface “A”, top and bottom surfaces “C”, are supported either by adjacent surfaces of the *enclosure* or by a 12,7 mm (1/2 inch) wide flange. To determine required metal thickness for supported surfaces, the width is to be measured and compared with the table value in the maximum width column that is equal to or greater than the measured width. When the corresponding length in the maximum length column is “not limited”, the minimum thickness in the far right column is to be used. When the corresponding length in the maximum length column is a numerical value, and the measured length of the side does not exceed this value, the minimum thickness from the far right column is to be used. When the measured length of the side exceeds the numerical value, the next line in the Table 20 and Table 21 is to be used.

For an unsupported surface, only the table dimensions that include a specific length requirement are applied. The dimensions with a “not limited” length do not apply. The front edge of the left and right surfaces “B”, are not supported by an adjacent surface or by a flange. To determine the required metal thickness for unsupported surfaces, the length is to be measured and compared with the table value in the maximum length column that is not less than the measured length, ignoring the “not limited” entries. When the corresponding width in the maximum width column is not less than the measured width, the minimum thickness from the far right column is to be used. When the measured width of the surface exceeds the value in the maximum width column, the next line in the Table 20 and Table 21 is to be used.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

Table 20 – Thickness of sheet metal for *enclosures*: carbon steel or stainless steel

Without supporting frame [a]		With supporting frame [a]		Minimum thickness
Maximum width mm [b]	Maximum length mm [c]	Maximum width mm [c]	Maximum length mm [c]	mm
100	Not limited	160	Not limited	0,6 [d]
120	150	170	210	
150	Not limited	240	Not limited	0,75 [d]
180	220	250	320	
200	Not limited	310	Not limited	0,9
230	290	330	410	
320	Not limited	500	Not limited	1,2
350	460	530	640	
460	Not limited	690	Not limited	1,4
510	640	740	910	
560	Not limited	840	Not limited	1,5
640	790	890	1 090	
640	Not limited	990	Not limited	1,8
740	910	1 040	1 300	
840	Not limited	1 300	Not limited	2,0
970	1 200	1 370	1 680	
1 070	Not limited	1 630	Not limited	2,5
1 200	1 500	1 730	2 130	
1 320	Not limited	2 030	Not limited	2,8
1 520	1 880	2 130	2 620	
1 600	Not limited	2 460	Not limited	3,0
1 850	2 290	2 620	3 230	

[a] See 4.12.4.

[b] The width is the smaller dimension of a rectangular piece of sheet metal which is part of an *enclosure*. Adjacent surfaces of an *enclosure* are able to have supports in common and be made of a single sheet.

[c] Not limited applies only when the edge of the surface is flanged at least 12,7 mm or fastened to adjacent surfaces not normally removed in use.

[d] Sheet steel for an *enclosure* intended for outdoor use should be not less than 0,86 mm thick.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Table 21 – Thickness of sheet metal for *enclosures*: aluminium, copper or brass

Without supporting frame [a]		With supporting frame [a]		Minimum thickness
Maximum width, mm [b]	Maximum length, mm [c]	Maximum width, mm [b]	Maximum length, mm [c]	mm
75	Not limited	180	Not limited	0,6 [d]
90	100	220	240	
100	Not limited	250	Not limited	0,75
125	150	270	340	
150	Not limited	360	Not limited	0,9
165	200	380	460	
200	Not limited	480	Not limited	1,2
240	300	530	640	
300	Not limited	710	Not limited	1,5
350	400	760	950	
450	Not limited	1 100	Not limited	2,0
510	640	1 150	1 400	
640	Not limited	1 500	Not limited	2,4
740	1 000	1 600	2 000	
940	Not limited	2 200	Not limited	3,0
1 100	1 350	2 400	2 900	
1 300	Not limited	3 100	Not limited	3,9
1 500	1 900	3 300	4 100	

[a] See 4.12.4.

[b] The width is the smaller dimension of a rectangular piece of sheet metal which is part of an *enclosure*. Adjacent surfaces of an *enclosure* are able to have supports in common and be made of a single sheet.

[c] Not limited applies only when the edge of the surface is flanged at least 12,7 mm or fastened to adjacent surfaces not normally removed in use.

[d] Sheet aluminium, copper or brass for an *enclosure* intended for outdoor use should be not less than 0,74 mm thick.

4.12.5 Stability test for *enclosure*

Under conditions of normal use, units and equipment shall not become physically unstable to the degree that they could become a hazard to an operator or to a service person.

If units are designed to be fixed together on site and not used individually, the stability of each individual unit is exempt from the requirements of 4.12.5.

The requirements of 4.12.5 are not applicable if the installation instructions for a unit specify that the equipment is to be secured to the building structure before operation.

Under conditions of operator use, a stabilizing means, if needed, shall be automatic in operation when drawers, doors, etc., are opened.

During operations performed by a service person, the stabilizing means, if needed, shall either be automatic in operation, or a marking shall be provided to instruct the service person to deploy the stabilizing means.

Compliance is checked by test of 5.2.2.5.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

5 Test requirements

5.1 General

5.1.1 Test objectives and classification

Testing, as defined in this Clause 5, is required to demonstrate that *PECS* is fully in accordance with the requirements of this standard. Testing may be waived if permitted by the relevant requirements subclause of Clause 4.

The subclauses in this Clause 5 describe the procedures to be adopted for the testing of *PECS*. The tests are classified as:

- type tests;
- routine tests;
- sample tests.

The manufacturer and/or test house shall ensure that the specified maximum and/or minimum environment (or test) values are imposed, taking tolerances and measurement uncertainties fully into account.

WARNING! These tests can result in hazardous situations. Suitable precautions shall be taken to avoid injury.

5.1.2 Selection of test samples

When testing a range or series of similar products, it may not be necessary to test all models in the range. Each test should be performed on a model or models having mechanical and electrical characteristics that adequately represent the entire range for that particular test.

NOTE For example, tests on *enclosures* of the same material but different sizes can be represented by a single *enclosure* but tests on power components that are different ratings often cannot be represented by testing on one particular model.

5.1.3 Sequence of tests

In general, there is no requirement for tests to be performed in a set sequence, nor is it required that they are all performed on the same sample of equipment. However, the pass criteria for some of the tests require that they are followed by one or more further tests.

5.1.4 Earthing conditions

Test requirements shall be determined using the worst-case (most stressful) *system* earthing allowed by the manufacturer. *System*s earthing may include:

- neutral to earth;
- line to earth;
- neutral to earth through high impedance;
- isolated (not earthed).

5.1.5 General conditions for tests

5.1.5.1 Application of tests

Unless otherwise stated, upon conclusion of the tests, the equipment need not be operational.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

5.1.5.2 Test samples

Unless otherwise specified, the sample or samples under test shall be representative of the equipment the user would receive, or shall be the actual equipment ready for shipment to the user.

As an alternative to carrying out tests on the complete equipment, tests may be conducted separately on circuits, components or sub-assemblies outside the equipment, provided that inspection of the equipment and circuit arrangements indicates that the results of such testing will be representative of the results of testing the assembled equipment. If any such test indicates a likelihood of non-conformance in the complete equipment, the test shall be repeated in the equipment.

Where in this standard compliance of materials, components or sub-assemblies is checked by inspection or by testing of properties, it is permitted to confirm compliance by reviewing any relevant data or previous test results that are available instead of carrying out the specified *type tests*. See also 4.1

5.1.5.3 Operating parameters for tests

Except where specific test conditions are stated elsewhere in the standard and where it is clear that there is a significant impact on the results of the test, the tests shall be conducted under the most unfavourable combination within the manufacturer's operating specifications of the following parameters:

- supply voltage;
- supply frequency;
- operating temperature taking derating and cooling control characteristic into account;
- physical location of equipment and position of movable parts;
- operating mode;
- load conditions;
- adjustment of thermostats, regulating devices or similar controls in *restricted access area*, which are:
  - adjustable without the use of a tool or key; or
  - adjustable using a means, such as a key or a tool, deliberately provided for the operator.

NOTE In determining the most unfavourable frequency for the power to energize the equipment under test, different rated frequencies within the rated frequency range should be taken into account (for example, 50 Hz and 60 Hz) but consideration of the tolerance on a rated frequency (for example, 50 Hz ± 0,5 Hz) is not normally necessary.

5.1.6 Compliance

Compliance with this standard shall be verified by carrying out the appropriate tests specified in this Clause 5.

Compliance may only be claimed if all relevant tests have been passed.

Compliance with construction requirements and information to be provided by the manufacturer shall be verified by suitable examination, visual inspection, and/or measurement.

Whenever design or component changes have potential impact upon compliance, new *type testing* shall be performed to confirm compliance. It is desirable that the modified product should be identified, for example by using a suitable date code or serial number as described in 6.2.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

5.1.7 Test overview

Table 22 provides an overview of the *type*, *routine* and *sample testing* of electronic components, equipment and *PECS*.

Table 22 – Test overview

Test	*Type*	*Routine*	*Sample*	Requirement(s)	Specification
Visual inspection	X	X			5.2.1
Mechanical tests					5.2.2
Clearance and creepage distances test	X			4.4.7.1, 4.4.7.5	5.2.2.1
Non-accessibility test	X			4.4.3.3, 4.5.1.1, 4.6.3.3.2	5.2.2.2
Ingress protection test (IP rating)	X			4.12.1	5.2.2.3
Enclosure integrity test	X			4.12.1	5.2.2.4
Deflection test	X			4.12.1	5.2.2.4.2
Steady force test, 30N	X			4.12.1	5.2.2.4.2.2
Steady force test, 250N	X			4.12.1	5.2.2.4.2.3
Impact test	X			4.12.1	5.2.2.4.3
Drop test	X			4.12.1	5.2.2.4.4
Stress relief test	X			4.12.1	5.2.2.4.5
Stability test	X			4.12.1	5.2.2.5
Wall or ceiling mounted equipment test	X			4.12.1	5.2.2.6
Handles and manual control securement test	X			4.12.1	5.2.2.7
Electrical tests				4.4.7.10	5.2.3
Impulse voltage test	X		X	4.4.3.2, 4.4.5.4, 4.4.7.1, 4.4.7.10.1, 4.4.7.10.2, 4.4.7.8.3	5.2.3.2
a.c. or d.c. voltage test	X	X		4.4.3.2, 4.4.5.4, 4.4.7.1, 4.4.7.10.1, 4.4.7.10.2, 4.4.7.8.4.2	5.2.3.4
Partial discharge test	X		X	4.4.7.1, 4.4.7.10.2, 4.4.7.8.3	5.2.3.5
Protective impedance test	X	X		4.4.5.4	5.2.3.6
Touch current measurement test	X			4.4.4.3.3	5.2.3.7
Capacitor discharge test	X			4.4.9	5.2.3.8
Limited power source test	X			4.5.1.2, 4.6.5	5.2.3.9
Temperature rise test	X			4.6.4	5.2.3.10
Protective equipotential bonding test	X	X		4.4.4.2.2	5.2.3.11
Abnormal operation tests				4.2	5.2.4
Output Short circuit test	X			4.3	5.2.4.4
Output overload test	X			4.3	5.2.4.5
Breakdown of components test	X			4.2	5.2.4.6
PWB short circuit test	X			4.4.7.7	5.2.4.7
Loss of phase test	X			4.2	5.2.4.8
Cooling failure tests	X			4.2, 4.7.2.3.6	5.2.4.9
Inoperative blower test	X			4.2	5.2.4.9.2
Clogged filter test	X			4.2	5.2.4.9.3
Loss of coolant test	X			4.7.2.3.6	5.2.4.9.4

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Table 22 *(continued)*

Test	*Type*	*Routine*	*Sample*	Requirement(s)	Specification
Material tests					5.2.5
High current arcing ignition test	X			4.4.7.8.2	5.2.5.2
Glow-wire test	X			4.4.7.8.2	5.2.5.3
Hot wire ignition test	X			4.4.7.8.2	5.2.5.4
Flammability test	X			4.6.3	5.2.5.5
Flaming oil test	X			4.6.3.3.3	5.2.5.6
Cemented joints test	X			4.4.7.9	5.2.5.7
Environmental tests	X			4.9	5.2.6
Dry heat test	X			4.9	5.2.6.3.1
Damp heat test	X			4.9	5.2.6.3.2
Vibration test	X			4.9	5.2.6.4
Salt mist test	X			4.9	5.2.6.5
Dust and sand test	X			4.9	5.2.6.6
Hydrostatic pressure test	X	X		4.7.2.3.3	5.2.7

5.2 Test specifications

5.2.1 Visual inspections (*type test*, *sample test* and *routine test*)

Visual inspections shall be made:

- as *routine tests*, to check features such as adequacy of labelling, warnings and other safety aspects;
- as acceptance criteria of individual *type tests*, *sample tests* or *routine tests*, to verify that the requirements of this standard have been met.

Routine inspections may be part of the production or assembly process.

Before *type testing*, a check shall be made that the *PECS* delivered for the test is as expected with respect to supply voltage, input and output ranges, etc.

5.2.2 Mechanical tests

5.2.2.1 Clearances and creepage distances test (*type test*)

It shall be verified by measurement or visual inspection that the clearance and creepage distances comply with 4.4.7.4 and 4.4.7.5. See Annex D for measurement examples. Where this verification is impossible to perform, an impulse voltage test (see 5.2.3.2) shall be performed between the considered circuits.

5.2.2.2 Non-accessibility test (*type test*)

This test is intended to show that *live parts*, protected by means of *enclosures* or barriers in compliance with 4.4.3.3, are not accessible.

This test shall be performed as a *type test* of the *enclosure* of a *PECS* as specified in IEC 60529 for the *enclosure* classification for protection against access to hazardous parts. Except as noted below:

- the test probe for IP3X (2,5 mm Ø) shall not penetrate the top surface of the *enclosure* when probed from the vertical direction ±5 ° only.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

The test probes are reproduced in Annex M for convenience.

5.2.2.3 Ingress protection test (IP rating) (*type test*)

The claimed IP rating of the *enclosure* shall be verified. This test shall be performed as a *type test* of the *enclosure* of a *PECS* as specified in IEC 60529 for the *enclosure* classification.

5.2.2.4 *Enclosure* integrity test (*type test*)

5.2.2.4.1 General

The integrity tests apply to *PECS*, and also where *PECS* are intended for operation without a further *enclosure* in *restricted access areas*. After completion of the integrity test, the *PECS* shall pass the tests of 5.2.3.2 and 5.2.3.4 and shall be inspected to confirm that:

- no degradation of any safety-relevant component of the *PECS* has occured*;*
- *hazardous live parts* have not become accessible (see 4.4.3.3);
- *enclosures* show no cracks or openings which could cause a hazard;
- clearances are not less than their minimum permitted values and other *insulation* is undamaged;
- barriers have not been damaged or loosened;
- no moving parts which could cause a hazard are exposed.

The integrity tests shall be performed at the worst case point on representative accessible face(s) of the *enclosure*.

The *PECS* is not required to be operational after testing and the *enclosure* may be deformed to such an extent that its original IP rating is not maintained.

5.2.2.4.2 Deflection test (*type test*)

5.2.2.4.2.1 General

If requested by 4.12.1 the test in 5.2.2.4.2.2 and 5.2.2.4.2.3 applies, for metallic *enclosure*, as applicable.

The *enclosure* shall be held firmly against a rigid support.

The tests are not applied to handles, levers, knobs or to transparent or translucent covers of indicating or measuring devices, unless parts at hazardous voltage are accessible by means of the test finger (Figure 2, test probe B of IEC 61032:1997) if the handle, lever, knob or cover is removed.

During the tests of 5.2.2.4.2.2 and 5.2.2.4.2.3, earthed or unearthed conductive *enclosures* shall not reduce clearance and creepage distances required for *basic insulation* or withstand the impulse voltage test in 5.2.3.2.

5.2.2.4.2.2 Steady force test, 30 N

Parts of an *enclosure* located in an *restricted access area*, which are protected by a cover or door meeting the requirements of 5.2.2.4.2.3, are subjected to a steady force of 30 N ± 3 N for a period of 5 s, applied by means of a straight unjointed version of the test finger (Figure 2, test probe B of IEC 61032:1997), to the part on or within the equipment.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

5.2.2.4.2.3 Steady force test, 250 N

External *enclosures* are subjected to a steady force of 250 N ± 10 N for a period of 5 s, applied in turn to the top, bottom and sides of the *enclosure* fitted to the equipment, by means of a suitable test tool providing contact over a circular plane surface 30 mm in diameter. However, this test is not applied to the bottom of an *enclosure* of equipment having a mass of more than 18 kg or to surfaces that are mounted to a wall.

For surfaces neither horizontal nor vertical, test shall be performed by tilting the equipment in a suitable way so that the surface is either horizontal or vertical.

5.2.2.4.3 Impact test (*type test*)

External polymeric surfaces of *enclosures*, the failure of which would give access to hazardous parts, are tested as follows.

A sample consisting of the complete *enclosure*, or a portion thereof representing the largest unreinforced area, is supported in its normal position. A solid smooth steel ball, approximately 50 mm in diameter and with a mass of 500 g ± 25 g, is permitted to fall freely from rest through a vertical distance (H) of 1,3 m (see Figure 9) onto the sample. Vertical surfaces are exempt from this test.

In addition, the steel ball is suspended by a cord and swung as a pendulum in order to apply a horizontal impact, dropping through a vertical distance (H) of 1,3 m (see Figure 9) onto the sample. Horizontal surfaces are exempt from this test. Alternatively, the sample is rotated 90° about each of its horizontal axes and the ball dropped as in the vertical impact test.

The test is not applied to flat panel displays or to the platen glass of equipment.

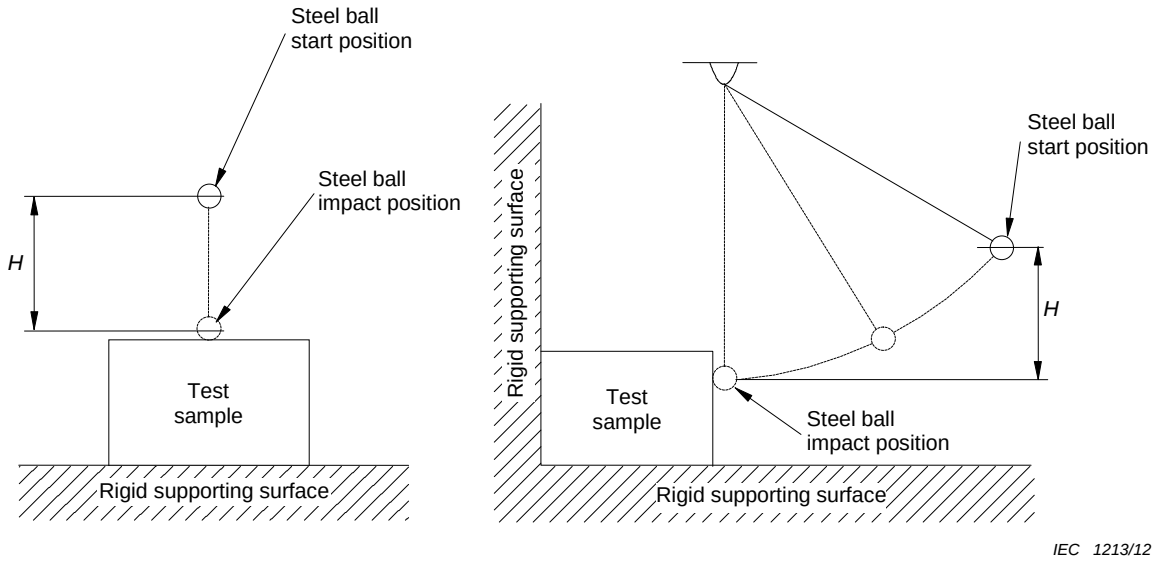


Figure 9 – Impact test using a steel ball

5.2.2.4.4 Drop test

Plugable hand-held, direct plug-in and transportable equipment with mass of 18 kg or less is subjected to the following test.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

A sample of the complete equipment is subjected to three impacts that result from being dropped onto a sufficiently rigid horizontal surface in positions likely to produce the most adverse results.

The height of the drop shall be 1 000 mm.

5.2.2.4.5 Stress relief test

Enclosures of moulded or formed thermoplastic materials shall be so constructed that any shrinkage or distortion of the material due to release of internal stresses caused by the moulding or forming operation does not result in the exposure of hazardous parts or in the reduction of creepage distances or clearances below the minimum required.

Compliance shall be checked by the test procedure described below or by the inspection of the construction and the available data where appropriate.

One sample consisting of the complete equipment, or of the complete *enclosure* together with any supporting framework, is placed in a circulating air oven (according to IEC 60216-4-1) at a temperature 10 K higher than the maximum temperature of the *enclosure* during the test of 5.2.3.10, but not less than 70 °C, for a period of 7 h, then permitted to cool at room temperature.

With the concurrence of the manufacturer, it is permitted to increase the above time duration. For large equipment where it is impractical to condition a complete *enclosure*, it is permitted to use a portion of the *enclosure* representative of the complete assembly with regard to thickness and shape, including any mechanical support members.

5.2.2.5 Stability test

To prove the stability of the equipment the following tests shall be carried out, where relevant. Each test is carried out separately. During the tests, reservoirs are to contain the amount of liquid within their rated capacity producing the most disadvantageous condition. All castors and jacks, if used in normal operation, are placed in their most unfavourable position, with wheels and the like locked or blocked. However, if the castors are intended only to transport the unit, and if the installation instructions require jacks to be lowered after installation, then the jacks (and not the castors) are used in this test; the jacks are placed in their most unfavourable position, consistent with reasonable leveling of the unit.

A unit having a mass of 7 kg or more shall not fall over when tilted to an angle of 10° from its normal upright position. Doors, drawers, etc., are closed during this test. A unit provided with multi-positional features shall be tested in the least favourable position permitted by the construction.

A floor-standing unit having a mass of 25 kg or more shall not fall over when a force equal to 20 % of the weight of the unit, but not more than 250 N, is applied in any direction except upwards, at a height not exceeding 2 m from the floor. Doors, drawers, etc., which may be moved for servicing by the operator or by a service person, are placed in their most unfavourable position, consistent with the installation instructions.

A floor-standing unit shall not fall over when a constant downward force of 800 N is applied at the point of maximum moment to any horizontal surface of at least 12,5 cm by at least 20 cm, at a height up to 1 m from the floor. Doors, drawers, etc., are closed during this test. The 800 N force is applied by means of a suitable test tool having a flat surface of approximately 12,5 cm by 20 cm. The downward force is applied with the complete flat surface of the test tool in contact with the equipment under test; the test tool need not be in full contact with uneven surfaces (for example, corrugated or curved surfaces).

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

5.2.2.6 Wall or ceiling mounted equipment test

The equipment is mounted in accordance with the manufacturer's instructions. A force in addition to the weight of the equipment is applied downwards through the geometric centre of the equipment, for 1 min. The additional force shall be equal to three times the weight of the equipment but not less than 50 N. The equipment and its associated mounting means shall remain secure during the test.

5.2.2.7 Handles and manual controls securement test

Handles and manual controls shall be tested by manual test and by trying to remove the handle, knob, grip or lever by applying for 1 min an axial force as shown in Table 23.

Table 23 – Pull values for handles and manual control securement

	Axial pull unlikely N			Axial pull likely N		
Intented for operation by	Fingers	1 hand	2 hands	Fingers	1 hand	2 hands
Operating means of components[a]	15	100	200	30	150	300
Other	20	150	300	50	200	450
[a] Handles, knobs, grips levers and the like intented to operate components, such as valve controls, electrical switch handles etc.						

Under the tests above the handles, knobs, grips levers and the like shall remain fixed to the equipment as intended.

5.2.3 Electrical tests

5.2.3.1 General

The electrical tests described in 5.2.3.2 to 5.2.3.5 are applicable to *basic*, *supplementary* and *reinforced insulation*. Before performing these tests, preconditioning according to 5.2.6.3.1 and 5.2.6.3.2 is required.

When performing electrical and preconditioning tests, the preferred procedure is to test the entire equipment; however it is acceptable to test the components or sub-assemblies providing the *basic* and *reinforced insulation*. When components or sub-assemblies are tested, test conditions shall simulate the least favourable conditions occurring inside the equipment at the place of *installation*.

5.2.3.2 Impulse voltage test (*type test* and *sample test*)

The impulse voltage test is performed with a voltage having a 1,2/50 μs waveform (see 6.1 and 6.2 of IEC 61180-1:1992) and is intended to simulate overvoltages of atmospheric origin. It also covers overvoltages due to switching of equipment. See Table 24 for conditions of the impulse voltage test.

Tests on clearances smaller than required by 4.4.7.4 and test on solid *insulation* required by 4.4.7.8 are performed as *type tests* using appropriate voltages from Table 25.

Tests on components and devices for *protective separation* are performed as a *type test* and a *sample test* before they are assembled into the *PECS*, using the impulse withstand voltages listed in column 3 or column 5 of Table 25.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

To ensure that *surge protective devices* (see 4.4.7.2.2, 4.4.7.2.3, 4.4.7.3) are able to reduce the overvoltage, the values of column 2 or column 4 in Table 25, are applied to the *PECS* as a *type test*. The measured peak voltage shall not exceed the next lower voltage value of the same column of that table.

If it is necessary to test a clearance that has been designed according to 4.4.7.4.1 for altitudes between 2 000 m and 20 000 m (using Table A.2 of IEC 60664-1:2007, which is reproduced as Table E.1) or test a clearance designed according to 4.4.7.11 for frequencies above 30 kHz, the appropriate test voltage may be determined from the clearance distance, using Table 10 in reverse.

Table 24 – Impulse voltage test

<table>
<tr><th>Subject</th><th colspan="2">Test conditions</th></tr>
<tr><td>Test reference</td><td colspan="2">IEC 61180-1:1992, 6.1. and 6.2; IEC 60664-1:2007: 6.1.3.3 1</td></tr>
<tr><td>Requirement reference</td><td colspan="2">According to 4.4.3.2, 4.4.5.4 and 4.4.7</td></tr>
<tr><td>Preconditioning</td><td colspan="2">Precondition according to 5.2.3.1

Live parts belonging to the same circuit shall be connected together. Protective impedances may be disconnected unless required to be tested. Impulse voltage to be applied: 1) between circuit under test and the surroundings; and 2) between circuits to be tested. Power is not applied to circuits under test.</td></tr>
<tr><td>Initial measurement</td><td colspan="2">According to specification of PECS, component, or device.</td></tr>
<tr><td>Test equipment</td><td colspan="2">Impulse generator 1,2/50 μs with an output impedance not higher than:
• 2 Ω for surge protective devices;
• 2 Ω for testing clearances, solid insulation and components. A higher impedance, but not more than 500 Ω, may be chosen, if the impulse voltage is verified at the object under test.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Measurement and verification</td><td>a)</td><td>b)</td></tr>
<tr><td>Clearances smaller than required by Table 10

Clearances reduced by surge protective device or by circuit characteristics

Solid basic or supplementary insulation</td><td>Components and devices for protective separation

Solid reinforced insulation</td></tr>
<tr><td colspan="2">Three pulses 1,2/50 μs of each polarity in ≥ 1 s interval, peak voltage (±5 %) according to:</td></tr>
<tr><td>Test voltage</td><td>Column 2 or column 4 of Table 25</td><td>Column 3 or column 5 of Table 25</td></tr>
<tr><td>Altitude correction</td><td colspan="2">When the test is carried out on a clearance at an altitude less than 2 000 m, the test voltage shall be increased according to Table F.5, 6.1.2.2.1.1, of IEC 60664-1:2007, which is reproduced as Table E.2 in this standard.

The altitude correction factor does not apply to impulse voltage testing on solid insulation according to 6.1.3.3.1 of IEC 60664-1:2007.</td></tr>
</table>

The impulse voltage test is successfully passed if no puncture of *insulation*, flashover, or sparkover occurs. In the case of components and devices which use solid *insulation* for *protective separation*, a subsequent partial discharge test (see 5.2.3.5) shall also be passed.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Table 25 – Impulse test voltage

Column 1	2	3	4	5
System voltage **(see 4.4.7.1.6)**	**Impulse withstand voltage for *insulation* between circuits connected to *non-mains supply* and their surroundings according to overvoltage category II**		**Impulse withstand voltage for *insulation* between circuits connected to *mains supply* and their surroundings according to overvoltage category III**	
	Basic or supplementary	**Reinforced**	**Basic or supplementary**	**Reinforced**
V	V	V	V	V
≤ 50	500	800	800	1 500
100	800	1 500	1 500	2 500
150	1 500	2 500	2 500	4 000
300	2 500	4 000	4 000	6 000
600	4 000	6 000	6 000	8 000
1 000	6 000	8 000	8 000	12 000
-	Interpolation is permitted		Interpolation is not permitted	
NOTE 1 Test voltages for overvoltage categories I and III can be derived in a similar way from Table 9.				
NOTE 2 Test voltages for overvoltage categories II and IV can be derived in a similar way from Table 9.				

5.2.3.3 Alternative to impulse voltage test (*type test* and *sample test*)

An a.c. or d.c. voltage test according to 5.2.3.4 may be used as an alternative method to the impulse voltage test of 5.2.3.2.

For an a.c. voltage test the peak value of the a.c. test voltage shall be equal to the impulse test voltage of Table 25 and applied for three cycles of the a.c. test voltage.

For a d.c. voltage test the average value of the d.c. test voltage shall be equal to the impulse test voltage of Table 25 and applied three times for 10 ms in each polarity.

See IEC 60664-1:2007, 6.1.2.2.2, for further information.

5.2.3.4 AC or d.c. voltage test (*type test* and *routine test*)

5.2.3.4.1 Purpose of test

The test is used to verify that the clearances and solid *insulation* of components and assembled *PECS* have adequate dielectric strength to resist *temporary overvoltage* conditions.

5.2.3.4.2 Value and type of test voltage

The values of the test voltage for circuits connected to *mains supply* are determined from column 2 or 3 of Table 26.

The test voltage from column 2 is used for testing circuits with *basic insulation*.

Between circuits with *protective separation* (*double* or *reinforced insulation*), the test voltage of column 3 shall be applied for *type tests*. For *routine tests* between circuits with *protective separation* the values from column 2 shall be applied to prevent damage to the *solid insulation* by partial discharge.

The values of column 3 shall apply to *PECS* with *enhanced protection* according to 4.4.3.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

For circuits connected to *non-mains supply* the test voltage shall be:

- For *type testing* circuits with *simple separation*, and for all *routine testing*: the *temporary overvoltage* (a.c. r.m.s. or d.c.) as determined in 4.4.7.2.3.
- For *type testing* circuits with *protective separation*, and between circuits and accessible surfaces (non-conductive or conductive but not connected to protective earth, *protective class II* according to 4.4.6.3): twice the *temporary overvoltage* (a.c. r.m.s. or d.c.) as determined in 4.4.7.2.3.

For *non-mains* circuits, where *temporary overvoltages* are not present, the test voltages are determined from Table 27, based on the *working voltage*.

The test is performed between circuits and accessible surfaces of *PECS*, which are non-conductive or which are conductive but not connected to the *PE conductor*.

The voltage test shall be performed with a sinusoidal voltage at 50 Hz or 60 Hz. If the circuit contains capacitors the test may be performed with a d.c. voltage of a value equal to the peak value of the specified a.c. voltage.

Table 26 – AC or d.c. test voltage for circuits connected directly to *mains supply*

Column 1 ***System voltage*** **(see 4.4.7.1.6)**	**2** **Voltage for *type testing* circuits with *simple separation*, and for all *routine testing***		**3** [b] **Voltage for *type testing* circuits with *protective separation*, and between circuits and accessible surfaces (non-conductive or conductive but not connected to protective earth, *protective class II* according to 4.4.6.3)**	
	a.c. r.m.s. [a]	**d.c.**	**a.c. r.m.s.**	**d.c.**
V	V	V	V	V
≤ 50	1 250	1 770	2 500	3 540
100	1 300	1 840	2 600	3 680
150	1 350	1 910	2 700	3 820
300	1 500	2 120	3 000	4 240
600	1 800	2 550	3 600	5 090
1 000	2 200	3 110	4 400	6 220
Interpolation is permitted.				

[a] Corresponding to 1 200 V + *system voltage*.

[b] A voltage source with a short circuit current of at least 0,1 A according to 5.2.2.2 of IEC 61180-1:1992 is used for this test.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Table 27 – A.c. or d.c. test voltage for circuits connected to *non-mains supply* without *temporary overvoltage*s

Column 1 ***Working voltage*** **(recurring peak) (see 4.4.7.1.6.2)** V	2 [a] **Voltage for *type testing* circuits with *simple separation*, and for all *routine testing*** **a.c. r.m.s.** V	 **d.c.** V	3 [a] **Voltage for *type testing* circuits with *protective separation,* and between circuits and accessible surfaces (non-conductive or conductive but not connected to protective earth, *protective class II* according to 4.4.6.3)** **a.c. r.m.s.** V	 **d.c.** V
≤71	80	110	160	220
141	160	225	320	450
212	240	340	480	680
330	380	530	760	1 100
440	500	700	1 000	1 400
600	680	960	1 400	1 900
1 000	1 100	1 600	2 200	3 200
1 600	1 800	2 600	2 900	4 200
2 300	2 600	3 700	4 200	5 900
3 000	3 400	4 800	5 400	7 700
4 600	5 200	7 400	8 300	11 800
7 600	8 500	12 000	14 000	19 000
16 000	18 000	26 000	29 000	42 000
23 000	26 000	37 000	42 000	59 000
30 000	34 000	48 000	54 000	77 000
38 000	43 000	61 000	69 000	98 000
50 000	57 000	80 000	91 000	130 000
60 000	70 000	99 000	109 000	154 000
Interpolation is permitted. NOTE Test voltages in this table are based upon 80 % of the withstand voltage for the corresponding clearance of Table 10 as provided by Table A.1 of IEC 60664-1:2007.				
[a] A voltage source with a short circuit current of at least 0,1 A according to 5.2.2.2 of IEC 61180-1:1992 is used for this test.				

Routine tests are performed to verify that clearances have not been reduced during the manufacturing operations. Protective devices designed to reduce impulse voltages on the circuits under test (see 4.4.7.2.2 and 4.4.7.2.3), and circuits belonging to monitoring or protection circuits, not designed to sustain the test overvoltage for the duration of the test, shall be disconnected in order to avoid damage and to ensure that the test voltage can be applied without a false indication of failure.

5.2.3.4.3 Performing the voltage test

The test shall be applied as follows, according to Figure 10:

a) Test (1) between accessible conductive part (connected to earth) and each circuit sequentially (except *DVC As* circuits). Test voltage according to Table 26, or Table 27, column 2, corresponding to voltage of considered circuit under test.

   Test (2) between accessible surface (non conductive or conductive but not connected to earth) and each circuit sequentially (except *DVC As* circuits). Test voltage according to Table 26 or Table 27, column 3 (for *type test*) or column 2 (for *routine test*), corresponding to voltage of considered circuit under test.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

b) Test between each considered circuit sequentially and the other *adjacent circuits* connected together. Test voltage according to Table 26 or Table 27, column 2, corresponding to voltage of considered circuit under test.

c) Test between *DVC As* circuit and each *adjacent circuit* sequentially. Test voltage according to Table 26 or Table 27, column 3 (for *type test*) or column 2 (for *routine test*), corresponding to the circuit with the higher voltage. Either the *adjacent circuit* or the *DVC As* circuit may be earthed for this test. It is necessary to test *basic insulation* between *PELV* and *SELV circuits*, but it is not necessary to test *functional insulation* between *adjacent PELV* or *adjacent SELV circuits*.

Because *PELV / SELV circuits* and circuits of *DVC C* are typically separated from chassis (earth) by *basic insulation*, it is typically impossible to test *double* or *reinforced insulation* separating low-voltage circuits from high-voltage circuits in a fully-assembled *PECS* without overstressing the *basic insulation*. Because of this, it may be necessary to disassemble the *PECS*, or it may not be possible to perform *type tests* of protective *insulation* at voltages according to column 3 of Table 26 to Table 27. In these cases the *type test* of *insulation* used for *protective separation* shall be performed at voltages according to column 2 of the appropriate table.

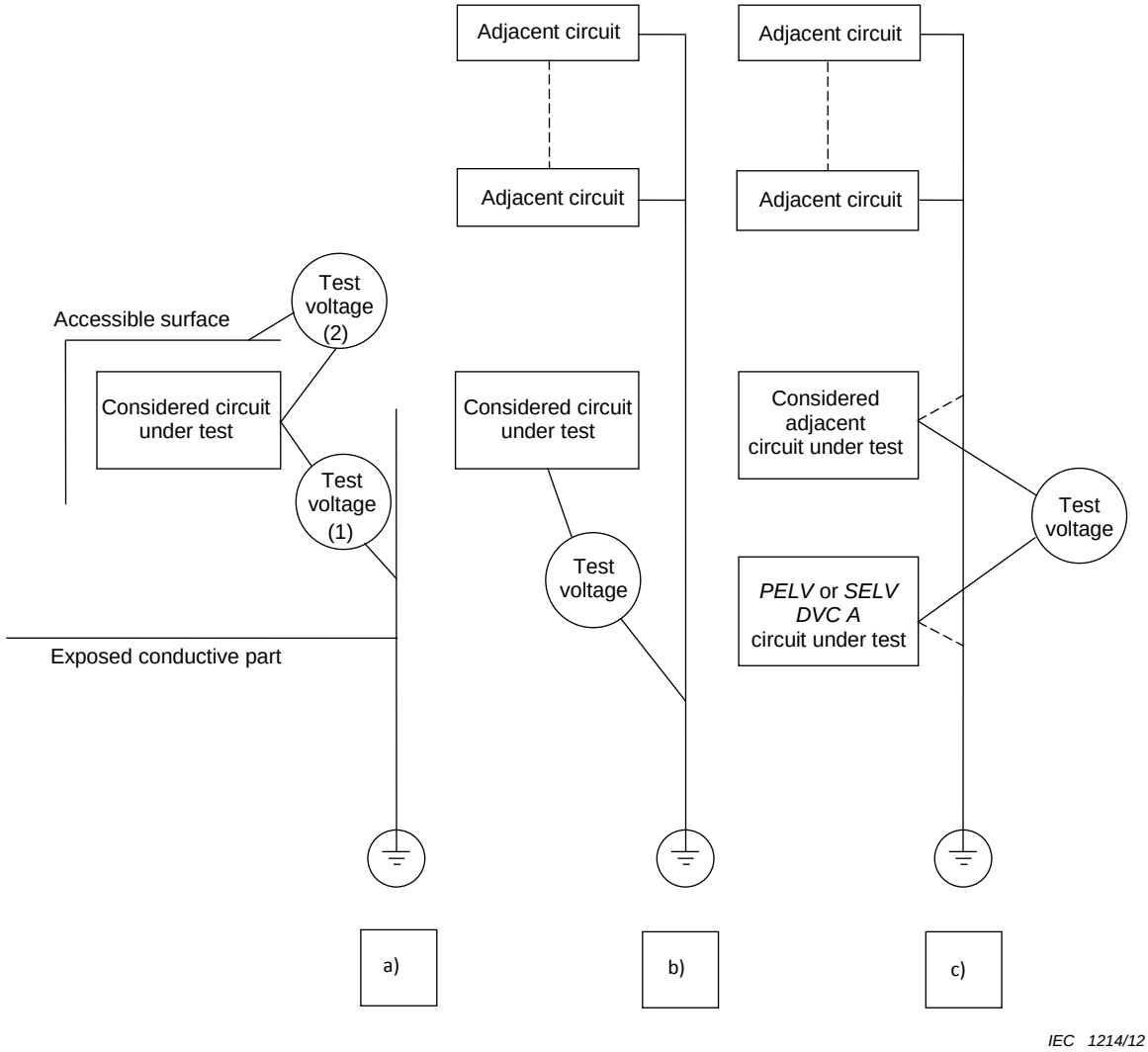


Figure 10 – Voltage test procedures

The tests shall be performed with the doors of the *enclosure* closed.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

When the circuit is electrically connected to accessible conductive parts, the voltage test is not relevant, and may be omitted.

To create a continuous circuit for the voltage test on the *PECS*, terminals, open contacts on switches and semiconductor devices, etc. shall be bridged where necessary. Before testing, semiconductor devices and other vulnerable components within a circuit may be disconnected and/or their terminals bridged to avoid damage occurring to them during the test.

Wherever practicable, individual components forming part of the *insulation* under test, for example interference suppression capacitors, should not be disconnected or bridged before the test. In this case, it is recommended to use the d.c. test voltage according to 5.2.3.4.2.

Where the *PECS* is covered totally or partly by a non-conductive accessible surface, a conductive foil to which the test voltage is applied shall be wrapped around this surface for testing. In this case, the *insulation* test between a circuit and non-conductive accessible surface may be performed as a *sample test* instead of a *routine test*.

Routine testing of the assembled *PECS* is not required if:

- *routine testing* of all sub-assemblies related to the *insulation system* of the *PECS* is performed; and
- it can be demonstrated that final assembly will not compromise the *insulation system*; and
- *type testing* of the fully-assembled *PECS* was performed successfully.

Protective impedances according to 4.4.5.4 shall either be included in the testing or the connection to the protectively separated part of the circuit shall be opened before testing. In the latter case, the connection shall be carefully restored after the voltage test in order to avoid any damage to the *insulation*. Protective screens according to 4.4.4.7 shall remain connected to accessible conductive parts during the voltage test.

5.2.3.4.4 Duration of the a.c. or d.c. voltage test

The duration of the test shall be at least 60 s for the *type test* and 1 s for the *routine test*. The test voltage may be applied with increasing and/or decreasing ramp voltage but the full voltage shall be maintained for 60 s and 1 s respectively for *type* and *routine tests*.

5.2.3.4.5 Verification of the a.c. or d.c. voltage test

The test is successfully passed if no *electrical breakdown* occurs during the test.

5.2.3.5 Partial discharge test (*type test*, *sample test*)

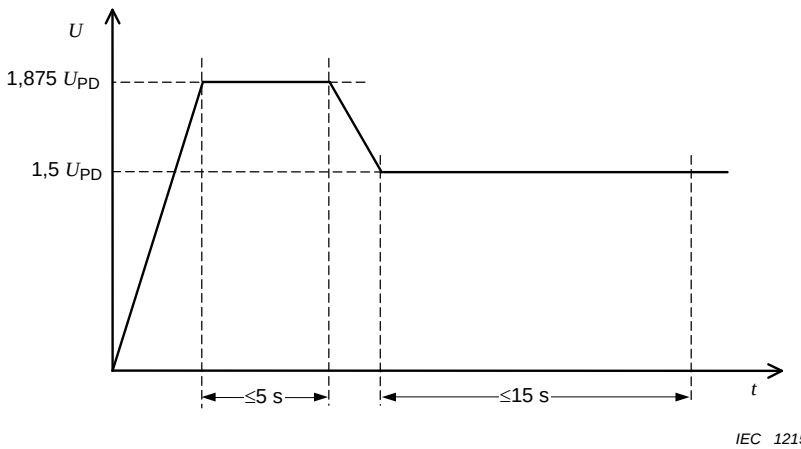
The partial discharge test shall confirm that the solid *insulation* (see 4.4.7.8) used in components and sub-assemblies for *protective separation* of electrical circuits remains partial-discharge-free within the specified voltage range (see Table 28).

This test shall be performed as a *type test* and a *sample test*. It may be omitted for insulating materials which are not degraded by partial discharge, for example ceramics.

The partial discharge inception and extinction voltage are influenced by climatic factors (e.g. temperature and moisture), equipment self heating, and manufacturing tolerance. These influencing variables can be significant under certain conditions and shall therefore be taken into account during *type testing*.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Table 28 – Partial discharge test

Subject	Test conditions
Test reference	6.1.3.5 of IEC 60664-1:2007
Requirement reference	4.4.7.8
Preconditioning	*Precondition according to 5.2.3.1* *Live parts* belonging to the same circuit shall be connected together. It is recommended that the partial discharge test is performed after the impulse voltage test (see 5.2.3.1) in order that any damage caused by the impulse voltage test is apparent. It is advisable that the partial discharge test is performed before inserting the components or devices into the equipment because partial discharge testing is not normally possible when the equipment is assembled.
Initial measurement	According to specification of component or device.
Test equipment Test circuit Test voltage Test method Calibration of test equipment	Calibrated charge measuring device or radio interference meter without weighting filters. C.1 of IEC 60664-1:2007. The peak value of a.c. 50 Hz or 60 Hz. 6.1.3.5 of IEC 60664-1:2007: F_1 = 1,2; F_2, F_3 = 1,25. Test procedure 6.1.3.5.3 of IEC 60664-1:2007. C.4 of IEC 60664-1:2007.
Measurement Verification	Starting from a voltage below the rated partial discharge test voltage U_{PD} [a], the voltage shall be linearly increased to 1,875 times U_{PD} and held for a maximum time of 5 s. The voltage shall then be linearly decreased to 1,5 times U_{PD} (± 5 %) and held for a maximum time of 15 s, during which the partial discharge is measured. The test shall be considered to have been successfully passed if the partial discharge is less than 10 pC during the measurement period 
NOTE Partial discharge testing of *solid insulation* with a d.c. *working voltage* according to A.6.3 can be omitted	
[a] The rated partial discharge test voltage U_{PD} is the recurring peak voltage measured across the *insulation*.	

5.2.3.6 *Protective impedance* test (*type test* and *routine test*)

A *type test* shall be performed to verify that the current through a *protective impedance* under normal operating or single-fault conditions does not exceed the values given in 4.4.3.4. The test shall be performed using the circuit of IEC 60990:1999, Figure 4.

The test circuit of IEC 60990:1999, Figure 4, is reproduced in Annex L.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

NOTE IEC 60990 states that the use of a single network for the measurement of a.c. combined with d.c. has not been investigated, but no suggestion is made for measurement in such cases.

The value of the *protective impedance* shall be verified as a *routine test*.

5.2.3.7 *Touch current* measurement test (*type test*)

The *touch current* shall be measured to determine if the measures of protection need not be taken (see 4.4.4.3.3). The *PECS* shall be set up in an insulated state without any connection to the earth and shall be operated at rated voltage. Under these conditions, the *touch current* shall be measured between the means of connection for the *PE conductor* and the *PE conductor* itself with the test circuit of Figure 4 of IEC 60990:1999.

- For a *PECS* to be connected to an earthed neutral *system*, the neutral of the mains of the test site shall be directly connected to the *PE conductor*.
- For a *PECS* to be connected to an isolated *system* or impedance *system*, the neutral shall be connected through a resistance of 1 kΩ to the *PE conductor* which shall be connected to each input phase in turn. The highest value will be taken as the definitive result.
- For a *PECS* to be connected to a corner earthed *system*, the *PE conductor* shall be connected to each input phase in turn. The highest value will be taken as the definitive result.
- For a *PECS* with a particular system earthing, this system shall operate as intended during the test.
- If a *PECS* is intended to be connected to more than one system network, each of these different system networks (or the worst-case, if that can be determined) shall be used to make the *touch current* measurement.

This is performed as a *type test*.

Product standard committees should consider the applicable effects of potential hazards as a result of high frequency touch current, and consider appropriate test requirements.

5.2.3.8 Capacitor discharge test (*type test*)

The capacitor discharge time as required by 4.4.3.4 may be verified by a *type test* and/or by calculation taking into account the relevant tolerances.

5.2.3.9 Limited power source test (*type test*)

When required by 4.6.5 a limited power circuit shall be tested as below, with the equipment operating under normal operating conditions.

In case the limited power source requirement depends on overcurrent protective device(s), the device(s) shall be short-circuited.

With the equipment operating under normal operating conditions, a variable resistive load is connected to the parts under consideration and adjusted to obtain a level of required limited VA power. Further adjustment is made, if necessary, to maintain the limited VA power for a period specified by 4.6.5.

A variable resistive load is connected to the circuit under consideration and adjusted to obtain the limit of apparent power as indicated in Table 16 or Table 17, as applicable. Further adjustment is made, if necessary, to maintain the limit of apparent power for the time period indicated in Table 16 or Table 17, as applicable.

The test is passed, if after the test period the available apparent power does not exceed the limits indicated in Table 16 or Table 17, as applicable.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

In case the limited power source requirement depends on overcurrent protective device(s), the current rating of at least one of the protective device(s) in the current path shall not exceed the limit in Table 17.

5.2.3.10 Temperature rise test (*type test*)

The test is intended to ensure that parts and accessible surfaces of the *PECS* do not exceed the temperature limits specified in 4.6.4 and the manufacturer's temperature limits of safety-relevant parts.

Where possible, the *PECS* shall be tested at worst-case conditions of rated power and *PECS* output current, taking derating and cooling control characteristic into account.

For equipment where the amount of heating or cooling is designed to be dependent on temperature (for example, the equipment contains a fan that has a higher speed at a higher temperature), the temperature measurement shall be performed at the worst case ambient temperature condition within the manufacturer's specified operating range.

If this is not possible, it is permitted to simulate the temperature rise, if the validity of the simulation can be demonstrated by tests at lower power levels.

The *PECS* shall be tested with at least 1,2 m of wire attached to each *field wiring terminal*. The wire shall be of the smallest size intended to be connected to the *PECS* as specified by the manufacturer for installation. When there is only provision for the connection of bus-bars to the *PECS*, they shall be of the minimum size intended to be connected to the *PECS* as specified by the manufacturer, and they shall be at least 1,2 m in length.

The test shall be maintained until thermal stabilization has been reached. That is, when three successive readings, taken at intervals of 10 % of the previously elapsed duration of the test and not less than 10 min intervals, indicate no change in temperature, defined as ±1 °C between any of the three successive readings, with respect to the ambient temperature.

The temperature of an electrical *insulation* (other than that of windings) is measured on the surface of the *insulation* at a point close to the heat source, if a failure of this *insulation* could cause a hazard. If temperatures of windings are measured by the thermocouple method, the thermocouple shall be located on the surface of the winding assuming the hottest part due to surrounding heat emitting components. See also notes in Table 14.

The maximum temperature attained shall be corrected to the rated ambient temperature of the *PECS* by adding the difference between the ambient temperature during the test and the equipment's maximum rated ambient temperature.

No corrected temperature shall exceed the rated temperature of the material or component measured.

During the test, thermal cutout, overload detection functions and devices shall not operate.

5.2.3.11 *Protective equipotential bonding* tests (*type test*s and *routine test*)

5.2.3.11.1 General

Each conductive accessible part under consideration shall be tested separately, to determine if the *protective equipotential bonding* path for that part is adequate to withstand the test current that the bonding path may be subjected to under fault conditions.

The circuit under consideration shall be selected from amongst those circuits adjacent to the accessible part under consideration and separated from it by only *basic* or *functional insulation*.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

All of these selected circuits have to be analyzed regarding *prospective short circuit current* and the associated protective element(s):

- If the circuit under consideration exceeds the 5 s disconnection time requirement of IEC 60364-4-41, the *protective equipotential bonding* impedance test of 5.2.3.11.2 and the *protective equipotential bonding* short circuit test of 5.2.3.11.3 have to be performed.

  NOTE 1 Examples for circuits with disconnection times of more than 5 s: non mains circuits where the short circuit current is limited by internal impedances or current limiters or by the load characteristics like solar panels.

- If the circuit under consideration meets the 5 s disconnection time requirement of IEC 60364-4-41, the *protective equipotential bonding* short circuit test of 5.2.3.11.3 has to be performed.

  NOTE 2 Examples for circuits with disconnection times of not exceeding 5 s: mains circuits where the *prospective short circuit current* is limited by the impedance of the main.

- If the circuit under consideration meets the disconnection time requirement of IEC 60364-4-41:2005, Table 41.1, as applicable, depending on the earthing system of the *installation*, no *type test* is required.

For *pluggable equipment type A only the* the *protective equipotential bonding* impedance test of 5.2.3.11.2 have to be performed.

The testing shall include an individual test of the *protective equipotential bonding* path for each conductive accessible part unless analysis shows that the short circuit withstand capability of the path is adequate, or that the results of one combination are representative of the anticipated results of another combination.

5.2.3.11.2 *Protective equipotential bonding* impedance test

5.2.3.11.2.1 Test conditions

Where required by 4.4.4.2.2 and 5.2.3.11.2.1, the impedance of *protective equipotential bonding* means shall be checked by passing a test current through the bond for a period of time. The test current is based on the rating of the overcurrent protection for the equipment or part of the equipment under consideration, as follows:

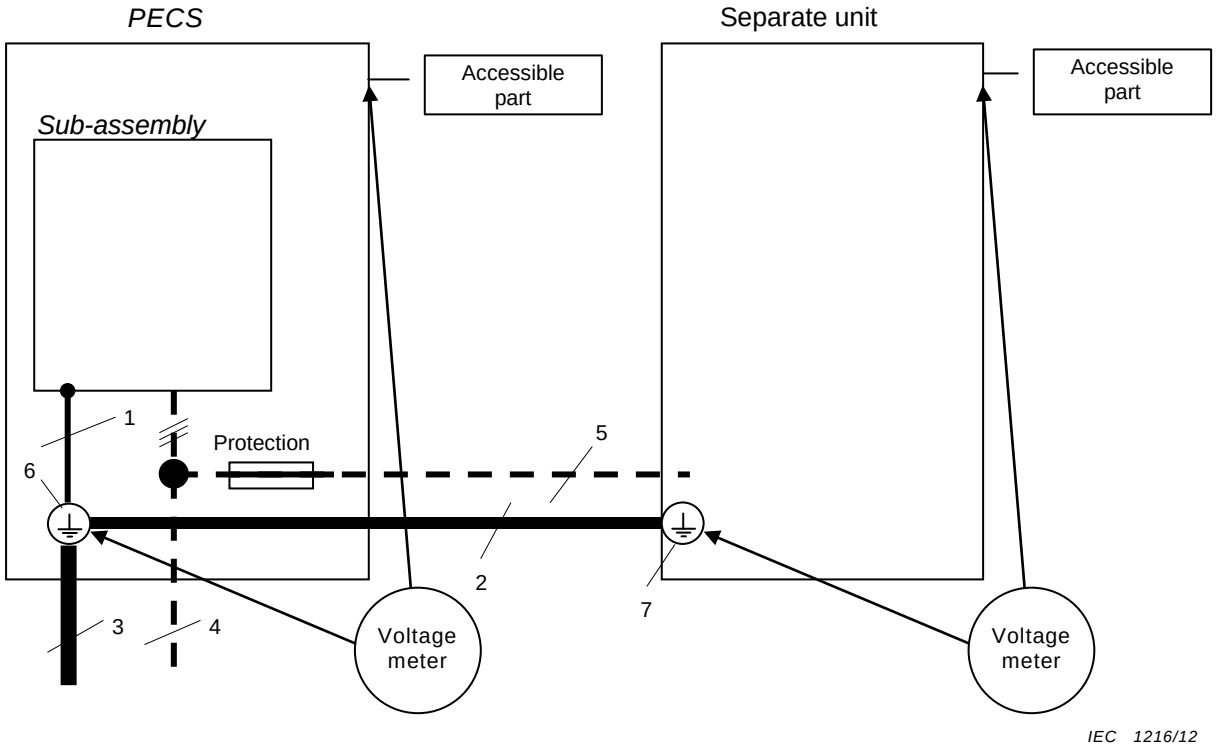
- for *pluggable equipment type A*, the overcurrent protective device is that provided external to the equipment (for example, in the building wiring, in the mains plug or in an equipment rack);
- for *pluggable equipment type B* and *permanently connected* equipment, the maximum rating of the overcurrent protective device specified in the equipment installation instructions to be provided external to the equipment;
- the rating of the provided overcurrent device for a circuit or part of the equipment for which an overcurrent protective device is provided as part of the equipment.

Voltages are measured from the *protective earthing* terminal to all the parts whose *protective equipotential bonding* means are being considered. The impedance of the *PE conductor* is not included in the measurement. However, if the *PE conductor* is supplied with the equipment, it is permitted to include the conductor in the test circuit, but the measurement of the voltage drop is made only from the main *protective earthing* terminal to the accessible part required to be earthed.

On equipment where the protective earth connection to a sub-assembly or to a separate unit is part of a cable that also supplies power to that sub-assembly or unit, the resistance of the *protective equipotential bonding* conductor in that cable is not included in the *protective equipotential bonding* impedance measurements for the sub-assembly or separate unit as in Figure 11. However, this option is only permitted if the cable is protected by a suitably rated protective device that takes into account the size of the conductor. Otherwise the impedance of the *protective equipotential bonding* conductor between the separate units is to be included, by

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

measuring to the *protective earthing* terminal where the power source enters the first unit in the *system*, as in Figure 12.



Key

1 = *protective equipotential bonding*

2 = *PE conductor* for the separate unit

3 = *PE conductor* for the *PECS*

4 = energy supply from the mains

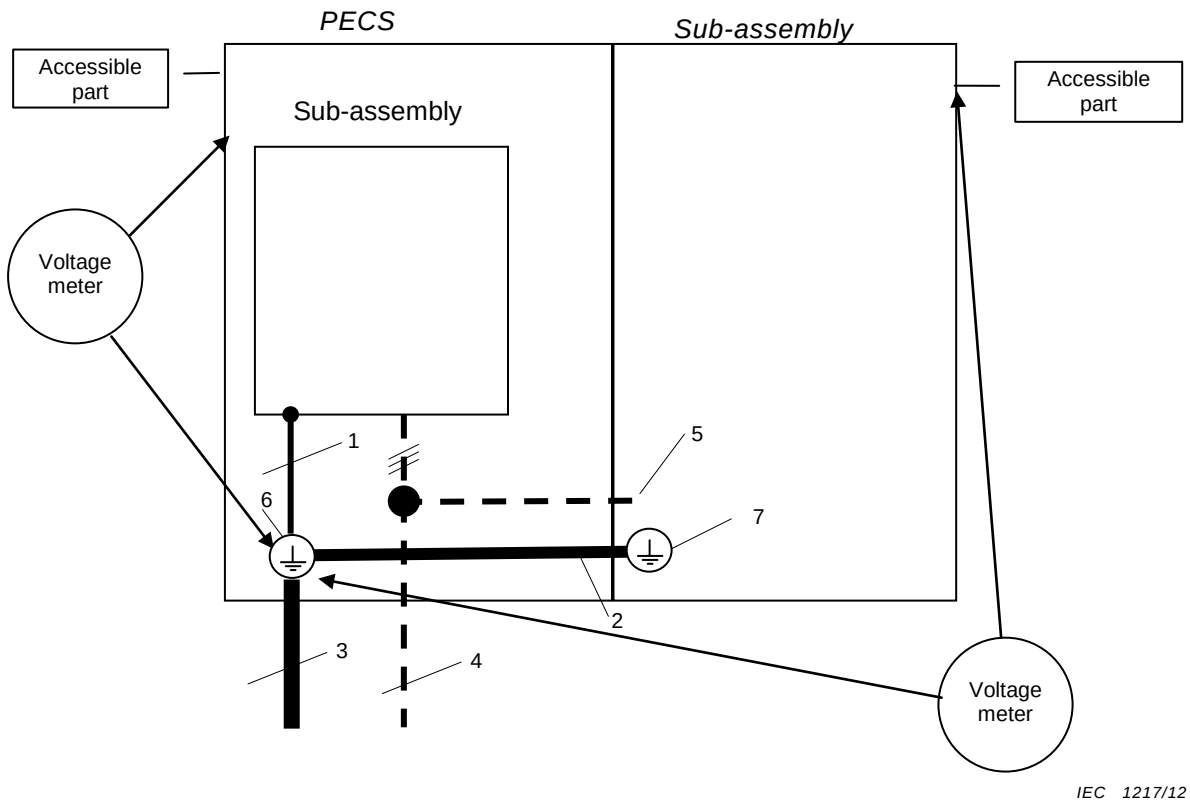
5 = energy supply from the *PECS* to the separate unit

6 = terminal point of the external *PE conductor*

7 = terminal point of the *PE conductor* for the separate unit

Figure 11 – Protective equipotential bonding impedance test for separate unit with power fed from the *PECS* with protection for the power cable

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe



Key

1 = protective *equipotential* bonding

2 = protective *equipotential* bonding for the sub-assembly

3 = *PE conductor* for the *PECS*

4 = energy supply from the mains

5 = energy supply from the *PECS* to the sub-assembly

6 = terminal point of the external *PE conductor*

7 = connection point of the bonding to the sub-assembly (may be more than1)

Figure 12 – Protective equipotential bonding impedance test for sub-assembly with accessible parts and with power fed from the *PECS*

The test current is derived from an a.c or d.c supply source, the output of which is not earthed.

NOTE For protection of the person performing the test, the source should have a maximum no-load voltage below the limits for *DVC A*.

5.2.3.11.2.2 Test current, duration and acceptance criteria

The test current, duration of the test and acceptance criteria are as follows.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Table 29 – Test duration for *protective equipotential bonding* test

Overcurrent protective device rating A	Duration of the test min
up to 32	2
33 to 63	4
64 to 100	6
101 to 200	8
201 to 460	10

a) For *PECS* with an overcurrent protective device rating of 16 A or less, this test may be omitted, if an impedance not exceeding 0,1 Ω can be demonstrated.

b) As an alternative to Table 29, where the time-current characteristic of the overcurrent protective device that limits the fault current in the *protective equipotential bonding* means is known because the device is either provided in the equipment or fully specified in the installation instructions, the test duration may be based on that specific device's time-current characteristic. The tests are conducted for a duration corresponding to the 200 % current value on the time-current characteristic.

c) For *PECS* with an overcurrent protective device rating of more than 460 A, calculations or simulations according to IEC 60949 shall be used to show the ability of the prospective short circuit current to fulfill the requirements. The *protective equipotential bonding* continuity *routine test* of 5.2.3.11.4 shall be performed to show that the impedance of the *protective equipotential bonding* means during and at the end of the test shall not exceed the expected value.

Acceptance criteria:

The test current is 200 % of the overcurrent protective device rating and the duration of the test is as shown in Table 29. The voltage drop in the *protective equipotential bonding* means, during and at the end of the test, shall not exceed *DVC As*, as determined from Table 2 and Table 5 with respect to the accessible surface of the *enclosure*.

After the tests, visual inspection shall show no damage to the *protective equipotential bonding* means.

5.2.3.11.3 *Protective equipotential bonding* short circuit withstand test (*type test*)

As required by 5.2.3.11.2.1 the short circuit test in 5.2.4.3 shall be performed to ensure that *protective equipotential bonding* has the ability to withstand the *prospective short circuit current* that it may be subjected to under fault conditions.

The testing shall include an individual test of the *protective equipotential bonding* path for each conductive accessible part unless analysis shows that the short circuit withstand capability of the path is adequate, or that the results of one combination are representative of the anticipated results of another combination.

5.2.3.11.4 *Protective equipotential bonding* continuity test (*routine test*)

The *protective equipotential bonding* continuity *routine test* shall be conducted when:

- the continuity of the *protective equipotential bonding* is achieved by a single means only (for example a single conductor or a single fastener); or
- the *PECS* is assembled at the *installation* location; or
- if required by 5.2.3.11.2.2 c).

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

The test current may be any convenient value sufficient to allow measurement or calculation of the resistance of the *protective equipotential bonding* means.

NOTE Larger currents used for the continuity test increases the accuracy of the test result, especially with low impedance values, i.e. larger cross sectional areas and/or lower conductor length. In general 25 A is considered sufficient for most products.

The expected value of the resistance is the result of calculation or simulation according to 5.2.3.11.2.2 considering the length, the cross sectional area and the material of the related protective bonding conductor(s).

Acceptance criteria: the resistance measured shall be within 90 % upto 110 % of the expected value.

5.2.4 Abnormal operation and simulated faults tests

5.2.4.1 General

Protection against risk of thermal, electric shock and energy hazards in case of abnormal operating condition of a *PECS* in combination with its *installation* shall be evaluated by:

a) tests defined in this section; or

b) calculation or simulation based on tests as defined in 5.2.4.4 and 5.2.4.6 on a representative model of *PECS*, where no damage other than opening of overcurrent protective devices has occurred to the test sample.

NOTE A representative model means a *PECS* with similar power elements (for example, *power semiconductor devices*, fuses, circuit breakers, capacitors, overcurrent detection and output inductances) and circuit topologies as the *PECS* under consideration.

Before all abnormal tests, the test sample shall be mounted, connected, and operated as described in the temperature rise test.

Simulated faults or abnormal operating conditions shall be applied one at a time. Faults that are the direct consequence of a simulated fault or abnormal operating conditions are considered to be part of that simulated fault or abnormal operating condition.

In the case of a *PECS* supplied without an *enclosure*, a wire mesh cage which is 1,5 times the individual linear dimensions of the *PECS* part under study shall be used to simulate the intended *enclosure*.

The *PECS*, and the wire mesh cage (if used), shall be earthed according to the requirements of 4.4.4.2.2.

Cheese cloth or surgical cotton shall be placed at all openings, handles, flanges, joints and similar locations on the outside of the *enclosure* and the wire mesh cage (if used), in a manner which will not significantly affect the cooling.

Where the *PECS* under test is specified in its installation manual to require external means of protection against faults, these specific means shall be provided for the test.

The voltages of accessible *SELV*, *PELV* and *DVC As* circuits as well as accessible earthed and unearthed conductive parts shall be monitored.

The supply shall be capable of delivering the specified *prospective short circuit current* (see 4.3.1) at the connection to the *PECS*, unless the circuit analysis of 4.2 demonstrates that a lesser value may be used.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

The individual tests shall be performed until terminated by activation of a protective device or mechanism (internal or external), a component failure occurs that interrupts the fault condition, or the temperatures stabilize.

5.2.4.2 Pass criteria

As a result of the abnormal operation tests, the *PECS* shall comply with the following:

- there shall be no emission of flame, burning particles or molten metal;
- the cheese cloth or surgical cotton indicator shall not have ignited;
- the earth connection and *protective equipotential bonding* of the *PECS* shall not have opened;
- doors and covers shall remain in place;
- during and after the test, accessible *DVC As*, *SELV* and *PELV circuits* and accessible conductive parts shall not exhibit voltages greater than the time dependent voltages of Figure 1, Figure 2 or Figure 3, as appropriate and shall be separated from *live parts* at voltages greater than *DVC As* with at least *basic insulation*. Compliance shall be checked by the a.c. or d.c. *insulation* test of 5.2.3.4 for *basic insulation*;
- during and after the test, *live parts* at voltages greater than *DVC As* shall not become accessible.

The *PECS* is not required to be operational after testing and it is possible that the *enclosure* can become deformed. Overcurrent protection integral to the *PECS*, or required to be used with the *PECS*, is allowed to open.

5.2.4.3 *Protective equipotential bonding* short circuit withstand test (*type test*)

5.2.4.3.1 General

When required by 5.2.3.11.2.1, a *protective equipotential bonding* path shall be subjected to the following short circuit withstand test.

5.2.4.3.2 Test conditions

The equipment under test shall be supplied with power and the output *port* shall be operating as intended in 5.2.4.1 prior to closing the switching means that applies the short circuit, unless energizing the equipment with the short circuit already applied will be more severe.

The *protective equipotential bonding* short circuit test shall be performed with the *PECS* working with light load, unless analysis shows that higher short circuit currents are available under higher loading conditions.

A new sample may be used for each short circuit test.

5.2.4.3.3 *Protective equipotential bonding* short circuit test method

The test current is applied by connecting the accessible part under consideration to one of the conductors of the the test source circuit through a switching means that will not limit the short circuit current. The switch shall be located such that the source is short circuited through the accessible part and its *protective equipotential bonding* path back to the *protective earthing* terminal for the source circuit under consideration. The connections to the shorting switch shall be through cables having the same cross-section as specified for the *PE conductor* in the *installation* and the length of the cables shall be limited to 2 m. If the size of the *PECS* requires a greater length, the length shall be as short as practical to perform the test and the short circuit current shall be calibrated at the entrance of the product.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

5.2.4.3.4 Pass criteria

During and after the test, accessible *DVC As*, *SELV* and *PELV circuits* and accessible conductive parts shall not exhibit voltages greater than the time dependent voltages of Figure 1, Figure 2 or Figure 3 of 4.4.2.2.3, and shall remain separated from *live parts* at voltages greater than *DVC As* by at least *basic insulation*. Compliance shall be checked by the a.c.or d.c. voltage test of 5.2.3.4 for *basic insulation.*

At the conclusion of the test, there shall be no damage to the *protective equipotential bonding* means under test. Compliance shall be checked by inspection, and if necessary, by the *protective equipotential bonding* continuity test (*routine test*) of 5.2.3.11.4.

5.2.4.4 Output short-circuit test (*type test*)

5.2.4.4.1 Load conditions

The short-circuit test shall be performed with the *PECS* at full load or light load whichever creates the more severe condition.

5.2.4.4.2 Short-circuit test method

Power output *port* terminals shall be provided with cable of a cross-section as specified for the *installation* connected to an appropriate switching means that will not limit the short circuit current. The complete length of the cable (forth and back) shall be approximately 2 m, unless the size of the *PECS* requires a greater length, in which case the length shall be as short as practical to perform the test.

The equipment under test shall be supplied with power and the output *port* shall be operating as intended prior to closing the switching means that applies to the short circuit, unless energizing the equipment with the short circuit already applied will be more severe.

The testing shall include individual tests of each output *port* where combinations of two or more terminals, including earth, on each individual *port* are subjected to short circuit tests on those terminals. Analysis may be used to reduce the number of tests if it is shown that the results of one combination are representative of the anticipated results of another combination.

A new sample may be used for each short circuit test.

In addition to determining compliance with the criteria of 5.2.4.2, this test is used to determine the *output short circuit current* rating of the *port* under consideration, in accordance with 4.3.2.3. An oscilloscope or other suitable instrument shall be used to measure the peak current during the test, and to measure or calculate the r.m.s. value of the current.

The value(s) to be recorded and to be provided with the *PECS* instructions, in accordance with 6.2, are the peak current, and the highest of the r.m.s. current values measured or calculated over a time period as follows:

a) for a.c. signals, three cycles of the nominal a.c. frequency for the *port* under consideration, in which case the value is to be stated as the 3-cycle r.m.s. value;

b) for all signals, the duration of the short circuit from the time the short circuit is applied, until the time the short circuit current is interrupted by a protective device or other mechanism, in which case the value stated is to include the r.m.s. value and the time period in seconds;

c) for short circuit tests that result in a continuous non-zero value, the steady-state r.m.s. value, in which case the value is to be stated as a continuous r.m.s value.

For *PECS* with internal short circuit protection according to 4.3.2.3, which protects the output *port* within some few μs, the requirements in a), b) and c) are not applicable.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

5.2.4.5 Output overload test (*type test*)

The overload test shall be performed after operating the *PECS* at full load until normal operating temperatures are attained. Each output of the *PECS*, and each section of a tapped output, shall be overloaded in turn, one at a time. The other outputs and windings are loaded or not loaded whichever load condition of normal use is less favorable.

Overloading is carried out by connecting a variable load across the output or winding. The load is adjusted as quickly as possible and readjusted, if necessary, after 1 min to maintain the applicable overload. No further readjustments are then permitted.

If overcurrent protection is provided by a current-sensitive device or circuit, the overload test current is the maximum current which the overcurrent protection device is just capable of passing for 1 h. Before the test, the overcurrent protection device is made inoperative or replaced by a link with negligible impedance.

For equipment in which the output voltage is designed to collapse when a specified overload current is reached, the overload is slowly increased to the point of maximum output power before the point which causes the output voltage to collapse.

In all other cases, the loading is the maximum power output obtainable from the output.

5.2.4.6 Breakdown of components test (*type test*)

5.2.4.6.1 Load conditions

The breakdown of a component, identified as a result of the circuit analysis of 4.2, shall be tested with the *PECS* at full load or light load whichever creates the more severe condition.

5.2.4.6.2 Application of short circuit or open-circuit

The short circuit shall be applied with cable of a cross-section appropriate for the current that normally flows through the component, but not less than 2,5 mm^2. The length of the loop shall be as short as practical to perform the test. Short circuits and open circuits are applied using an appropriate switching device.

Each identified component shall be subjected to only one breakdown of components test unless both open- and short circuit failure modes are likely in that component.

5.2.4.6.3 Test sequence

For the breakdown of components test, identified components shall be short circuited or open-circuited, whichever creates the worst hazard, one at a time.

5.2.4.7 PWB short circuit test (*type test*)

On PWBs, *functional insulation* provided by spacings which are less than those specified in Table 10 and Table 11 (see 4.4.7.7) shall be *type tested* as described below.

The decreased spacings shall be short circuited one at a time, on representative samples, and the short circuit shall be maintained until no further damage occurs.

5.2.4.8 Loss of phase test (*type test*)

A multi-phase *PECS* shall be operated with each line (including neutral, if used) disconnected in turn at the input. The test shall be performed by disconnecting one line with the *power conversion* equipment operating at its maximum normal load and shall be repeated by initially energizing the *PECS* with one lead disconnected.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

The test shall continue until terminated by a protective mechanism, a component failure occurs, or the temperature stabilizes.

For *PECS* with rated input current greater than 500 A, compliance can be shown through simulation.

5.2.4.9 Cooling failure tests (*type tests*)

5.2.4.9.1 General and pass criteria

For *PECS* having a combination of cooling mechanisms, all relevant tests shall be performed. It is not necessary to perform the tests simultaneously.

The test shall continue:

- until the temperature stabilizes, in which case the temperature limits of 4.6.4.2 apply;

or

- until terminated by a protective mechanism or a component failure occurs, in which case the temperature limits of accessible parts in 4.6.4.2 may be exceeded by not more than 5 °C. If this is not possible a warning statement shall be provided in the user documentation.

NOTE The temperature increase of 5 °C with regard to the steady state limits reflect the spread of the burn threshold given in IEC Guide 117.

5.2.4.9.2 Inoperative blower motor test

A *PECS* having forced ventilation shall be operated at rated load with fan or blower motor or motors made inoperative, single or in combination from a single fault, by physically preventing their rotation.

5.2.4.9.3 Clogged filter test

Enclosed *PECS* having filtered ventilation openings shall be operated at rated load with the openings blocked to represent clogged filters. The test shall be performed initially with 50 % of the ventilation openings surface blocked. The test shall be repeated under a full blocked condition.

5.2.4.9.4 Loss of coolant test

A liquid cooled *PECS* shall be operated at rated load. Loss of coolant shall be simulated by draining the coolant, blocking the flow or disabling the *system* coolant pump.

If the *PECS* is shut down due to the operation of a thermal device located inside the coolant, then the test shall be repeated with the coolant drained out of the *system*.

NOTE It is presumed that the thermal device will be inoperative if not surrounded by coolant liquid.

5.2.5 Material tests

5.2.5.1 General

When requested by 4.4.7.8.2, the manufacturer shall test the flammability properties of the materials used for insulating purposes, as defined in 5.2.5.2, 5.2.5.3 and 5.2.5.4.

When requested by 4.6.3.2 the manufacturer shall test the flammability properties of the materials used for *fire enclosure*, as defined in 5.2.5.5.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

5.2.5.2 High current arcing ignition test (*type test*)

Five samples of each insulating material (Figure 13) to be tested are used. The samples shall have minimum 130 mm length and 13 mm width and of uniform thickness representing the thinnest section of the part. Edges shall be free from burrs, fins, etc.

Each test is made with a pair of test electrodes and a variable inductive impedance load connected in series to a source of 220 V to 240 V a.c, 50 Hz or 60 Hz (see Figure 13).

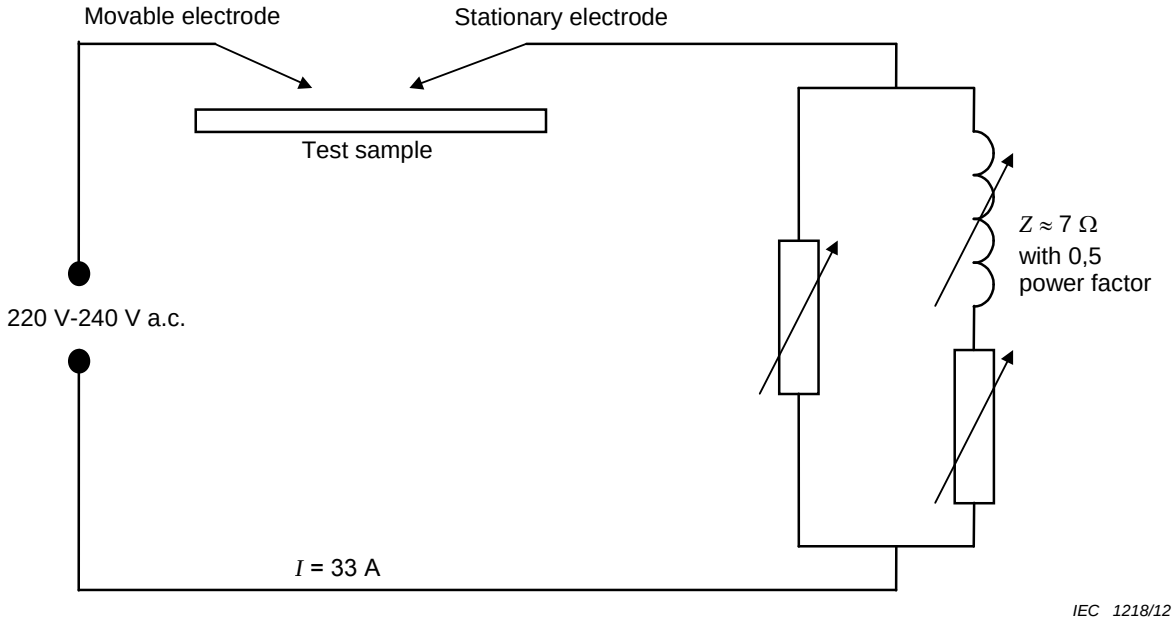


Figure 13 – Circuit for high-current arcing test

It is permitted to use an equivalent circuit.

One electrode is stationary and the second movable. The stationary electrode consists of a 3,5 mm diameter solid copper conductor having a 30° chisel point. The movable electrode is a 3 mm diameter stainless steel rod with a symmetrical conical point having a total angle of 60° and is capable of being moved along its own axis. The radius of curvature for the electrode tips does not exceed 0,1 mm at the start of a given test. The electrodes are located opposing each other, in the same plane, at an angle of 45° to the horizontal. With the electrodes short circuited, the variable inductive impedance load is adjusted until the current is 33 A at a power factor of 0,5.

The sample under test is supported horizontally in air or on a non-conductive surface so that the electrodes, when touching each other, are in contact with the surface of the sample. The movable electrode is manually or otherwise controlled so that it can be withdrawn from contact with the stationary electrode to break the circuit and lowered to remake the circuit, so as to produce a series of arcs at a rate of approximately 40 arcs/min, with a separation speed of 250 mm/s ± 25 mm/s.

The test is continued until ignition of the sample occurs, a hole is burned through the sample or a total of 200 arcs have elapsed.

The average number of arcs to ignition of the specimens tested shall be not less than 15 for V-0 class materials and not less than 30 for other materials.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

5.2.5.3 Glow-wire test (*type test*)

The glow-wire test shall be made under the conditions specified in 4.4.7.8.2 according to IEC 60695-2-10 and IEC 60695-2-13.

5.2.5.4 Hot wire ignition test (*type test* – alternative to glow-wire test)

Five samples of each insulating material (see Figure 14) are tested. The samples shall have minimum 130 mm length and 13 mm width and of a uniform thickness representing the thinnest section of the part. Edges shall be free from burrs, fins, etc.

A 250 mm ± 5 mm length of nichrome wire (nominal composition 80 % nickel, 20 % chromium, iron-free) approximately 0,5 mm diameter and having a cold resistance of approximately 5 Ω/m is used. The wire is connected in a straight length to a variable source of power which is adjusted to generate 0,25 W/mm ± 0,01 W/mm in the wire for a period of 8 s to 12 s. After cooling, the wire is wrapped around a sample to form five complete turns spaced 6 mm apart.

The wrapped sample is supported in a horizontal position (see Figure 14) and the ends of the wire connected to the variable power source, which is again adjusted to generate 0,25 W/mm ± 0,01 W/mm in the wire.

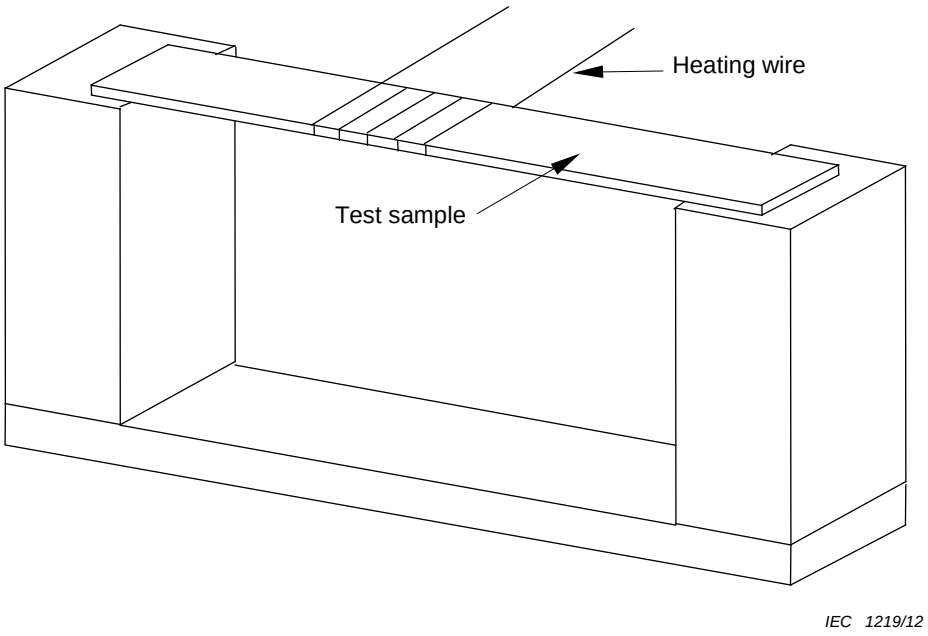


Figure 14 – Test fixture for hot-wire ignition test

The test is continued until the test specimen ignites or until 120 s have passed. When ignition occurs or 120 s have passed, the test is discontinued and the test time recorded. For specimens which melt through the wire without ignition, the test is discontinued when the specimen is no longer in intimate contact with all five turns of the heater wire.

The test is repeated on the remaining samples.

The average ignition time of the specimens tested shall not be less than 15 s.

5.2.5.5 Flammability test (*type test*)

Three samples of the complete equipment or three test specimens of the *enclosure* thereof (see 4.6.3) shall be subjected to this test. Consideration shall be given to leaving in place components and other parts that might influence the performance. The test samples shall be

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

conditioned in a full draft circulating air oven for seven days at 10 °C greater than the maximum use temperature, as determined by the temperature rise test 5.2.3.10, but not less than 70 °C in any case. Prior to testing, the samples shall be conditioned for a minimum of 4 h at 23 °C ± 2 °C and 50 % ± 5 % relative humidity. The flame shall be applied to an inside surface of the sample at a location judged to be likely to become ignited because of its proximity to a source of ignition including surfaces provided with ventilation holes. If more than one part is near a source of ignition, each sample shall be tested with the flame applied to a different location.

The three test samples shall result in the acceptable performance described below. If one sample does not comply, the test shall be repeated on a set of three new samples with the flame applied under the same conditions as for the unsuccessful sample. If all the new specimens comply with the requirements described below the material is acceptable.

The laboratory burner, adjustment and calibration shall be identical to that described in IEC 60695-11-20.

When a complete *enclosure* is used to conduct the flame test, the sample shall be mounted as intended in service, if it does not impair the flame testing, in a draft-free test chamber, *enclosure*, or laboratory hood. A layer of absorbent 100 % cotton shall be located 305 mm below the point of application of the test flame. The 127 mm flame shall be applied to any portion of the interior of the part judged as likely to be ignited (by its proximity to live or arcing parts, coils, wiring, and the like) at an angle of approximately 20 ° insofar as possible from the vertical so that the tip of the blue cone touches the specimen. The test flame shall be applied to three different locations on each of the three samples tested. A supply of technical-grade methane gas shall be used with a regulator and meter for uniform gas flow. Natural gas having a heat content of approximately 37 MJ/m^3 at 23 °C has been found to provide similar results and may be used.

The flame shall be applied for 5 s and removed for 5 s. The operation shall be repeated until the specimen has been subjected to five applications of the test flame.

The following conditions shall be met as a result of this test:

- the material shall not continue to burn for more than 1 min after the fifth 5 s application of the test flame, with an interval of 5 s between applications of the flame;

and

- flaming drops or flaming or glowing particles that ignite surgical cotton 305 mm below the test specimen shall not be emitted by the test sample at any time during the test.

After the test, equipment shall meet the requirements for *basic protection* by means of *enclosures* or barriers in 4.4.3.3.

5.2.5.6 Flaming oil test (*type test*)

When required by 4.6.3.3.3 compliance is shown by the flame oil test as follows.

A sample of the complete finished bottom of the *fire enclosure* is securely supported in a horizontal position. Bleached cheesecloth of approximately 40 g/m2 is placed in one layer over a shallow, flat-bottomed pan approximately 50 mm below the sample, and is of sufficient size to cover completely the pattern of openings in the sample, but not large enough to catch any of the oil that runs over the edge of the sample or otherwise does not pass through the openings.

NOTE Use of a metal screen or a wired-glass partition surrounding the test area is recommended.

A small metal ladle (preferably no more than 65 mm in diameter), with a pouring lip and a long handle whose longitudinal axis remains horizontal during pouring, is partially filled with 10 ml of a distillate fuel oil that is a medium volatile distillate having a mass per unit volume between 0,845 g/ml and 0,865 g/ml, a flash point between 43,5 °C and 93,5 °C and an average calorific

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

value of 38 MJ/l. The ladle containing the oil is heated and the oil ignited and permitted to burn for 1 min, at which time all of the hot flaming oil is poured at the rate of approximately 1 ml/s in a steady stream onto the centre of the pattern of openings, from a position approximately 100 mm above the openings.

The test is repeated twice at 5 min intervals, using clean cheesecloth.

During the test the cheesecloth shall not ignite.

5.2.5.7 Cemented joints test (*type test*)

When required by 4.4.7.9 representative samples of cemented joints providing protection of type 1 or type 2 as defined in IEC 60664-3:2003 shall be tested as a *type test* as follows.

The samples shall be subjected to the conditioning procedure specified in 5.7 of IEC 60664-3:2003, using the following parameters: for the cold test (5.7.1), a temperature of -25 °C shall be used, and for the rapid change of temperature test (5.7.3): –25 °C to +125 °C.

After the conditioning the samples shall pass the following tests in the prescribed order:

a) The mechanical strength of the joint shall be evaluated by loading the joint using the forces anticipated to be present under normal conditions. There shall be no separation of the parts.

b) The *insulation* resistance between the conductive parts separated by the joint shall be measured according to 5.8.3 of IEC 60664-3:2003.

c) Cemented joints shall be treated as to be thin sheet material and shall be tested according 4.4.7.8.3.

d) The sectioning of the joint shall not show any cracks, voids or separation.

5.2.6 Environmental tests (*type test*s)

5.2.6.1 General

Environmental testing is required to establish the safety of the *PECS* at the extremes of the environmental classification to which it will be subjected.

If size or power considerations prevent the performance of these tests on the complete *PECS*, it is permitted to test individual parts that are considered to be relevant to the safety of the *PECS*.

When testing components or sub-assemblies separately, the temperature during the dry-heat test shall be chosen as to simulate actual use in the end-product. The component or sub-assembly shall be energized simulating the same conditions as in the end-product.

Table 30 shows the standard tests to be performed for the different environmental conditions.

Compliance is shown by conducting test of 5.2.6.3, 5.2.6.4, 5.2.6.5 and 5.2.6.6 according to Table 30 as applicable for the environmental conditions specified by the manufacture.

Where the *PECS* is required to operate in conditions outside the range of values given in this standard, then the test conditions shall be agreed on between the supplier and the customer, as defined in the particular individual enquiry or purchasing specification. In any case the test requirements shall not be less demanding than the operating conditions specified.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Table 30 – Environmental tests

Test condition	Indoor conditioned IEC 60721-3-3	Indoor unconditioned IEC 60721-3-3	Outdoor unconditioned IEC 60721-3-4
Climatic	Dry heat (see 5.2.6.3.1) Damp heat (see 5.2.6.3.2)	Dry heat (see 5.2.6.3.1) Damp heat (see 5.2.6.3.2)	Dry heat (see 5.2.6.3.1) Damp heat (see 5.2.6.3.2)
Chemically active substances	**No test requirement**	**No test requirement**	**Test Kb of IEC 60068-2-52** Salt mist [a] (see 5.2.6.5)
Mechanically active substances	**No test requirement**	**No test requirement**	**Test Lc of IEC 60068-2-68** Dust and sand (see 5.2.6.6)
Mechanical	**Test Fc of IEC 60068-2-6** Vibration (see 5.2.6.4)	**Test Fc of IEC 60068-2-6** Vibration (see 5.2.6.4)	**Test Fc of IEC 60068-2-6** Vibration (see 5.2.6.4)
Biological	**No test requirement**	**No test requirement**	**No test requirement**

[a] Refer to Footnote [a] in Table 18.

When special environmental conditions are specified, additional tests (e.g. for chemically active substances) shall be considered.

5.2.6.2 Acceptance criteria

The following acceptance criteria shall be satisfied:

- no degradation of any safety-relevant component of the *PECS;*
- no potentially hazardous behaviour of the *PECS* during the test;
- no sign of component overheating;
- no *hazardous live part* greater than *As* shall become accessible;
- no cracks in the *enclosure* and no damaged or loose insulators;
- pass routine a.c. or d.c. voltage test 5.2.3.4;
- pass *protective equipotential bonding* impedance test 5.2.3.11.2;
- no potentially hazardous behaviour when the *PECS* is operated following the test.

5.2.6.3 Climatic tests

5.2.6.3.1 Dry heat test (steady state)

To prove the ability of components and equipment to be operated, transported or stored at high temperatures the dry heat (steady state) test shall be performed according to the conditions specified in Table 31.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Table 31 – Dry heat test (steady state)

Subject	Test conditions
Test reference	Test Bd of IEC 60068-2-2
Requirement reference	4.9
Preconditioning	According to 5.1.2 and 5.2.1
Operating conditions	Operating at rated conditions
Temperature	Temperature classification according to Table 18 or, for separate testing of components and sub-assemblies, according to 5.2.3.1 or manufacturer's specified maximum temperature, whichever is higher
Accuracy	± 2 °C (see IEC 60068-2-2)
Humidity	According to IEC 60068-2-2, Test Bd
Duration of exposure	(16 ± 1) h
Recovery procedure	
– Time	1 h minimum
– Climatic conditions	
– Temperature	15 °C to 35 °C
– Relative humidity	25 % to 75 %
– Barometric pressure	86 kPa to 106 kPa
– Power supply	Power supply unconnected

5.2.6.3.2 Damp heat test (steady state)

To prove the resistance to humidity, the *PECS* shall be subjected to a damp heat test (steady state) according to the conditions specified in Table 32.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Table 32 – Damp heat test (steady state)

Subject	Test conditions
Test reference	Test Cab of IEC 60068-2-78:2001
Requirement reference	4.9
Preconditioning	According to 5.1.2 and 5.2.1
Operating conditions	Power supply disconnected
Special precautions	Internal voltage sources may remain connected if the heat produced by them in the specimen is negligible
Temperature	Manufacturer's specified maximum temperature or, for separate testing of components and sub-assemblies, according to 5.2.3.1 , whichever is higher
Accuracy	± 2 °C (see Clause 5 of IEC 60068-2-78:2001)
Humidity	Manufacturer's specified maximum humidity
Accuracy	± 3 % (see Clause 5 of IEC 60068-2-78:2001)
Duration of exposure	4 days
Recovery procedure	
– Time	1 h minimum
– Climatic conditions	
– Temperature	15 °C to 35 °C
– Relative humidity	25 % to 75 %
– Barometric pressure	86 kPa to 106 kPa
– Power supply	Power supply disconnected
– Condensation	All external and internal condensation shall be removed by air flow prior to performing the a.c. or d.c. voltage test or re-connecting the *PEC* to a power supply

5.2.6.4 Vibration test (*type test*)

To verify the mechanical vibration strength the *PECS* in combination with its *installation* shall be evaluated by:

a) tests defined in this section according to the conditions specified in Table 33; or

b) calculation or simulation based on tests, as defined in this section, on a representative model of *PECS*.

For *PECS* with a mass more than 100 kg, this test may be performed on sub-assemblies.

NOTE For large equipment, the possibility of using a shock test as an alternative to a vibration test is under consideration.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Table 33 – Vibration test

Subject	Test conditions
Test reference	Test Fc of IEC 60068-2-6
Requirement reference	4.9
Preconditioning	According to 5.1.2 and 5.2.1
Conditions	Power supply unconnected
Motion	Sinusoidal
Vibration amplitude/acceleration	
10 Hz ≤ f ≤ 57 Hz	0,075 mm amplitude
57 Hz < f ≤ 150 Hz	10 m/s^2 (1 g)
Vibration duration	10 sweep cycles per axis on each of three mutually perpendicular axes
Detail of mounting	According to manufacturer's specification
Where the manufacturer specifies vibration levels that are greater than those above, the higher levels shall be used for the test. The acceptance criteria shall not be changed. Where the environmental conditions are known to be lower product committees using this standard as a reference document might specify lower level or no vibration test according to this table. The acceptance criteria shall not be changed. NOTE Ths test is an accelerated test which means that the level is higher than indicated in Table 18.	

5.2.6.5 Salt mist test (*type test*)

To verify the resistance against salt mist, the *PECS* in combination with its *installation* shall be evaluated by tests defined in this section according to the conditions specified in Table 34.

For *PECS* with a mass more than 100 kg, this test may be performed on sub-assemblies.

Table 34 – Salt mist test

Subject	Test conditions
Test reference	Test Kb of IEC 60068-2-52
Requirement reference	Table 18
Preconditioning	According to 5.1.2 and 5.2.1
Conditions	Power supply unconnected
Severity level	Severity level 2
Where the manufacturer specifies salt mist levels that are greater than those above, the higher levels shall be used for the test. The acceptance criteria shall not be changed. Where the environmental conditions are known to be lower product committees using this standard as a reference document might specify lower level or no salt mist test according to this table. The acceptance criteria shall not be changed.	

5.2.6.6 Dust and sand test (*type test*)

To verify the mechanical strength against dust and sand the *PECS* in combination with its *installation* shall be evaluated by tests defined in this section under the conditions specified in Table 35.

For *PECS* with a mass more than 100 kg, this test may be performed on sub-assemblies.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Table 35 – Dust and sand test

Subject	Test conditions
Test reference	Test Lc1 of IEC 60068-2-68
Requirement reference	Table 18
Preconditioning	According to 5.1.2 and 5.2.1
Conditions	Power supply unconnected
Particle size	Fine dust
Dust concentration	2 g/m^3
Air velocity	5 m/s
Air pressure in the specimen	Air pressure in the specimen is that of the ambient air pressure
Test duration	24 h
Where the manufacturer specifies dust and sand levels that are greater than those above, the higher levels shall be used for the test. The acceptance criteria shall not be changed. Where the environmental conditions are known to be lower product committees using this standard as a reference document might specify lower level or no dust and sand test according to this table. The acceptance criteria shall not be changed.	

5.2.7 Hydrostatic pressure test (*type test* and *routine test*)

For *type tests*, the pressure inside the cooling *system* of a liquid cooled *PECS* (see 4.7.2.3.3) shall be increased at a gradual rate until a pressure relief mechanism (if provided) operates, or until a pressure of twice the operating value or 1,5 times the maximum pressure rating of the *system* is achieved, whichever is the greater.

NOTE For the purpose of this test the coolant pump may be disabled.

For *routine tests*, the pressure shall be increased to the maximum pressure rating of the *system*.

The pressure shall be maintained for at least one minute.

There shall be no thermal, shock, or other hazard resulting from the test. There shall be no leakage of coolant or loss of pressure during the test, other than from a pressure relief mechanism during a *type test*.

After the hydrostatic pressure *type test* the *PECS* shall pass the a.c. or d.c. voltage test in 5.2.3.4.

6 Information and marking requirements

6.1 General

The purpose of this Clause 6 is to define the information necessary for the safe selection, installation and commissioning, operation, and maintenance of *PECS*. It is presented as Table 36, showing where the information shall be provided, followed by explanatory subclauses.

The requirements of Clause 6 apply to all *PECS*, unless otherwise stated.

Since any electrical equipment can be installed or operated in such a manner that hazardous conditions can occur, compliance with the design requirements of this standard does not by itself assure a safe *installation*. However, when equipment complying with those requirements is properly selected and correctly installed and operated, the hazards will be minimized.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

All information shall be in an appropriate language, and documents shall have identification references. Drawing symbols shall conform to IEC 60417 or IEC 60617 as appropriate. Symbols not shown in IEC 60417 or IEC 60617 shall be identified where used.

NOTE Further guidance for the preparation of documentation is provided in IEC 61082-1, and for the preparation of instructions and manuals in IEC 62079.

Table 36 – Information requirements

Information	Subclause reference	Location [a, b]					Technical subclause reference
		1	2	3	4	5	
For selection	**6.2**						
Manufacturer's name or trademark	6.2	X	X	X	X	X	
Catalogue number	6.2	X	X	X	X	X	
Voltage rating	6.2	X		X	X	X	
Current / Power rating	6.2	X		X		X	
Power rating	6.2	X		X		X	
Frequency and numbers of phases	6.2	X		X		X	
Protective class (I, II or III)	6.2, 6.3.7.3	X		X		X	4.4.6, 4.4.4.3.2, 4.4.6.3
Type of electrical supply *system*	6.2; 6.3.7.2			X			6.3.7.2
Short circuit ratings	6.2			X			4.3
IP rating of *enclosure*	6.2	X		X		X	4.4.3.3, 4.12.1
Reference to standards	6.2			X			
Supply requirements for the load	6.2			X			
Coolant type and design pressure	6.2			X		X	4.7.2
Reference to instructions	6.2			X	X	X	
For installation and commissioning	**6.3**						
Dimensions (SI units)	6.3.2			X		X	
Mass (SI units)	6.3.2		X	X		X	
Mounting details (SI units)	6.3.2			X		X	
Operating and storage environments	6.3.3			X		X	4.9
Handling requirements	6.3.4		X	X		X	
Enclosures temperature	6.3.5			X		X	4.6.4.2, 4.6.3.1
Interconnection and wiring diagrams	6.3.6.2			X		X	
Cable requirements	6.3.6.3			X		X	4.11
Terminal details	6.3.6.4			X		X	4.11.8
Protection requirements	6.3.7			X		X	4.3
Acessible parts and circuits	6.3.7.1			X		X	4.4.3.3; 4.4.6.4.2
Touch current	6.3.7.4	X		X		X	4.4.4.3.3
Compatibility with RCD	6.3.7.5	X		X		X	4.4.8
Special requirements	6.3.7.6			X		X	
External protective devices	6.3.7.7			X		X	4.3.2, 4.3.3, 5.2.4
Commissioning information	6.3.8			X			
For use	**6.4**						
General	6.4.1				X		
Adjustment	6.4.2			X	X	X	
Labels, signs and signals	6.4.3	X		X	X	X	

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Information	Subclause reference	Location [a, b]					Technical subclause reference
		1	2	3	4	5	
For maintenance	**6.5**						
Date code or serial number	6.5.1	X					
Maintenance procedures	6.5.1					X	4.4.3.3
Maintenance schedules	6.5.1				X	X	
Sub-assembly and component locations	6.5.1					X	
Repair and replacement procedures	6.5.1					X	
Adjustment procedures	6.5.1			X	X	X	
Special tools list	6.5.1			X		X	
Capacitor discharge	6.5.2	X		X		X	4.4.3.4
Auto restart/bypass	6.5.3			X	X	X	
Other hazards	6.5.4	X		X		X	

[a] Location: 1. On product (see 6.4.3); 2. On packaging; 3. In installation manual; 4. In user's manual; 5. In maintenance manual.

[b] The installation, user's and maintenance manuals may be combined as appropriate and, if acceptable to the customer, may be supplied in electronic format. When more than one of any product is supplied to a single customer, it is not necessary to supply a manual with each unit, if acceptable to the customer.

6.2 Information for selection

Each part of a *PECS* that is supplied as a separate product shall be provided with information relating to its function, electrical characteristics, and intended environment, so that its fitness for purpose and compatibility with other parts of the *PECS* can be determined. This information includes, but is not limited to:

- the name or trademark of the manufacturer, supplier or importer;
- catalogue number or equivalent;
- electrical ratings for each power *port*:
  - maximum nominal input voltage;
  - maximum nominal output voltage;
  - maximum nominal output current or nominal output power rating;
  - maximum nominal input current rms for dimensioning overload protective elements and wiring;
  - number of phases (e.g. 3 a.c.);
  - nominal frequency range; (e.g. 50-60Hz) protective class (I, II, III);
- the type of electrical supply *system* (e.g. TN, IT, etc.) to which the *PECS* may be connected;
- *prospective short circuit current* rating(s) in accordance with 4.3.2.2 and 5.2.4.4;
- *output short circuit current* accordance with 4.3.2.3;
- protective device characteristics, in accordance with 4.3.2 and 5.2.4.4;
- supply requirements of the load (if applicable);
- liquid coolant type and design pressure for liquid cooled *PECS*;
- IP rating for *enclosure*;
- operating and storage environment;
- reference(s) to relevant standard(s) for manufacture, test, or use;
- reference to instructions for installation, use and maintenance.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

The information shall be limited to that which is essential for correct selection to be made, and should relate to specific equipment. If information covers a number of product variants, it shall be readily possible to distinguish between them.

6.3 Information for installation and commissioning

6.3.1 General

Safe and reliable installation is the responsibility of the installer, machine builder, and/or user. The manufacturer of any part of the *PECS* shall provide information to support this task. This information shall be unambiguous, and may be in diagrammatic form.

6.3.2 Mechanical considerations

The following drawings shall be prepared by the manufacturer:

- dimensional drawing, including mass information;
- mounting drawing.

Dimensions, mass, etc., shall be in SI units.

6.3.3 Environment

In accordance with 4.9 the following environmental conditions shall be specified, for operation, transportation and storage:

- climatic (temperature, humidity, altitude, pollution, ultra-violet light, etc.);
- mechanical (vibration, shock, drop, topple, etc.);
- electrical (overvoltage category).

NOTE Environmental categories as specified in IEC 60721 may be used where appropriate.

6.3.4 Handling and mounting

In order to prevent injury or damage, the installation documents shall include warnings of any hazards which can be experienced during installation. Where necessary, instructions shall be provided for:

- packing and unpacking;
- moving;
- lifting;
- strength and rigidity of mounting surface;
- fastening;
- provision of adequate access for operation, adjustment and maintenance.

6.3.5 *Enclosure* temperature

When surface temperatures of the *PECS,* close to mounting surfaces, exceed the limit of 4.6.4.2 , the installation manual shall contain a warning to consider the combustibility of the mounting surface.

Where required by 4.6.3.1, the following marking shall appear on the *PECS* and in the installation instructions: “suitable for mounting on concrete or other non-combustible surfaces only”.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

6.3.6 Connections

6.3.6.1 General

Information shall be provided to enable the installer to make safe electrical connection to the *PECS*. This shall include information for protection against hazards (for example, electric shock or availability of energy) that may be encountered during installation, operation or maintenance.

6.3.6.2 Interconnection and wiring diagrams

The installation and maintenance manuals shall include details of all necessary connections, together with a suggested interconnection diagram.

6.3.6.3 Conductor (cable) selection

The installation manual shall define the voltage and current levels for all connections to the *PECS*, together with cable *insulation* requirements. These shall be worst-case values, taking into account short circuit and overload conditions and the possible effects of non-sinusoidal currents.

6.3.6.4 Terminal capacity and identification

The installation and maintenance manuals shall indicate the range of acceptable conductor sizes and types (solid or stranded) for all terminals, and also the maximum number of conductors which can simultaneously be connected.

For *field wiring terminals*, the manuals shall specify the requirements for tightening torque values and also the *insulation* temperature rating requirements for the conductor or cable.

The identification of all *field wiring terminals* shall be marked on the *PECS*, either directly or by a label attached close to the terminals.

The installation and maintenance manuals shall identify all external terminals relating to circuits protected by one of the methods of 4.4.6.4.

6.3.7 Protection requirements

6.3.7.1 Accessible parts and circuits

The installation and maintenance manuals shall identify any accessible parts at voltages greater than *DVC As*, and shall describe the *insulation* and separation provisions required for protection.

The manuals shall also indicate the precautions to be taken to ensure that the safety of *DVC As* connections is maintained during installation.

Where a hazard is present after the removal of a cover, a warning label shall be placed on the equipment. The label shall be visible before the cover is removed.

The manual of a *PECS* shall state the maximum voltage allowed to be connected to each *port*.

The manuals shall provide instructions for the use of *PELV circuits* within a *zone of equipotential bonding*.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

6.3.7.2 Type of electrical supply *system*

The installation manual of the *PECS* shall specify requirements for safe earthing including the permitted earthing *system* of the *installation* (see 4.4.7.1.4).

The unacceptable earthing *system*s shall be indicated as:

- not permitted; or
- with modification of values and/or safety levels which shall be quantified through *type test.*

6.3.7.3 Protective class

6.3.7.3.1 General

The installation manual of the *PECS* shall declare the protective class specified for the *PECS* and the product shall be marked according to the requirement of 6.3.7.3.2, 6.3.7.3.3, and 6.3.7.3.4.

6.3.7.3.2 *Protective class I* equipment

Terminals for connection of the *PE conductor* shall be clearly and indelibly marked with one or more of the following:

- the symbol IEC 60417-5019 (2011-01) (see Annex C); or
- with the letters PE; or
- the colour coding green or green-yellow.

6.3.7.3.3 *Protective class II* equipment

Equipment of *protective class II* shall be marked with symbol IEC 60417-5172 (2011-01) (see Annex C). Where such equipment has provision for the connection of an earthing conductor for functional reasons (see 4.4.6.3) it shall be marked with symbol IEC 60417-5018 (2011-01) (see Annex C).

6.3.7.3.4 *Protective class III* equipment

No marking is required on the product.

6.3.7.4 *Touch current* marking

Where the *touch current* in the *PE conductor* exceeds the limits given in 4.4.4.3.3., this shall be stated in the installation and maintenance manuals. In addition, a warning symbol ISO 7010-W001 (2011-06) (see Annex C) shall be placed on the product, and a notice shall be provided in the installation manual to instruct the user that the minimum size of the *PE conductor* shall comply with the local safety regulations for high *PE conductor* current equipment.

6.3.7.5 Compatibility with RCD marking

The installation and maintenance manuals shall indicate compatibility with RCDs (see 4.4.8). When 4.4.8 b) applies, a caution notice and the symbol ISO 7010-W001 (2011-06) (see Annex C) shall be provided in the user manual, and the symbol shall be placed on the product. The caution notice shall be the following or equivalent: *"This product can cause a d.c. current in the PE conductor. Where a residual current-operated protective device (RCD) is used for protection against electrical shock, only an RCD of Type B is allowed on the supply side of this product."* (See 6.4.3 for general requirements for labels, signs and signals.)

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

6.3.7.6 Cable and connection

Any particular cable and connection requirements shall be identified in the installation and maintenance manuals.

6.3.7.7 External protection devices

Where external protective devices are necessary to protect against hazards, the installation and maintenance manual shall specify the required characteristics (see also 5.2.4 and 4.3.2.1).

6.3.8 Commissioning

If *commissioning tests* are necessary to ensure the electrical and thermal safety of a *PECS*, information to support these tests shall be provided for each part of the *PECS*. This information can depend on the specific *installation*, and close cooperation between manufacturer, installer, and user can be required.

Commissioning information shall include references to hazards that might be encountered during commissioning, for example those mentioned in 6.4 and 6.5.

6.4 Information for use

6.4.1 General

The user's manual shall include all information regarding the safe operation of the *PECS*. In particular, it shall identify any hazardous materials and risks of electric shock, overheating, explosion, excessive acoustic noise, etc.

The manual should also indicate any hazards which can result from reasonably foreseeable misuse of the *PECS*.

6.4.2 Adjustment

The user's manual shall give details of all safety-relevant adjustments intended for the user. The identification or function of each control or indicating device and overcurrent protective devices shall be marked adjacent to the item. Where it is not possible to do this on the product, the information shall be provided pictorially in the manual.

Maintenance adjustments may also be described in this manual, but it shall be made clear that they should only be made by qualified personnel.

Clear warnings shall be provided where excessive adjustment could lead to a hazardous state of the *PECS*.

Any special equipment necessary for making adjustments shall be specified and described.

6.4.3 Labels, signs and signals

6.4.3.1 General

Labelling shall be in accordance with good ergonomic principles so that notices, controls, indications, test facilities, overcurrent protective devices, etc., are sensibly placed and logically grouped to facilitate correct and unambiguous identification.

All safety related equipment labels shall be located so as to be visible after installation or readily visible by opening a door or removing a cover.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Where a symbol is used, the information provided with the *PECS* shall contain an explanation of the symbol and its meaning.

Labels shall:

- wherever possible, use international symbols as given by ISO 3864-1, ISO 7000 or IEC 60417;
- if no international symbol is available, be worded in an appropriate language or in a language associated with a particular technical field;
- be conspicuous, legible and durable;
- be concise and unambiguous;
- state the hazards involved and give ways in which risks can be reduced.

When instructing the person(s) concerned as to

- what to avoid: the wording should include “no”, “do not”, or “prohibited”;
- what to do: the wording should include “shall”, or “must”;
- the nature of the hazard: the wording should include “caution”, “warning”, or “danger”, as appropriate;
- the nature of safe conditions: the wording should include the noun appropriate to the safety device.

Safety signs shall comply with ISO 3864-1.

The signal words indicated hereinafter shall be used and the following hierarchy respected:

- DANGER to call attention to a high risk, for example: “High voltage”.
- WARNING to call attention to a medium risk, for example: “This surface can be hot.”
- CAUTION to call attention to a low risk, for example: “Some of the tests specified in this standard involve the use of processes imposing risks on persons concerned.”

Danger, warning and caution markings on the *PECS* shall be prefixed with the word “DANGER”, “WARNING”, or “CAUTION” as appropriate in letters not less than 3,2 mm high. The remaining letters of such markings shall be not less than 1,6 mm high.

6.4.3.2 Isolators

Where an isolating device is not intended to interrupt load current, a warning shall state:

DO NOT OPEN UNDER LOAD.

The following requirements apply to any supply isolating device which does not disconnect all sources of power to the *PECS*.

- If the isolating device is mounted in an equipment *enclosure* with the operating handle externally operable, a warning label shall be provided adjacent to the operating handle stating that it does not disconnect all power to the *PECS*.
- Where a control circuit disconnector can be confused with power circuit disconnectors due to size or location, a warning label shall be provided adjacent to the operating handle of the control circuit disconnector stating that it does not disconnect all power to the *PECS*.

6.4.3.3 Visual and audible signals

Visual signals such as flashing lights, and audible signals such as sirens, may be used to warn of an impending hazardous event such as the driven equipment start-up and shall be identified.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

It is essential that these signals:

- are unambiguous;
- can be clearly perceived and differentiated from all other signals used;
- can be clearly recognized by the user;
- are emitted before the occurrence of the hazardous event.

It is recommended that higher frequency flashing lights be used for higher priority information.

NOTE IEC 60073 provides guidance on recommended flashing rates and on/off ratios.

6.4.3.4 Hot surfaces

Where required by 4.6.4.2 the warning symbol ISO 7010-W017 (2011-06) (see Annex C) shall be marked on or adjacent to parts exceeding the touch temperature limits of Table 15.

6.4.3.5 Control and device marking

The identification of each control or indicating device and overcurrent protective devices shall be marked adjacent to the item. Replaceable overcurrent protective devices shall be marked with their rating and time characteristics. Where it is not possible to do this on the product, the information shall be provided pictorially in the manual.

Appropriate identification shall be marked on or adjacent to each movable connector.

Test points shall be individually marked with the circuit diagram reference.

The polarity of any polarized devices shall be marked adjacent to the device.

The diagram reference and if possible the function shall be marked adjacent to each pre-set control in a position where it is clearly visible while the adjustment is being made.

6.5 Information for maintenance

6.5.1 General

The *PECS* shall be marked with the date code, or serial number from which the date of manufacture can be determined.

Safety information shall be provided in the installation and maintenance manuals including, as appropriate, the following:

- preventive maintenance procedures and schedules;
- safety precautions during maintenance;
- location of *live parts* that can be accessible during maintenance (for example, when covers are removed);
- adjustment procedures;
- sub-assembly and component repair and replacement procedures;
- any other relevant information.

NOTE 1 These can best be presented as diagrams.

NOTE 2 A list of special tools can be provided, when appropriate.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

6.5.2 Capacitor discharge

When the requirements in 4.4.3.4 are not met, the warning symbol ISO 7010-W012 (2011-06) (see Annex C) and an indication of the minimum discharge time required for discharge under worst conditions (for example, discharge time 5 min) shall be placed in a clearly visible position on the *enclosure*, the capacitor protective barrier, or at a point close to the capacitor(s) concerned (depending on the construction). The symbol shall be explained and the time required for the capacitors to discharge after the removal of power from the *PECS* shall be stated in the installation and maintenance manuals.

NOTE The value of the discharge time declared by the manufacturer may cover a range of *PECS* taking into account the relevant tolerances for the complete range of *PECS*.

6.5.3 Auto restart/bypass connection

If a *PECS* can be configured to provide automatic restart or bypass connection, the installation, user and maintenance manuals shall contain appropriate warning statements.

A *PECS* which is set to provide automatic restart or bypass connection, after the removal of power, shall be clearly identified at the *installation*.

6.5.4 Other hazards

The manufacturer shall identify, on the product, in the installation and maintenance manuals, as applicable, any components and materials of a *PECS* which require special procedures to prevent hazards on the product.

6.5.5 Equipment with multiple sources of supply

In accordance with 4.8, where there is more than one source of supply energizing the *PECS*, information shall be provided to indicate which disconnect device or devices are required to be operated in order to completely isolate the equipment.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Annex A
(normative)

Additional information for protection against electric shock

A.1 General

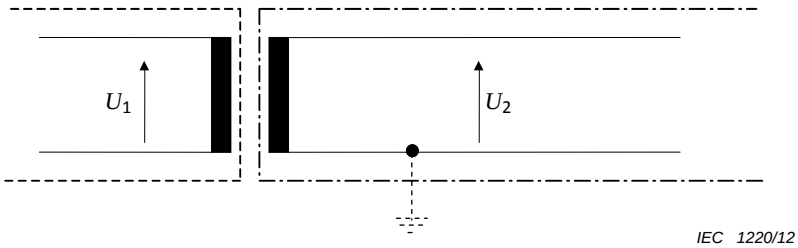
Figure A.1 to Figure A.3 show examples of the methods used for protection against electric shock in *protective class III* equipment and circuits (see 4.4.6.4).

---------- *Basic protection*

– · – · – · – · – · – · – · – *Protective separation* from circuits requiring *basic protection*

A.2 Protection by means of *DVC As*

(see 4.4.2.2)



Key

U_1: hazardous voltage, earthed or unearthed

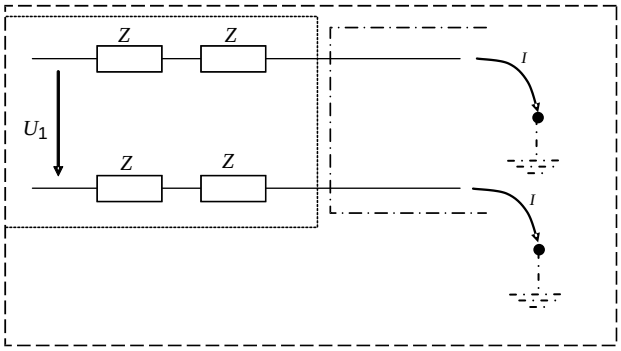
U_2: ≤ *DVC As* from Table 5

Figure A.1 – Protection by *DVC As* with *protective separation*

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

A.3 Protection by means of *protective impedance*

(see 4.4.5.4)



IEC 1221/12

Key

Z resistor

U_1 hazardous voltage, earthed or unearthed

$I \leq$ 3,5 mA a.c., 10 mA d.c.

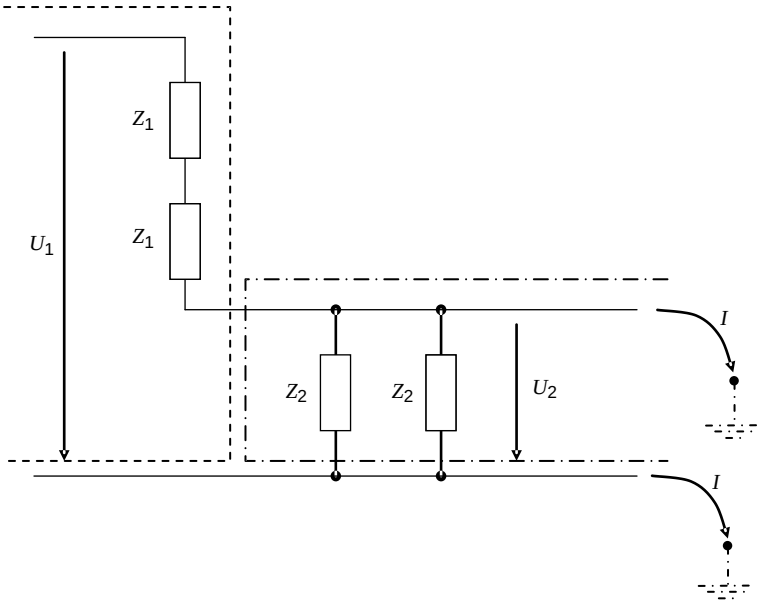
NOTE To provide protection in single-fault conditions, use the following equation $I = \frac{U_1}{Z}$

Figure A.2 – Protection by means of *protective impedance*

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

A.4 Protection by using limited voltages

(see 4.4.5.4)



IEC 1222/12

Key

Z: resistor

U_1: hazardous voltage, earthed

$U_2 \leq$ *DVC As* from Table 5.

NOTE To provide protection in single-fault conditions, use equations: $U_2 = \frac{U_1 Z_2}{2Z_1 + Z_2}$ or. $U_2 = \frac{U_1 Z_2}{2(Z_1 + Z_2/2)}$

Figure A.3 – Protection by using limited voltages

A.5 Evaluation of *working voltage* and selection of *DVC* for touch voltage, *PELV* and *SELV* circuits

A.5.1 General

In A.4, the selection of *DVC* for touch voltage and for *PELV* and *SELV* circuit is possible depending on the different body reactions:

- *Ventricular fibrillation* (AC4 / DC4 ofIEC 60479-1)
- *Muscular reaction (inability to let go)* (AC3 / DC3 of IEC 60479-1)
- *Startle reaction* (AC2 / DC2 of IEC 60479-1)

NOTE Both “inability to let go reaction” or “muscular reaction” from IEC/TR 60479-5 are related to the same body reaction.

in combination with the following humidity body skin conditions:

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

- dry;
- water wet;
- saltwater wet;

and in combination with the following surface areas for contact of the touch voltages:

- part of the body (nearly 500 cm^2);
- hand (nearly 80 cm^2);
- finger tip (nearly 1 cm^2);

The *DVC* for touch voltage, as suggested in the Tables A.1, A.2 and A.3, depends on:

- the body reaction (one table for each body reaction);
- the body contact area;
- the skin condition.

Data are given for the design of equipment which possibly includes more than one circuit.

Conditions for selection of *DVC* for *PELV* & *SELV* circuits are given in 4.4.6.4.2.

For a dedicated body reaction, the *DVC* decreases:

- coming from a small contact area to a large contact area;
- coming from the dry skin condition to the saltwater wet skin condition.

Under a dedicated body contact area and a dedicated body skin humidity condition, the *DVC* decreases coming from a strong body reaction (*ventricular fibrillation*) to a light body reaction (*startle reaction*).

Some combinations of a body contact area and a body skin humidity condition do not allow defining any possible *DVC* for the prevention of a dedicated body reaction. For these combinations, *basic protection* is required.

A.5.2 Selection of DVC for touch voltage sets to protect against *ventricular fibrillation*

Table A.1 – Selection of touch voltage sets to protect against *ventricular fibrillation*

Body skin humidity condition	**Body contact area**		
	Part of the body	**Hand**	**Finger tip**
Dry	*DVC A2*	*DVC A*	*DVC B*
Water wet	*DVC A1*	*DVC A2*	*DVC A*
Saltwater wet	*Basic protection* against accessibility is required	*DVC A1*	*DVC A2*

NOTE Table A.1 is identical to Table 2.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

A.5.3 Selection of DVC for touch voltage sets to protect against *muscular reaction*

Table A.2 – Selection of touch voltage sets to protect against *muscular reaction*

Body skin humidity condition	Body contact area		
	Part of the body	Hand	Finger tip
Dry	*Basic protection* against accessibility is required	*DVC A2*	*DVC A*
Water wet	*Basic protection* against accessibility is required	*DVC A1*	*DVC A2*
Saltwater wet	*Basic protection* against accessibility is required	*Basic protection* against accessibility is required	*DVC A1*

A.5.4 Selection of DVC for touch voltage sets to protect against *startle reaction*

Table A.3 – Selection of touch voltage sets to protect against *startle reaction*

Body skin humidity condition	Body contact area		
	Part of the body	Hand	Finger tip
Dry	*Basic protection* against accessibility is required	*Basic protection* against accessibility is required	*DVC A2*
Water wet	*Basic protection* against accessibility is required	*Basic protection* against accessibility is required	*DVC A1*
Saltwater wet	*Basic protection* against accessibility is required	*Basic protection* against accessibility is required	*Basic protection* against accessibility is required

A.5.5 Determination of voltage limits for touch voltage under fault condition depending on *protective equipotential bonding* impedance

The evaluation of the *protective equipotential bonding* impedance in 4.4.4.2.2 shall be done by using the following figures. The maximum touch voltages values under fault allowed are depending on reaction of the body, environmental condition and part of the body in contact.

The curves are provided with a current path way from hand to the contact area of the body with the person standing up.

The short-term non-recurring touch voltage limits are given in A.5.6 to A.5.8.

A.5.6 Touch time-d.c. voltage zones of *ventricular fibrillation*

Figures A.4, A.5 and A.6 provide information on the short term non-recurring d.c. touch voltage limits for protection against *ventricular fibrillation*.

The figures provide information for acceptable level for part of the body, hand and finger tip under dry, water-wet and salt water wet conditions.

For some combinations no information for time-voltage zone is given and *basic protection* against accessibility is required.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

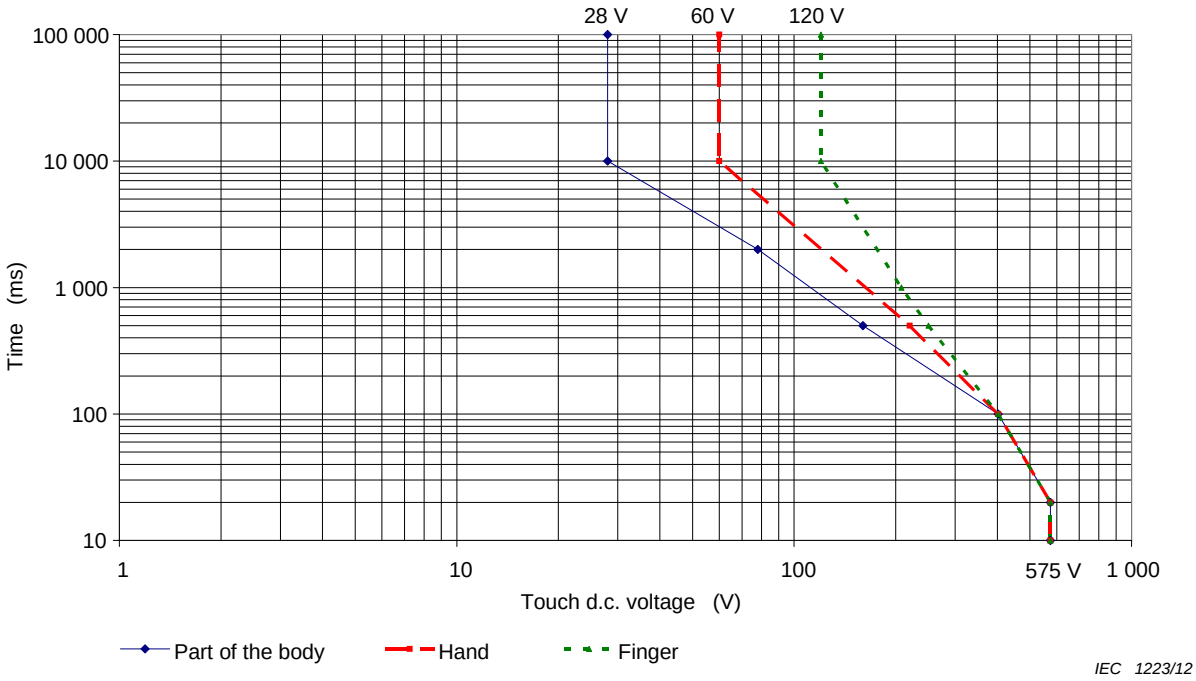


Figure A.4 – Touch time- d.c. voltage zones for dry skin condition

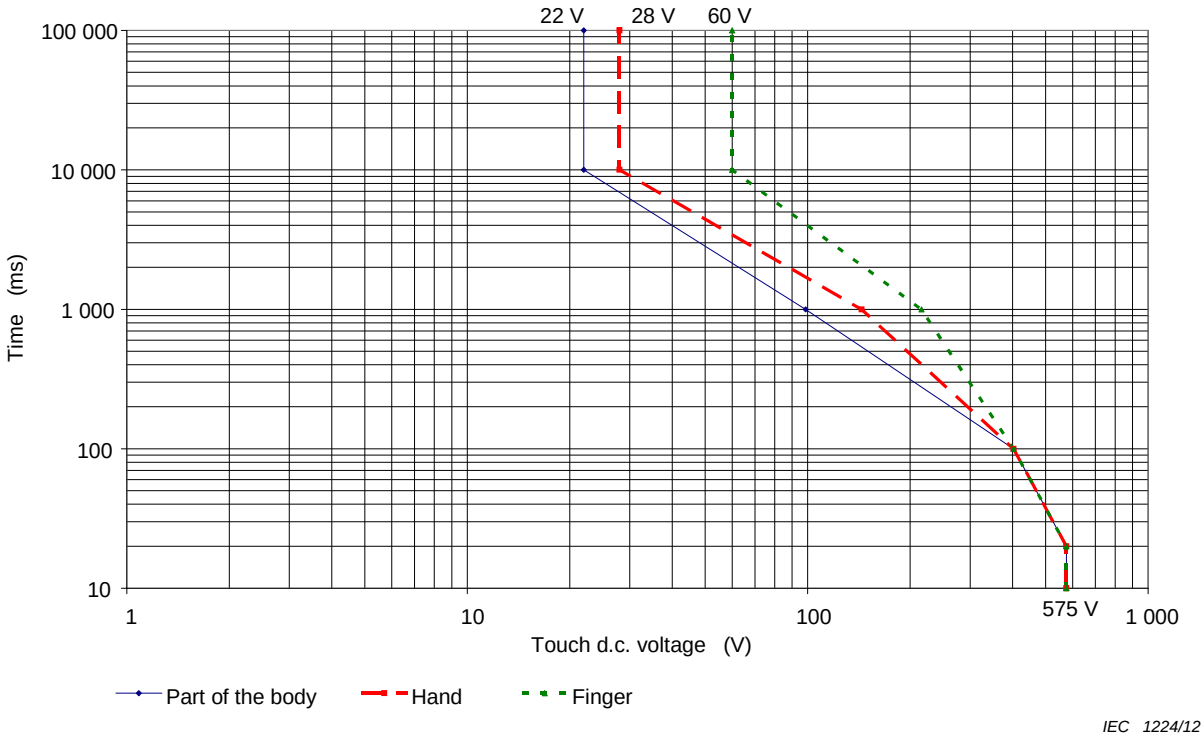


Figure A.5 – Touch time- d.c. voltage zones for water-wet skin condition

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

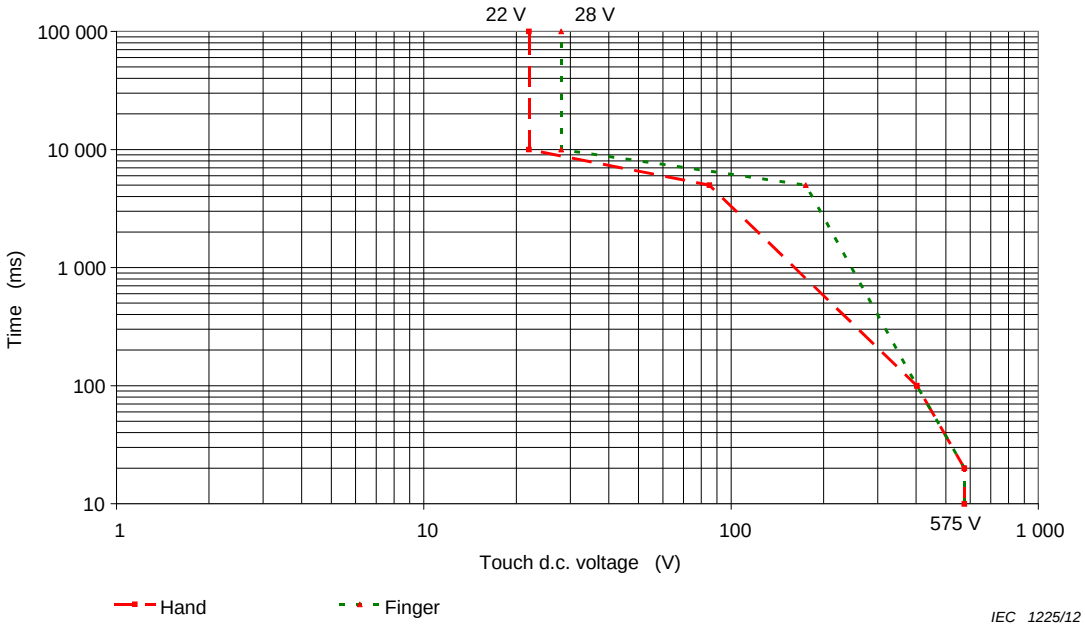


Figure A.6 – Touch time- d.c. voltage for saltwater-wet skin condition

NOTE Figures A.4 to A.6 are identical to Figures 1 to 3.

A.5.7 Touch time- d.c. voltage zones of *muscular reaction (inability to let go reaction)*

Figures A.7, A.8 and A.9 provide information on the short term non-recurring d.c. touch voltage limits for protection against *muscular reaction*.

The figures provide information for acceptable level for part of the body, hand and finger tip under dry, water-wet and salt water wet conditions.

For some combinations no information for time-voltage zone is given and *basic protection* against accessibility is required.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

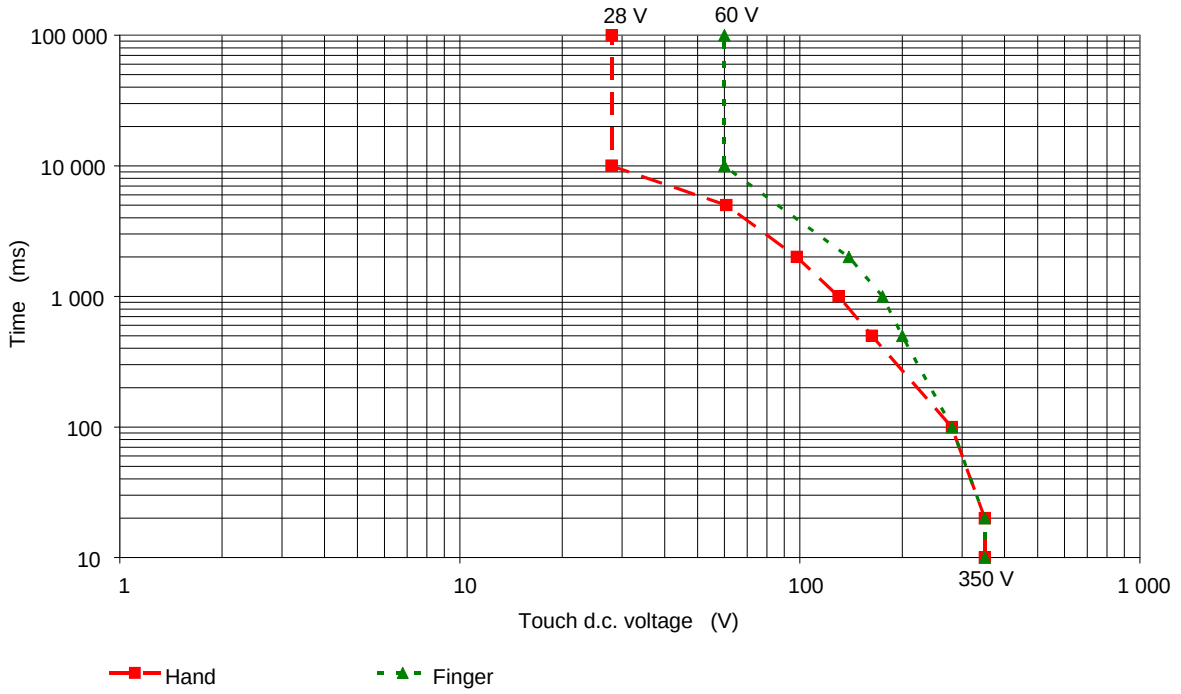


Figure A.7 – Touch time- d.c. voltage zones of dry skin condition

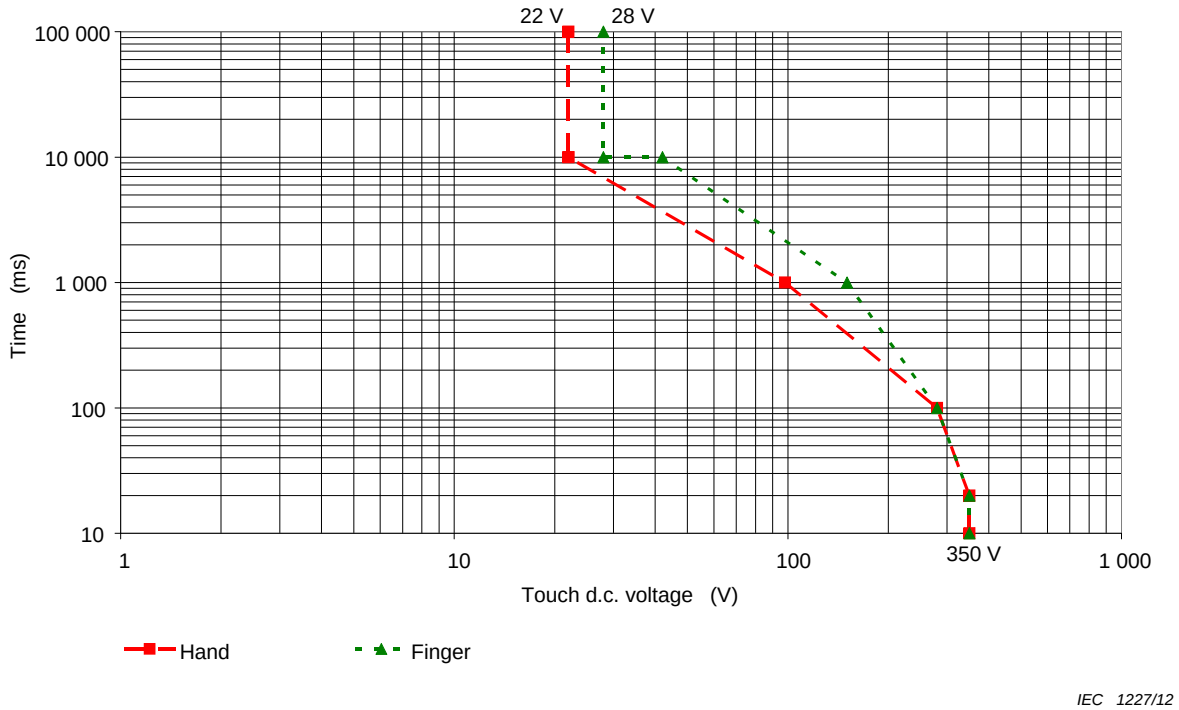


Figure A.8 – Touch time- d.c. voltage zones of water-wet skin condition

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

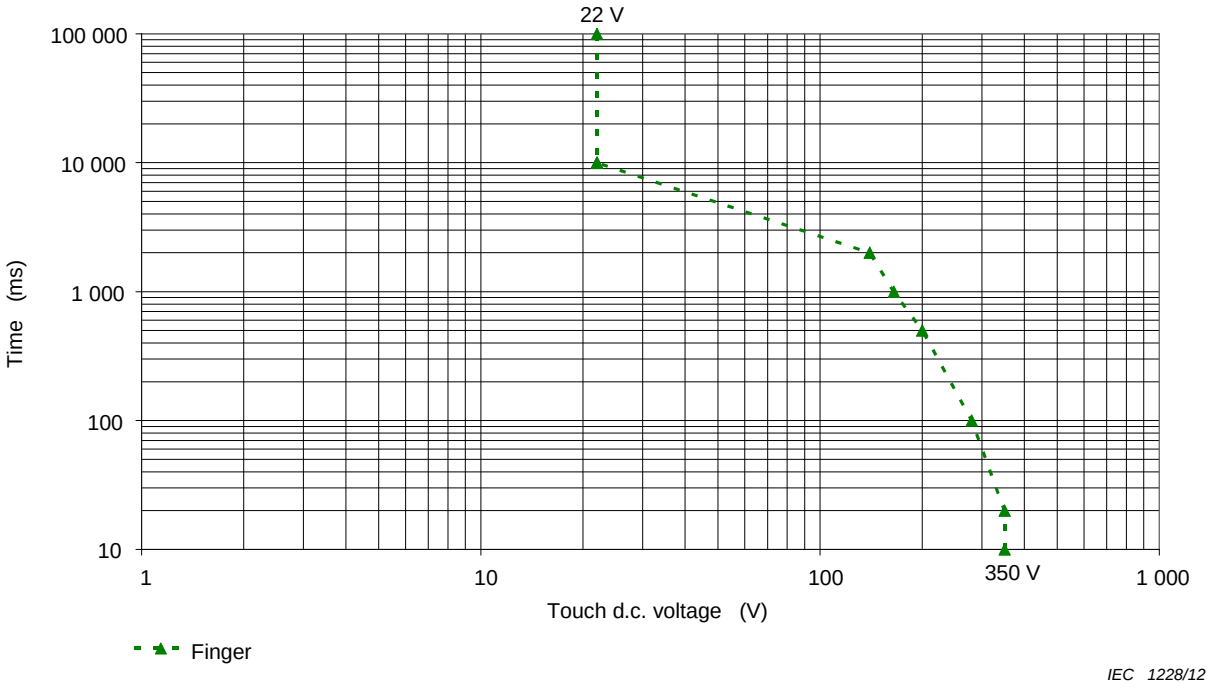


Figure A.9 – Touch time- d.c. voltage zones of saltwater-wet skin condition

A.5.8 Touch time- d.c. voltage zones for *startle reaction*

Figures A.10 and A.11 provide information on the short term non-recurring d.c. touch voltage limits for protection against *startle reaction*.

The figures provide information for acceptable level for part of the body, hand and finger tip under dry, water-wet and salt water wet conditions.

For some combinations no information for time-voltage zone is given and *basic protection* against accessibility is required.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

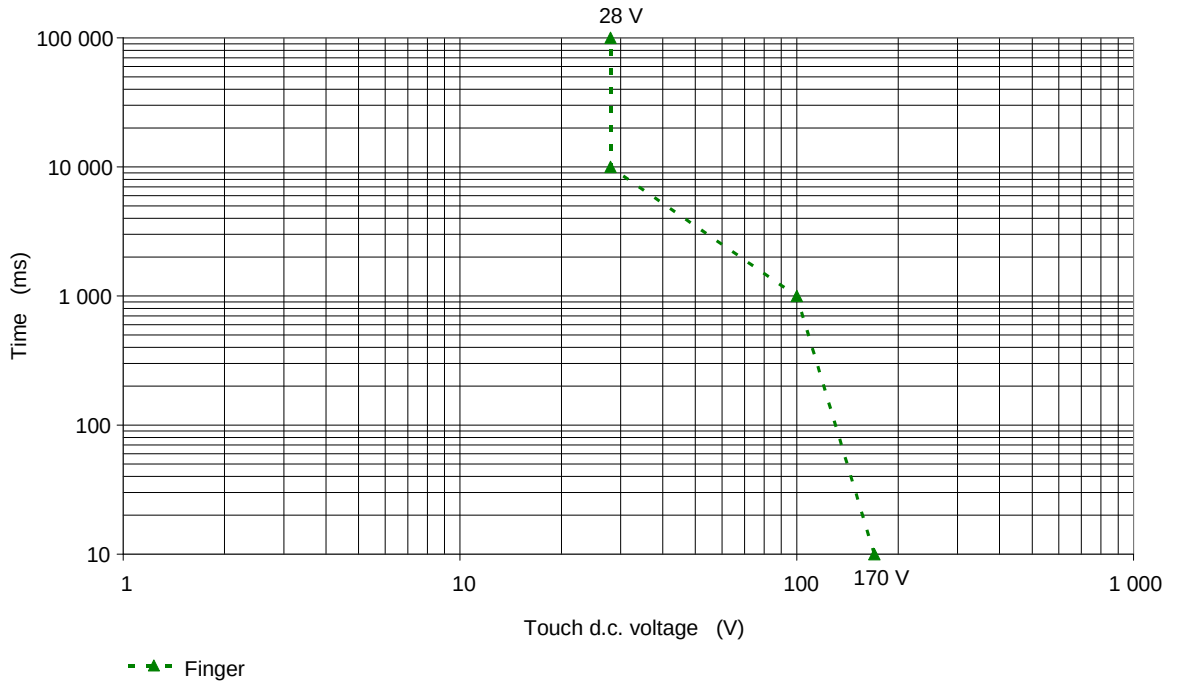


Figure A.10 – Touch time- d.c. voltage zones of dry skin condition

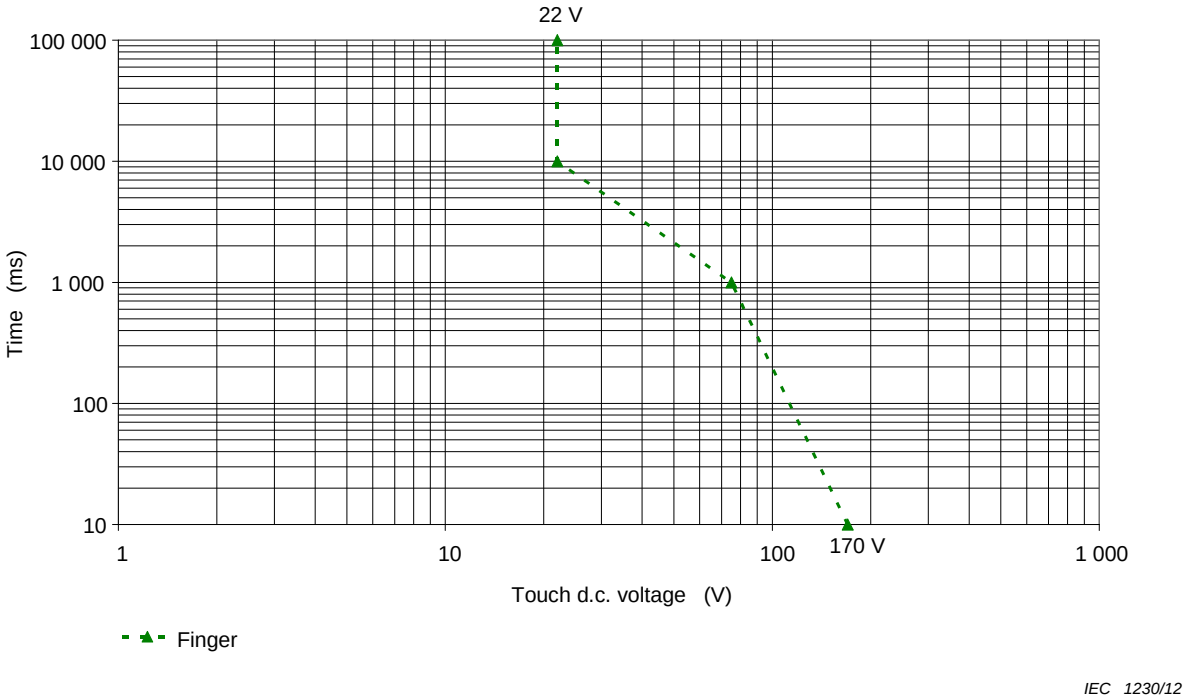


Figure A.11 – Touch time- d.c. voltage zones of water-wet skin condition

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

A.5.9 Touch time-a.c. voltage zones of *ventricular fibrillation*

Figures A.12, A.13 and A.14 provide information about the short term non-recurring a.c. touch voltage limits for protection against ventricular fibrilation.

The figures provide information for acceptable level for part of the body, hand and finger tip under dry, water-wet and salt water wet conditions.

For some combinations no information for time-voltage zone is given and *basic protection* against accessibility is required.

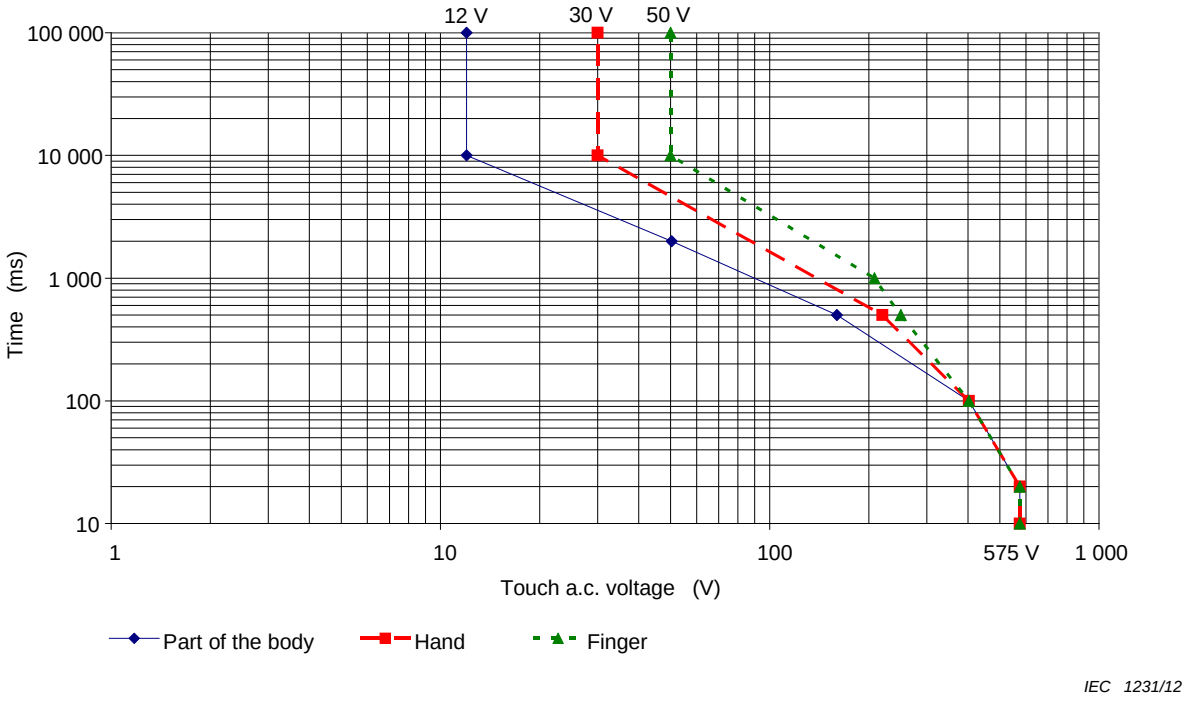


Figure A.12 – Touch time- a.c. voltage zones for dry skin condition

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

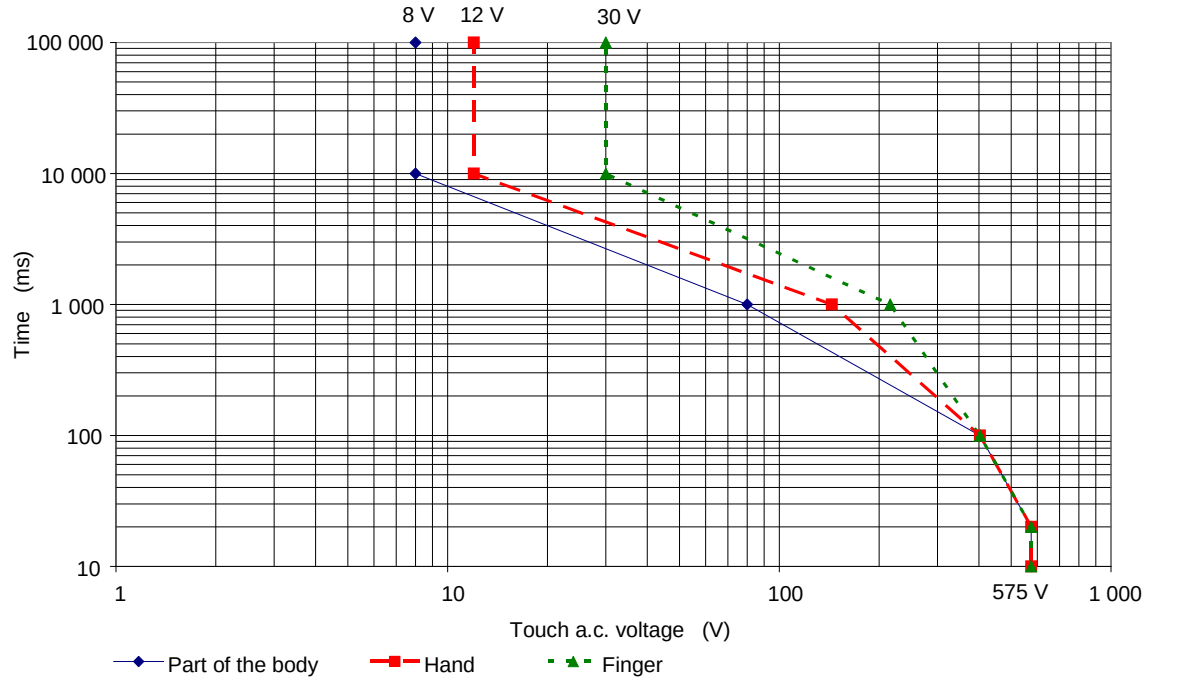


Figure A.13 – Touch time- a.c. voltage zones of water-wet skin condition

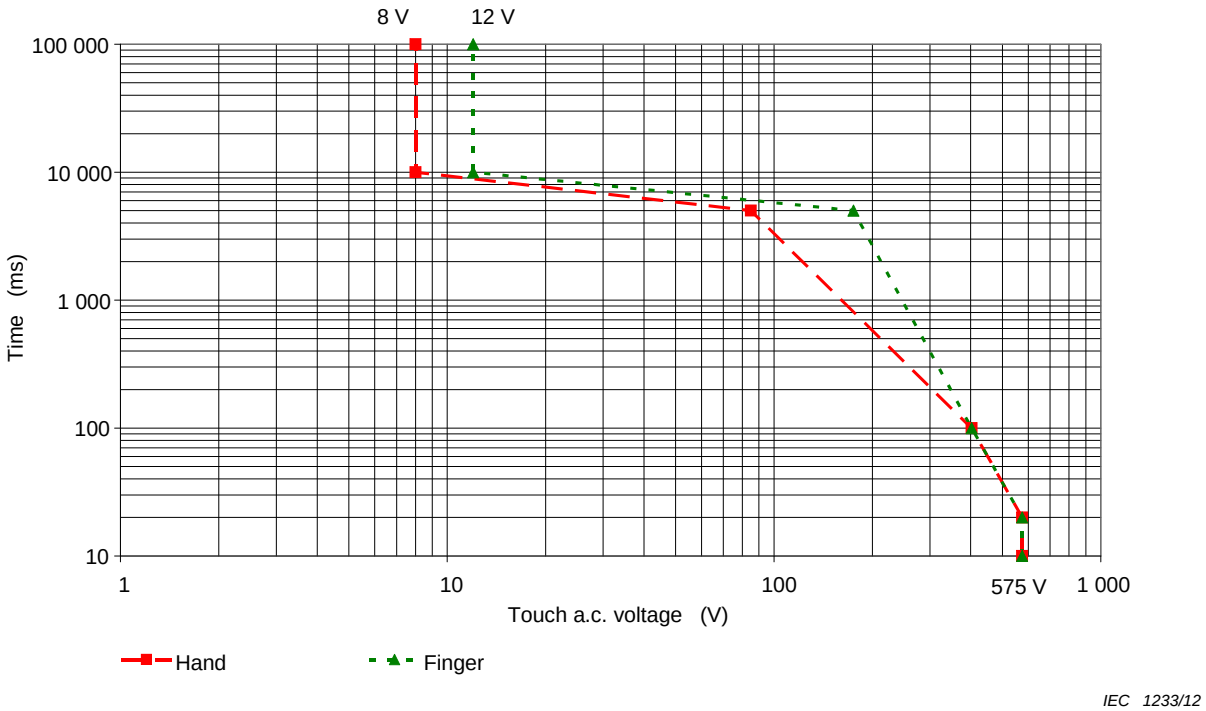


Figure A.14 – Touch time- a.c. voltage of saltwater-wet skin condition

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

A.5.10 Touch time- a.c. voltage zones of *muscular reaction (inability to let go reaction)*

Figures A.15, A.16 and A.17 provide information about the short term non-recurring a.c. touch voltage limits for protection against *muscular reaction*.

The figures provide information for acceptable level for part of the body, hand and finger tip under dry, water-wet and salt water wet conditions.

For some combinations no information for time-voltage zone is given and *basic protection* against accessibility is required.

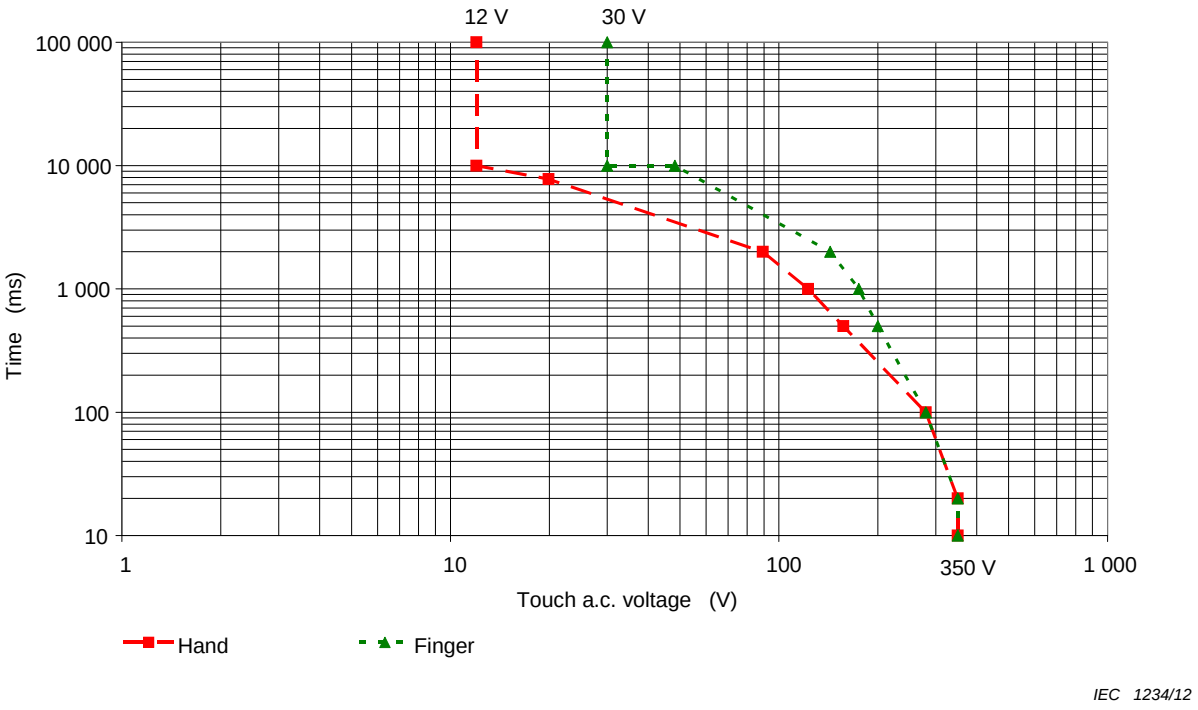


Figure A.15 – Touch time- a.c. voltage zones of dry skin condition

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

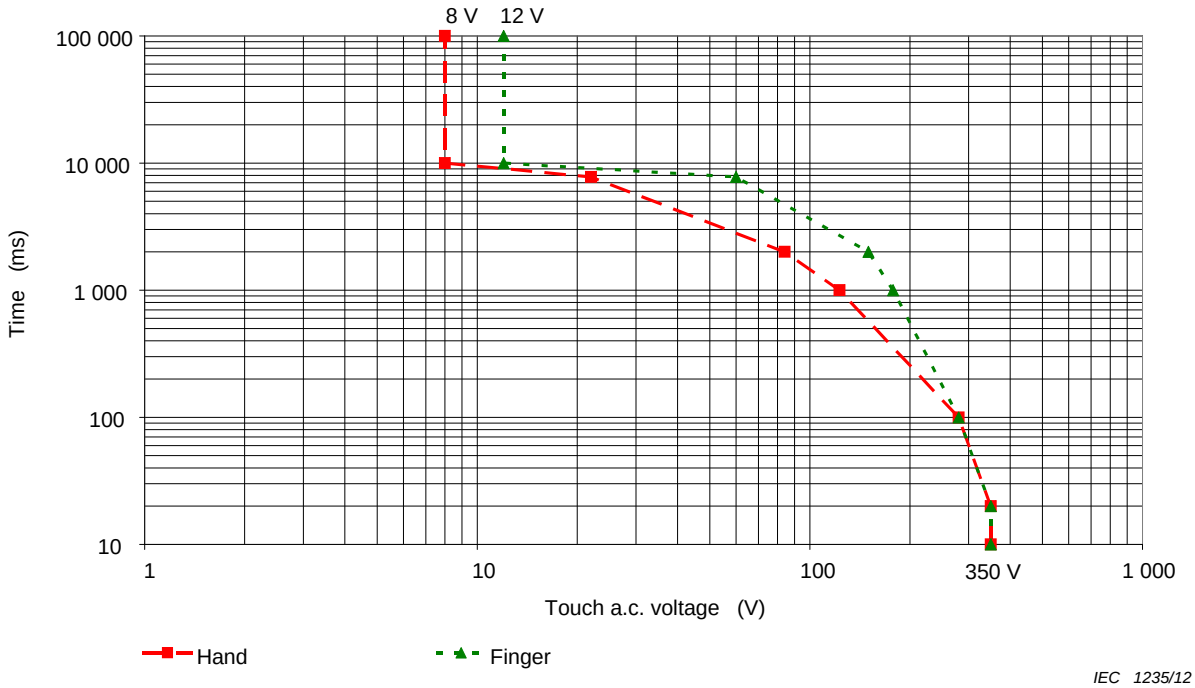


Figure A.16 – Touch time- a.c. voltage zones of water-wet skin condition

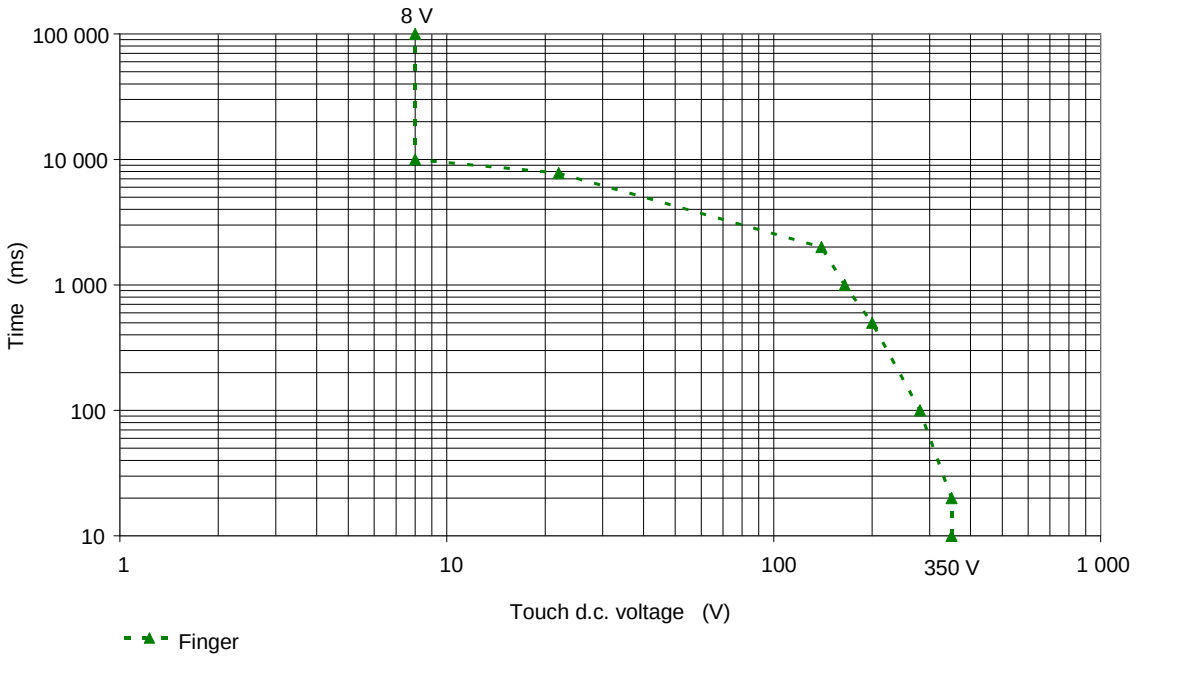


Figure A.17 – Touch time- a.c. voltage zones of saltwater-wet skin condition

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

A.5.11 Touch time- a.c.voltage zones for *startle reaction*

Figures A.18 and A.19 provide information about the short term non-recurring a.c. touch voltage limits for protection against *startle reaction*.

The figures provide information for acceptable level for part of the body, hand and finger tip under dry, water-wet and salt water wet conditions.

For some combinations no information for time-voltage zone is given and *basic protection* against accessibility is required.

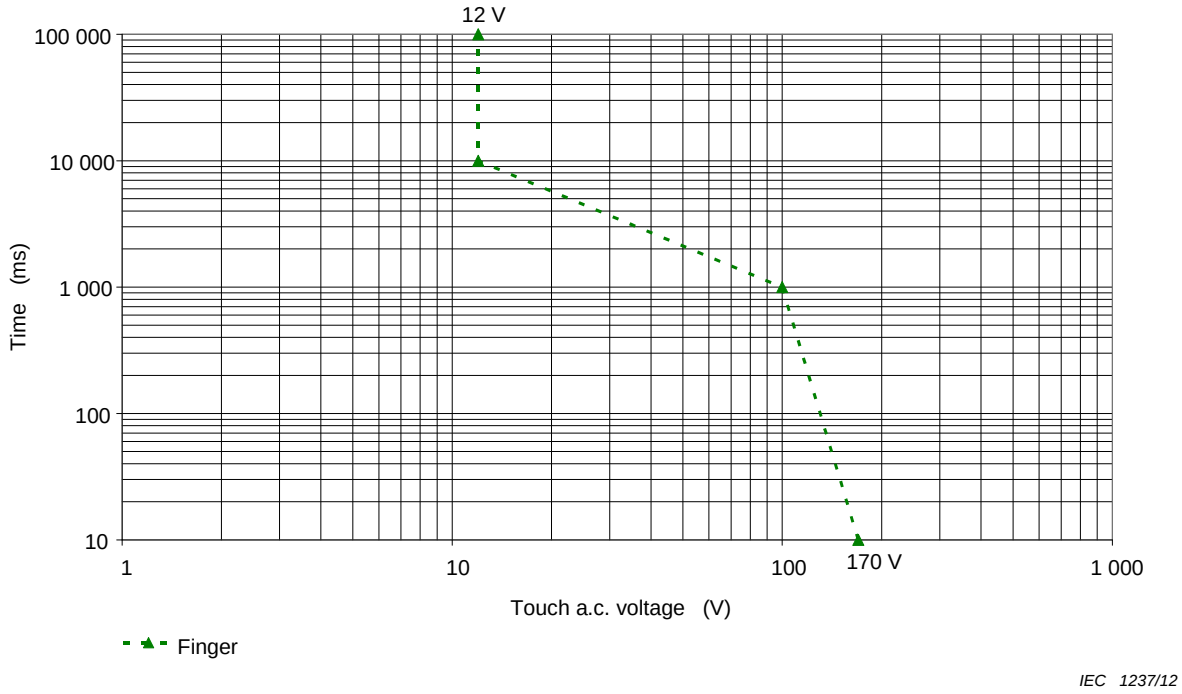


Figure A.18 – Touch time- a.c. voltage zones of dry skin condition

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

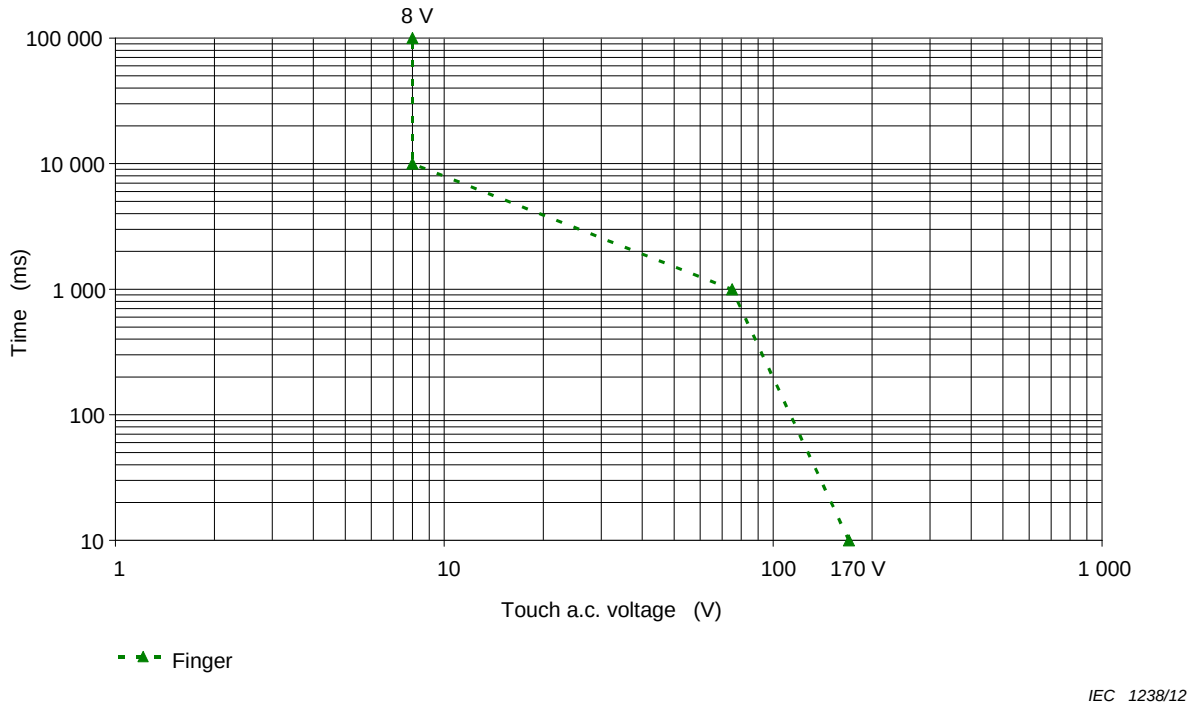


Figure A.19 – Touch time- a.c. voltage zones of water-wet skin condition

A.6 Evaluation of the *working voltage* of circuits

A.6.1 General

Determination of the *working voltage* for

- a.c. r.m.s. (U_{AC});
- a.c. recurring peak (U_{ACP}); and
- d.c. (average)

is done with the method set out below. Three cases of waveforms are considered as an example.

Figures A.20 to A.22 show typical waveforms for the evaluation of *working voltage*.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

A.6.2 AC working voltage

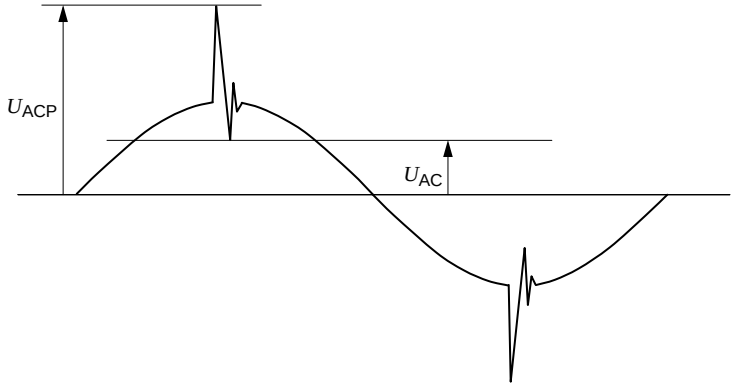


Figure A.20 – Typical waveform for a.c. *working voltage*

The *working voltage* has an r.m.s. value U_{AC} and a recurring peak value U_{ACP}.

The *DVC* is that of the lowest voltage row of Table 5 for which both of the following conditions are satisfied:

- $U_{AC} \leq U_{ACL}$
- $U_{ACP} \leq U_{ACPL}$

Example with values:

U_{AC} = 39 V --> is lower than U_{ACL} = 50 V --> *DVC B*

U_{ACP} = 91 V --> is higher than U_{ACPL} = 71 V --> *DVC C*

The rule for determination of *DVC* of the voltage is to select the highest *DVC*.

Result: --> this *working voltage* becomes *DVC C.*

A.6.3 DC *working voltage*

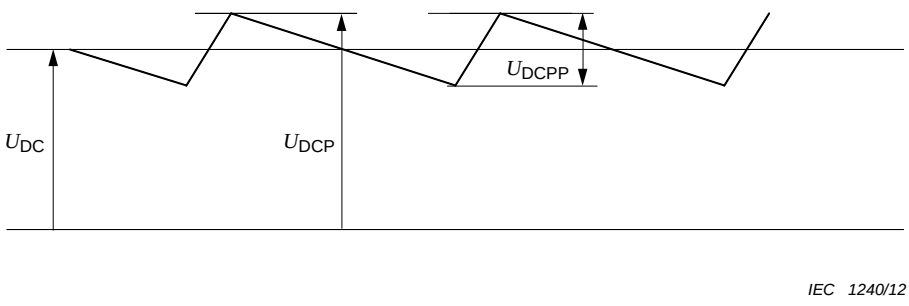


Figure A.21 – Typical waveform for d.c. *working voltage*

The *working voltage* has a mean value U_{DC} and a recurring peak value U_{DCP}, caused by a ripple voltage of r.m.s. value not greater than 10 % of U_{DC}.

The *DVC* is that of the lowest voltage row of Table 5 for which both of the following conditions are satisfied:

- $U_{DC} \leq U_{DCL}$

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

- $U_{DCP} \leq 1{,}17 \times U_{DCL}$

A.6.4 Pulsating *working voltage*

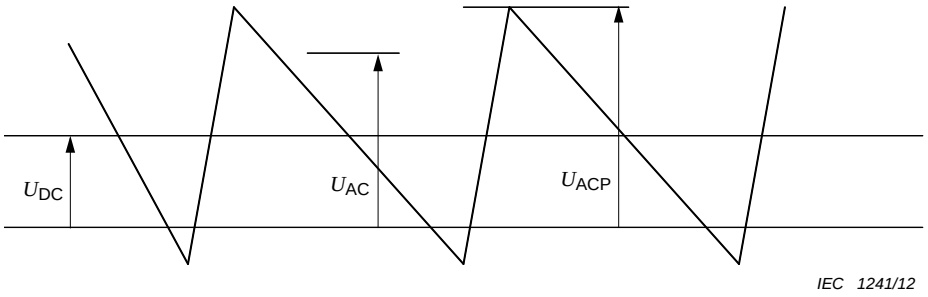


Figure A.22 – Typical waveform for pulsating *working voltage*

The *working voltage* has a mean value U_{DC} and a recurring peak value U_{ACP}, caused by a ripple voltage of r.m.s. value U_{AC} greater than 10 % of U_{DC}.

The *DVC* is that of the lowest voltage row of Table 5 for which both of the following conditions are satisfied:

$$\frac{U_{AC}}{U_{ACL}} + \frac{U_{DC}}{U_{DCL}} \leq 1$$

$$\frac{U_{ACP}}{U_{ACPL}} + \frac{U_{DC}}{1{,}17 \times U_{DCL}} \leq 1$$

A.7 Examples of the use of elements of protective measures

Protection against electric shock shall be achieved by means of:

- combination of *basic protection* according to 4.4.3 and *fault protection* according to 4.4.4; or
- *Enhanced protection* according to 4.4.5.

Table A.4 provides examples of typical combinations of those measures.

The grade of *insulation* depends on:

- the *DVC* of the *live parts* according *to* Table 5;
- the *insulation* requirement between *adjacent circuits* according to Table 6;
- the connection of accessible conductive parts to earth by *protective equipotential bonding* according to Table 6; and
- non conductive accessible parts.

As an alternative to solid *insulation*, a clearance according to 4.4.7.4, shown by L_1 and L_2 in Table A.4 may be provided.

In Table A.4, three cases are considered:

Case a):

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Accessible parts are conductive and are connected to earth by *protective equipotential bonding*.

- *Basic insulation* is required between accessible parts and the *live parts*. The relevant voltage is that of the *live parts* (see Table A.4, cells 1a, 2a, 3a).

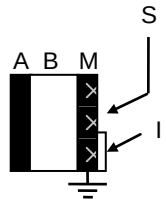
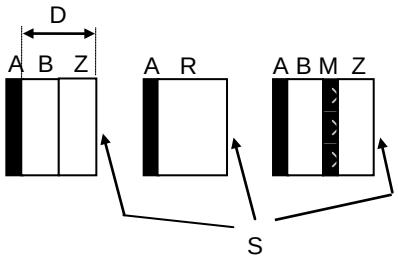
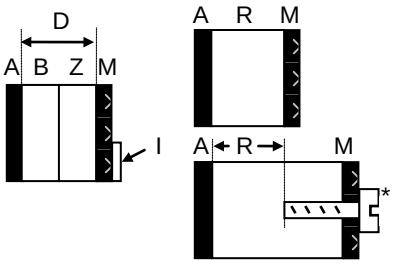
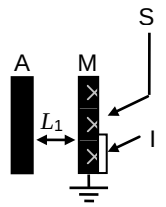
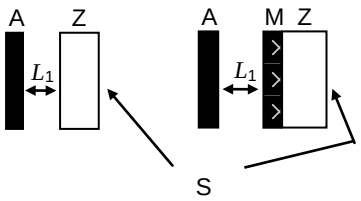
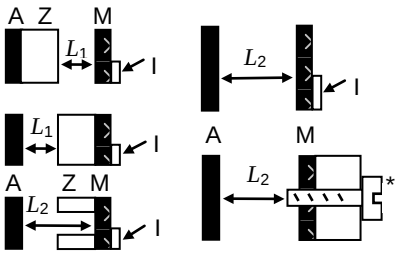
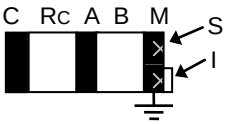
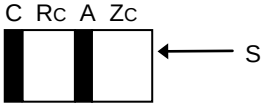
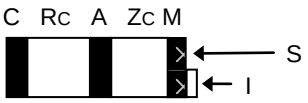
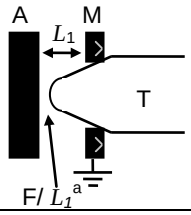
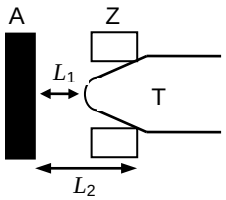
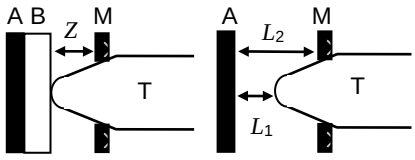
Cases b) and c):

Accessible parts are non-conductive (case b) or conductive but not connected to earth by *protective equipotential bonding* (case c). The required *insulation* is:

- Double or reinforced *insulation* between accessible parts and *live parts* of *DVC C*. The relevant voltage is that of the *live parts* (see Table A.4, cells 1b), 1c), 2b) and 2c)).
- Supplementary *insulation* between accessible parts and *live parts* of circuits of *DVC A* or B which are separated by *basic insulation* from *adjacent circuits* of *DVC C*. The relevant voltage is the highest voltage of the *adjacent circuits* (see Table A.4, upper cells 3b), 3c)).
- *Basic insulation* between accessible parts and *live parts* of circuits of *DVC B* which have protective *separation* from *adjacent circuits* of *DVC C*. The relevant voltage is that of the *live parts* (see Table A.4, lower cells 3b), 3c)).

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Table A.4 – Examples for protection against electrical shock

Type of *insulation*	*Insulation* configuration		
	a **Accessible conductive parts connected to earth by *protective equipotential bonding***	**b** **Accessible parts not conductive**	**c** **Accessible parts conductive, but NOT connected to earth by *protective equipotential bonding***
1. Solid			
2. Totally or partially by air clearance			
3. *Insulation* for *adjacent circuits*: **Circuit A: lower voltage circuit** **Circuit C: higher voltage circuit; *DVC C***			
4. Requirements for apertures in *enclosures*			

A	*live part*	L_1	clearance for *basic insulation*	T	test finger (Clause 12 of IEC 60529:1989)
B	*basic insulation* for circuit A	L_2	clearance for *reinforced insulation*	Z	*supplementary insulation* for circuit A
Bc	*basic insulation* for circuit C	M	conductive part	Zc	*supplementary insulation* for circuit C
C	*adjacent circuit*	R	*reinforced insulation* for circuit A	*	also applies to plastic screws
D	*double insulation* for circuit A	Rc	*reinforced insulation* for circuit C	F	*functional insulation* for circuit A
I	*insulation* less than B	S	surface of equipment		

NOTE 1 In column c) a plastic screw is treated like a metal screw because a user could replace it with a metal screw during the life of the equipment.

NOTE 2 In row 4, the insertion of the test finger is considered to represent the first fault.

[a] *Functional insulation* is sufficient if the opening is covered during normal operation. It shall not be possible to remove the cover without the use of a tool or key. If the opening is not covered during normal operation, *basic insulation* is required.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Annex B
(informative)

Considerations for the reduction of the pollution degree

B.1 Introduction

The objective of this annex is to give an overview of what factors should be considered to reduce the pollution degree for electrical equipment in order to allow for a reduction of the clearance and creepage distances. As the measures to be taken depend heavily on the nature of pollution, no comprehensive guidance can be given on how to achieve the goal of a lower pollution degree for the equipment.

B.2 Factors influencing the pollution degree

The following factors influence the pollution degree:

- Pollution:
  - no pollution;
  - dry non-conductive pollution;
  - dry non-conductive pollution that can become conductive, when moist;
  - conductive pollution.

NOTE Pollution may be external or may be internally generated or present internally at the conclusion of manufacturing.

- Moisture:
  - no or low moisture without condensation;
  - temporary condensation;
  - permanent moisture;
  - rain or snow.

B.3 Reduction of influencing factors

Following are some measures that may be applied to reduce the influencing factors. The described measures to meet the requirements are only illustrative. There may be other possibilities.

- Coating (see 4.4.7.6);
- IP5X (dust test according to IEC 60529);
- IPX4.. IPX8 depending on the environment.

When hermetically sealing an electrical equipment, it should be ensured that the moisture level will be at the required low level when resealing the equipment after opening the enclosure (e.g. for service).

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Annex C
(informative)

Symbols referred to in IEC 62477-1

Table C.1 – Symbols used

Symbol	Standard reference	Description	Subclauses
	IEC 60417–5019 (2011-01)	*PE conductor* terminal	4.4.4.3.2, 6.3.7.2
	ISO 7010–W001 (2011-06)	Caution, refer to documentation	4.4.4.3.3, 4.4.8, 6.3.7.2
	IEC 60417-5018 (2011-01)	Functional earthing terminal	4.4.6.3
	IEC 60417–5172 (2011-01)	Class II (double insulated) equipment	4.4.6.3
	IEC 60417-6042 (2012-05)	Caution, risk of electric shock	4.4.9, 6.5.2
	IEC 60417-5041 (2012-05)	Caution, hot surface	4.6.4.2, 6.4.3.4

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Annex D
(normative)

Evaluation of clearance and creepage distances

D.1 Measurement

Clearance and creepage distances shall be evaluated as illustrated in the examples contained in Examples D.1 to D.14.

For paths consisting of parts with different pollution degrees, as for example when including a cemented joint that provides protection type 1 (IEC 60664-3) in a pollution degree 2 environment, the clearance and creepage distances are determined according to Table 10 and Table 11, using the following rules:

- In general 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 and the highest pollution degree.
- For creepage distances for *functional insulation* on PWB and components assembled on PWB, designed for pollution degree 1 and 2, the sum of the determining voltages of each part of the path shall not be less than the determining voltage of the circuits involved. The distances for each portion of the creepage distance under consideration shall comply with the minimum distances according to Table D.1.

D.2 Relationship of measurement to pollution degree

The "X" values are a function of pollution degree and shall be as specified in Table D.1. If the associated permitted clearance is less than 3 mm, the X value is one third of the clearance.

Table D.1 – Width of grooves by pollution degree

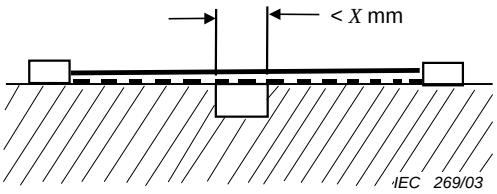
Pollution degree	X value mm
1	0,25
2	1,0
3	1,5

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

D.3 Examples

In the Examples D.1 to D.14 below, clearance and creepage distances are denoted as follows:

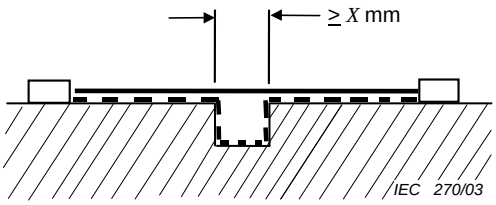
Clearance ——— Creepage distance – – –



Condition: The path under consideration includes a parallel, diverging 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.

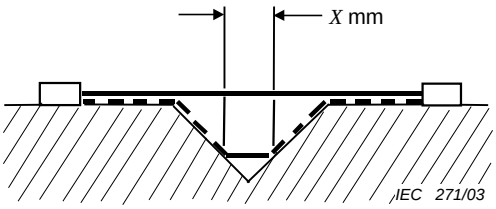
Example D.1



Condition: Path under consideration includes a parallel or diverging-sided groove of any depth with a 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 D.2

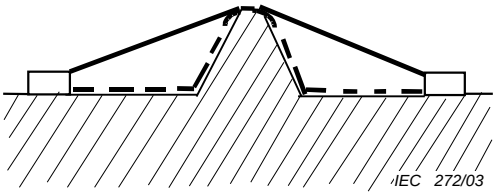


Condition: Path under consideration includes a V-shaped groove with a width greater than X mm.

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 D.3

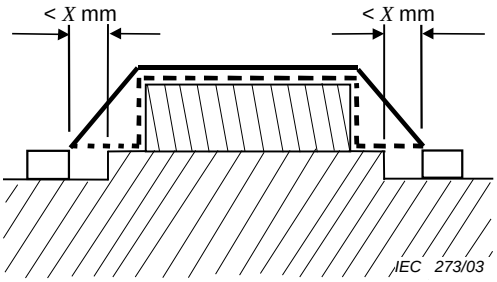
Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe



Condition: Path under consideration includes a rib.

Rule: Clearance is the shortest air path over the top of the rib. Creepage path follows the contour of the rib.

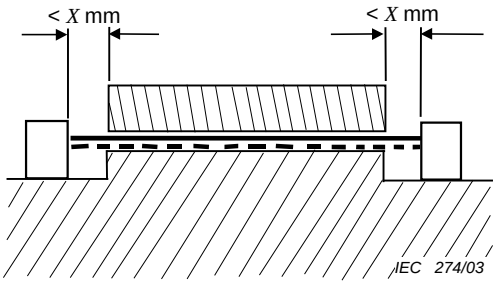
Example D.4



Condition: Path under consideration includes a cemented joint that provides protection of type 2 with grooves less than X mm wide on each side.

Rule: Clearance is the shortest air path over the top of the joint. Creepage distance is measured directly across the grooves and follows the contour of the joint.

Example D.5

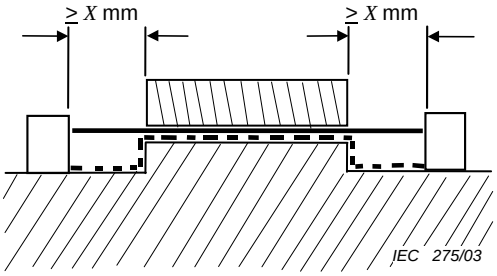


Condition: Path under consideration includes an uncemented joint or a cemented joint that provides protection of type 1 with grooves less than X mm wide on each side.

Rule: Creepage and clearance path is the “line of sight” distance shown.

Example D.6

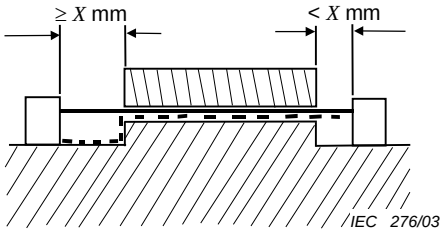
Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe



Condition: Path under consideration includes an uncemented joint or a cemented joint that provides protection of type 1 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.

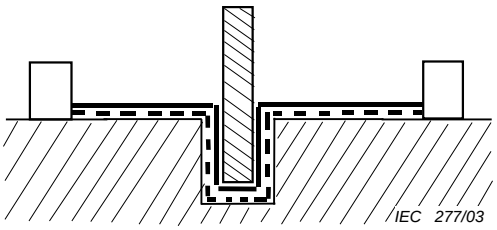
Example D.7



Condition: Path under consideration includes an uncemented joint or a cemented joint that provides protection of type 1 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 are as shown.

Example D.8

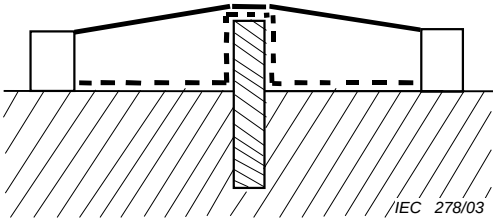


Condition: Path under consideration includes an uncemented barrier or a cemented joint that provides protection of type 1 when path under the barrier is less than the path over the barrier.

Rule: Clearance and creepage paths follow the contour under the barrier.

Example D.9

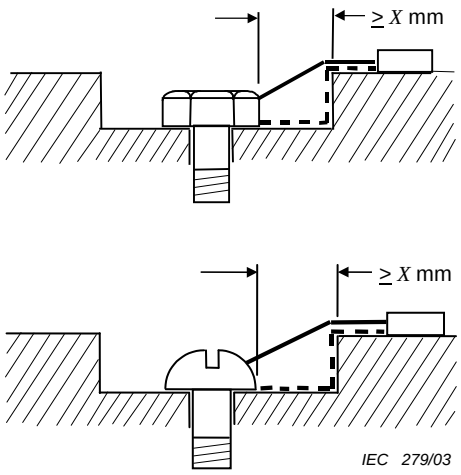
Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe



Condition: Path under consideration includes an uncemented or a cemented barrier when path over the barrier is less than the path under the barrier.

Rule: Clearance is the shortest air path over the top of the barrier. Creepage path follows the contour of the barrier.

Example D.10

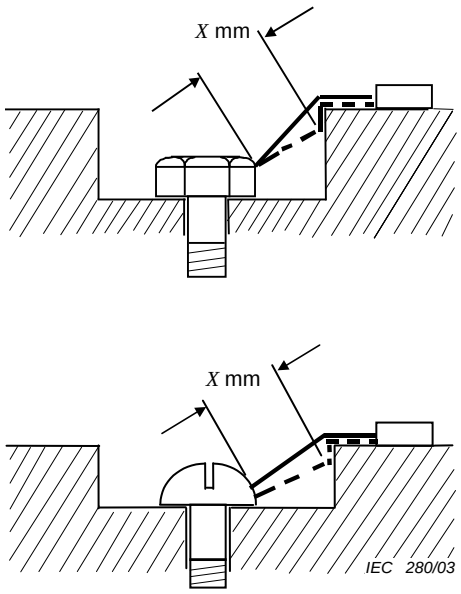


Condition: Path under consideration includes a gap between head of screw and wall of recess which is equal to or more than X mm wide.

Rule: Clearance is the shortest air path through the gap and over the top surface. Creepage path follows the contour of the surfaces.

Example D.11

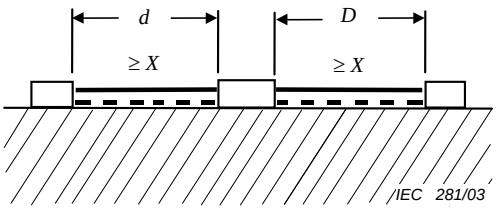
Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe



Condition: Path under consideration includes a gap between head of screw and wall of recess which is less than X mm wide.

Rule: Clearance is the shortest air path through the gap and over the top surface. Creepage path follows the contour of the surfaces but “short circuits” the bottom of the recess by X mm link.

Example D.12

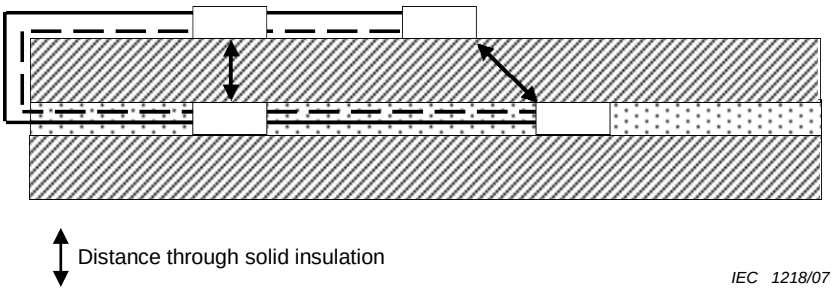


Condition: Path under consideration includes an isolated part of conductive material.

Rule: Clearance and creepage paths are the sum of d plus D.

Example D.13

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

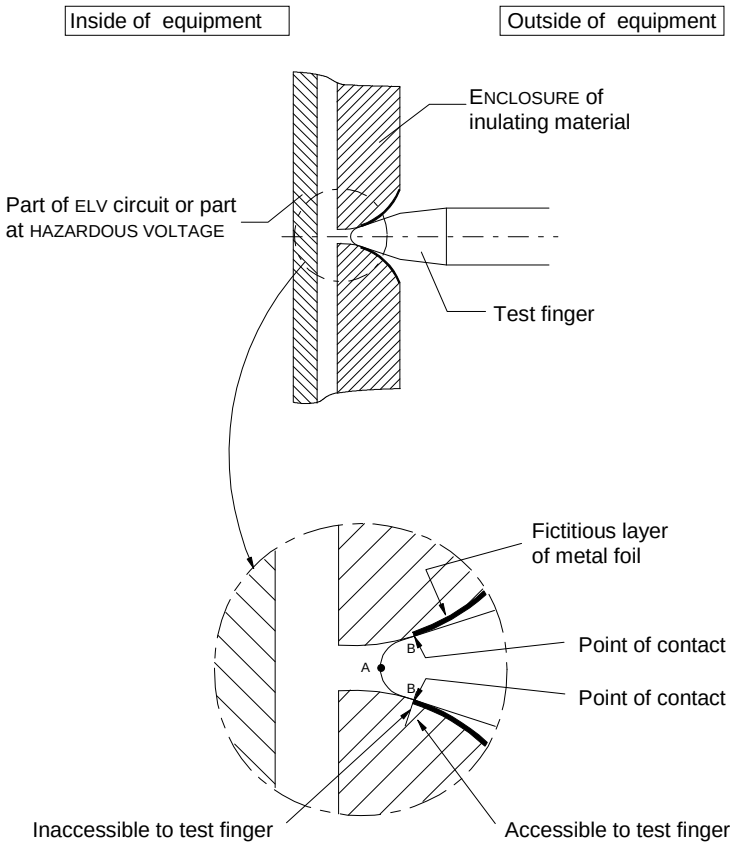


Condition: Path under consideration includes inner layer of PWB.

Rule: For the inner layer(s), the distance between adjacent tracks on the same layer is treated as creepage distance for pollution degree 1 and clearance as in air (see 4.4.7.8.4.1).

Example D.14

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe



Point A is used for determining the air gap to a part inside the *enclosure*.

Point B is used for measurements of clearance and creepage distance from the outside of an *enclosure* of insulating material to a part inside the *enclosure*.

Example D.15 – Example of measurements in an *enclosure* of insulating material

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Annex E
(informative)

Altitude correction for clearances

Refer to 4.4.7.4.1 in combination with the correction factor from Table E.1 for clearances at altitudes between 2 000 m and 20 000 m.

Table E.1 – Correction factor for clearances at altitudes between 2 000 m and 20 000 m

Altitude m	Normal barometric pressure kPa	Multiplication factor for clearances
2 000	80,0	1,00
3 000	70,0	1,14
4 000	62,0	1,29
5 000	54,0	1,48
6 000	47,0	1,70
7 000	41,0	1,95
8 000	35,5	2,25
9 000	30,5	2,62
10 000	26,5	3,02
15 000	12,0	6,67
20 000	5,5	14,50

Table E.2 – Test voltages for verifying clearances at different altitudes

Impulse voltage (from Table 9) kV	Impulse test voltage at sea level kV	Impulse test voltage at 200 m altitude kV	Impulse test voltage at 500 m altitude kV
0,33	0,36	0,36	0,35
0,50	0,54	0,54	0,53
0,80	0,93	0,92	0,90
1,50	1,8	1,7	1,7
2,50	2,9	2,9	2,8
4,00	4,9	4,8	4,7
6,00	7,4	7,2	7,0
8,00	9,8	9,6	9,4
12,00	15	14	14

NOTE 1 Explanations concerning the influencing factors (air pressure, altitude, temperature, humidity) with respect to electric strength of clearances are given in 6.1.2.2.1.3 of IEC 60664-1:2007.

NOTE 2 When testing clearances, associated solid *insulation* will be subjected to the test voltage. As the impulse test voltage is increased with respect to the rated impulse voltage, solid *insulation* will have to be designed accordingly. This results in an increased impulse withstand capability of the solid *insulation*.

NOTE 3 Values given above have been rounded from the calculation in 6.1.2.2.1.3 of IEC 60664-1:2007.

The voltage values of Table E.2 apply for the verification of clearances only.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Annex F
(normative)

Clearance and creepage distance determination for frequencies greater than 30 kHz

F.1 General influence of the frequency on the withstand characteristics

The *insulation* requirement for clearance, creepage and solid *insulation* as mentioned in 4.4.7 are given for frequencies up to and including 30 kHz. For higher frequencies, a reduction of the withstand capability of any type of *insulation* needs to be expected and taken into account for dimensioning.

For frequencies greater than 30 kHz and up to 10 MHz, IEC 60664-4 needs to be applied together with IEC 60664-1, for the design of clearance and creepage distances as well as solid *insulation*.

This annex provides detailed information for the design of clearance, creepage and solid *insulation* based on the requirement from IEC 60664-4.

The following situation needs to be considered for the design:

- clearance distance for inhomogenous fields (see F.2.2);
- clearance distance for approximately homogenous fields (see F.2.3);
- creepage distance (see F.3);
- solid *insulation* (see F.4).

The result of the investigation for frequencies above 30 kHz shall be compared to the investigation in 4.4.7 and the greater value of the two investigations shall be chosen.

F.2 Clearance

F.2.1 General

The withstand voltage capability within the scope of IEC 60664-4 will only be influenced by the frequency for periodic voltages. For transient overvoltages, dimensioning according to 4.4.7.4 shall be used.

For frequencies exceeding 30 kHz within the scope of IEC 60664-4, the withstand voltage capability of clearances with homogenous and approximately homogenous field distribution can be reduced by up to 25 %.

The requirement for clearance will depend on the field distribution of the *insulation* under investigation. F.2.2 will give the requirement for clearance distance for inhomogenous fields and F.2.3 provides design criteria for clearance distance for approximately homogenous fields.

For frequencies exceeding 30 kHz, an approximately homogeneous field is considered to exist when the radius of curvature r of the conductive parts is equal or greater than 20 % of the clearance. The necessary radius of curvature can only be specified at the end of the dimensioning procedure.

The result of the investigation of clearance for frequencies above 30 kHz shall be compared to the investigation in 4.4.7.4 and the greater value of the two investigations shall be chosen.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

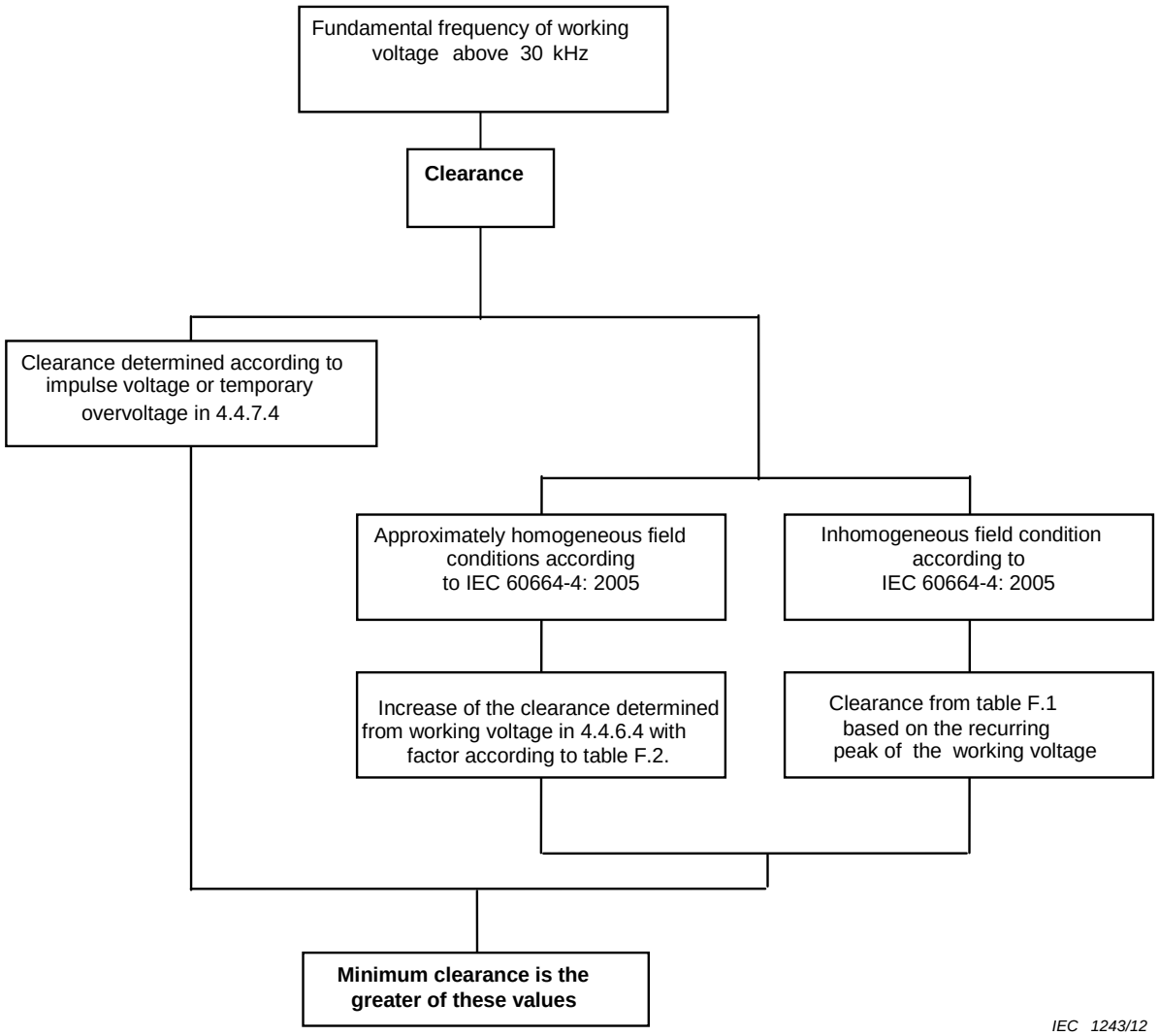


Figure F.1 – Diagram for dimensioning of clearances

F.2.2 Clearance for inhomogenous fields

For frequencies exceeding 30 kHz, an inhomogeneous field is considered to exist when the radius of curvature of the conductive parts is less than 20 % of the clearance. For inhomogeneous field distribution, the reduction of the withstand voltage capability of clearances can be much higher.

Dimensioning for inhomogeneous field distribution is done for the required withstand voltage of the clearance according to the values in Table F.1. No withstand voltage test other than the requirement in 4.4.7 is required.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Table F.1 – Minimum values of clearances in air at atmospheric pressure for inhomogeneous field conditions (Table 1 of IEC 60664-4:2005)

Peak voltage [a] kV	Clearance mm
≤ 0,6 [b]	0,065
0,8	0,18
1,0	0,5
1,2	1,4
1,4	2,35
1,6	4,0
1,8	6,7
2,0	11,0

[a] For voltages between the values stated in this table, interpolation is permitted.

[b] No data is available for peak voltages less than 0,6 kV.

The dimensioning for inhomogeneous field and high voltage stress (>1 kV condition) leads to impractical distances. It is therefore preferable to choose a design improving the field distribution (approximately homogeneous field distribution).

F.2.3 Clearance for approximately homogenous fields

For clearance with approximately homogenous fields conditions the clearance found in table Table 10, where the clearance is determined on the *working voltage* or recurring peak voltage (column 2 or 3), is increased by a multiplication factor depending on the fundamental frequency. The multiplication factors are indicated in Table F.2.

Table F.2 – Multiplication factors for clearances in air at atmospheric pressure for approximately homogeneous field conditions

Fundamental frequency kHz	Multiplication factor
$30 < f_{\text{fundamental}} \leq 500$	1,05
$500 < f_{\text{fundamental}} \leq 1\,000$	1,10
$1\,000 < f_{\text{fundamental}} \leq 2\,000$	1,20
$2\,000 < f_{\text{fundamental}} \leq 3\,000$	1,25

NOTE 1 The multiplication factors are determined based on calculations as per IEC 60664-4:2005, 4.3.3. More precise calculation can be determined using the equation in IEC 60664-4:2005, 4.3.3.

NOTE 2 Circuits where the clearance is designed based on the impulse withstand voltage (Table 10, column 1), will normally not be affected by these considerations.

The dimensioned clearance, for approximately homogenous field conditions, is applicable for frequencies above the critical frequency calculated by means of following equation taking into account the new distance from Table F.2:

$$f_{\text{crit}} \approx \frac{0{,}2}{d}\left(\frac{\text{MHz}}{\text{mm}}\right)$$

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

F.3 Creepage distance

For frequencies of the voltage greater than 30 kHz, in addition to tracking, thermal effects need to be taken into account with respect to the withstand capability of creepage distances. Dimensioning is performed both for the required r.m.s. withstand voltage of the creepage distance according to the values in Table 11 and for the required peak withstand voltage according to the values in Table F.3. This peak withstand voltage is the highest value of any periodic peak of the voltage across the creepage distance. The greater of the distances is applicable. The dimensioning according to Table F.3 is applicable for all insulating materials which can deteriorate due to thermal effects. This includes typical base materials for printed circuit boards made from epoxy resin. For materials which cannot deteriorate due to thermal effects and where no tracking needs to be expected, dimensioning according to the clearance requirements, as described in 4.4.7.5, is sufficient.

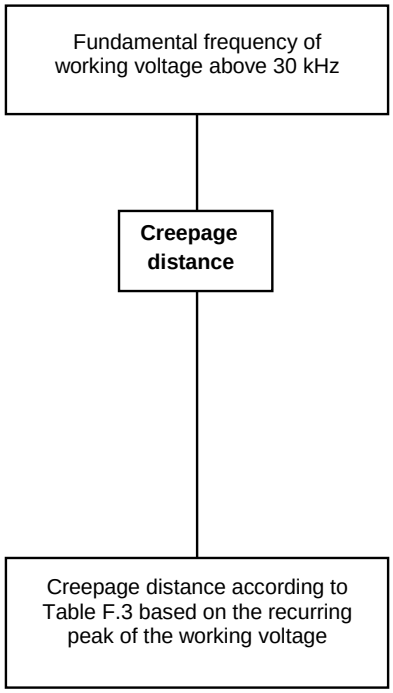


Figure F.2 – Diagram for dimensioning of creepage distances

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Table F.3 – Minimum values of creepage distances for different frequency ranges (Table 2 of IEC 60664-4:2005)

Peak voltage	Creepage distance [a] [b] mm						
kV	30 kHz < f ≤ 100 kHz	f ≤ 0,2 MHz	f ≤ 0,4 MHz	f ≤ 0,7 MHz	f ≤ 1 MHz	f ≤ 2 MHz	f ≤ 3 MHz
0,1	0,0167						0,3
0,2	0,042					0,15	2,8
0,3	0,083	0,09	0,09	0,09	0,09	0,8	20
0,4	0,125	0,13	0,15	0,19	0,35	4,5	
0,5	0,183	0,19	0,25	0,4	1,5	20	
0,6	0,267	0,27	0,4	0,85	5		
0,7	0,358	0,38	0,68	1,9	20		
0,8	0,45	0,55	1,1	3,8			
0,9	0,525	0,82	1,9	8,7			
1	0,6	1,15	3	18			
1,1	0,683	1,7	5				
1,2	0,85	2,4	8,2				
1,3	1,2	3,5					
1,4	1,65	5					
1,5	2,3	7,3					
1,6	3,15						
1,7	4,4						
1,8	6,1						

[a] The values for the creepage distances in the table apply for pollution degree 1. For pollution degree 2, a multiplication factor of 1,2 and for pollution degree 3 a multiplication factor 1,4 should be used.

[b] Interpolation between columns is permitted.

F.4 Solid *insulation*

F.4.1 General

Due to increased heating effects and accelerated deterioration in solid *insulation* further consideration is needed, when using solid *insulation* across *insulation* affected by frequencies above 30 KHz.

F.4.2 Approximately uniform field distribution without air gaps or voids

For solid *insulation* where uniform field distribution is present and no air gaps or voids are present in the solid *insulation*, the maximum field distribution shall be calculated as following:

- For thick layers of solid *insulation* of $d_1 \geq 0{,}75$ mm the peak value of the field strength E needs to be equal or less than 2 kV/mm.
- For thin layers of solid *insulation* of $d_2 \leq 30$ µm the peak value of the field strength needs to be equal or less than 10 kV/mm.
- For $d_1 > d > d_2$ Equation (1) is used for interpolation for a certain thickness d (see also Figure F.3):

$$E = \left(\frac{0{,}25}{d} + 1{,}667\right)\left(\frac{\text{kV}}{\text{mm}}\right) \quad (1)$$

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

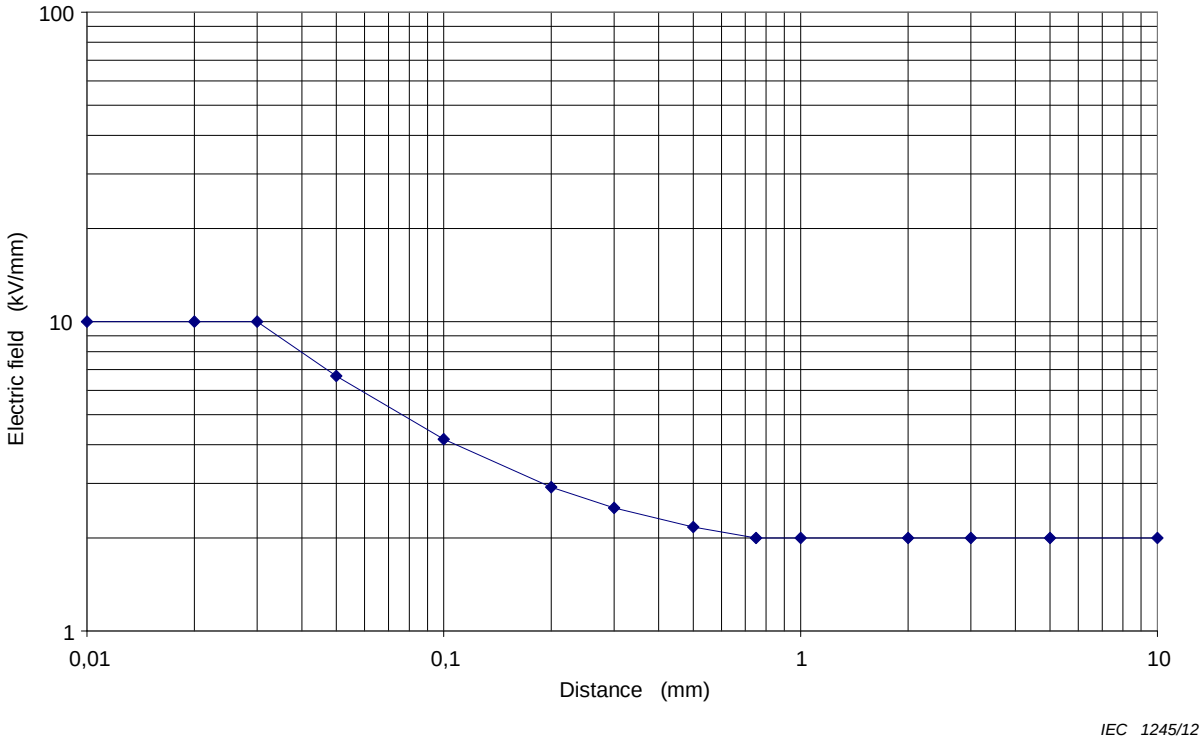


Figure F.3 – Permissible field strength for dimensioning of solid *insulation* according to Equation (1)

F.4.3 Other cases

For solid *insulation* where:

- uniform field distribution is not present; or
- air gaps or voids are to be expected; or
- the field strength is above the calculation in F.4.2.

In the solid *insulation*, the evaluation according to 4.4.7.8 for solid *insulation* shall be performed.

If possible the partial discharge test described in 5.2.3.5 should be performed with the frequency, which is present over the *insulation* under evaluation when evaluation is made according to this annex. At the time of writing such test equipment is not commonly available, and the standard allows test to be conducted at 50Hz. Product commitees using this standard as reference document should take this into consideration.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Annex G
(informative)

Cross-sections of round conductors

Standard values of cross-section of round copper conductors are shown in Table G.1, which also gives the approximate relationship between ISO metric and AWG/MCM sizes.

Table G.1 – Standard cross-sections of round conductors

	AWG/kcmil	
ISO cross-section mm^2	**Size**	**Equivalent cross-section** mm^2
0,2	24	0,205
–	22	0,324
0,5	20	0,519
0,75	18	0,82
1,0	–	–
1,5	16	1,3
2,5	14	2,1
4,0	12	3,3
6,0	10	5,3
10	8	8,4
16	6	13,3
25	4	21,2
35	2	33,6
50	0	53,5
70	00	67,4
95	000	85,0
–	0000	107,2
120	250 kcmil	127
150	300 kcmil	152
185	350 kcmil	177
240	500 kcmil	253
300	600 kcmil	304
–	700 kcmil	355
–	750 kcmil	380
400	800 kcmil	405
–	900 kcmil	456
500	1 000 kcmil	506
630	1 250 kcmil	633
–	1 500 kcmil	760
800	–	–
–	1 750 kcmil	887
1 000	2 000kcmil	1 013

NOTE The dash, when it appears, counts as a size when considering connecting capacity (see 4.11.8.2).

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Annex H
(informative)

Guidelines for RCD compatibility

H.1 Selection of RCD type

Depending on the nature of the power supply, its installation and the type of RCD (type A, AC or B, – see IEC 61008 series, IEC 61009 series, IEC 62423, IEC 60364-4-44 and IEC 60364-5-53), *PECS* and RCD can be compatible or incompatible (see 4.4.8). If circuits which can cause current with a d.c. component to flow in the *PE conductor* during normal operation or during failure are not separated from the environment by *double* or *reinforced insulation*, it is considered that the *PECS* itself can cause smooth d.c. current and is therefore incompatible with RCDs of type A and AC.

The flow chart in Figure H.1 will help with the selection of the RCD type when using a *PECS* downstream of the RCD.

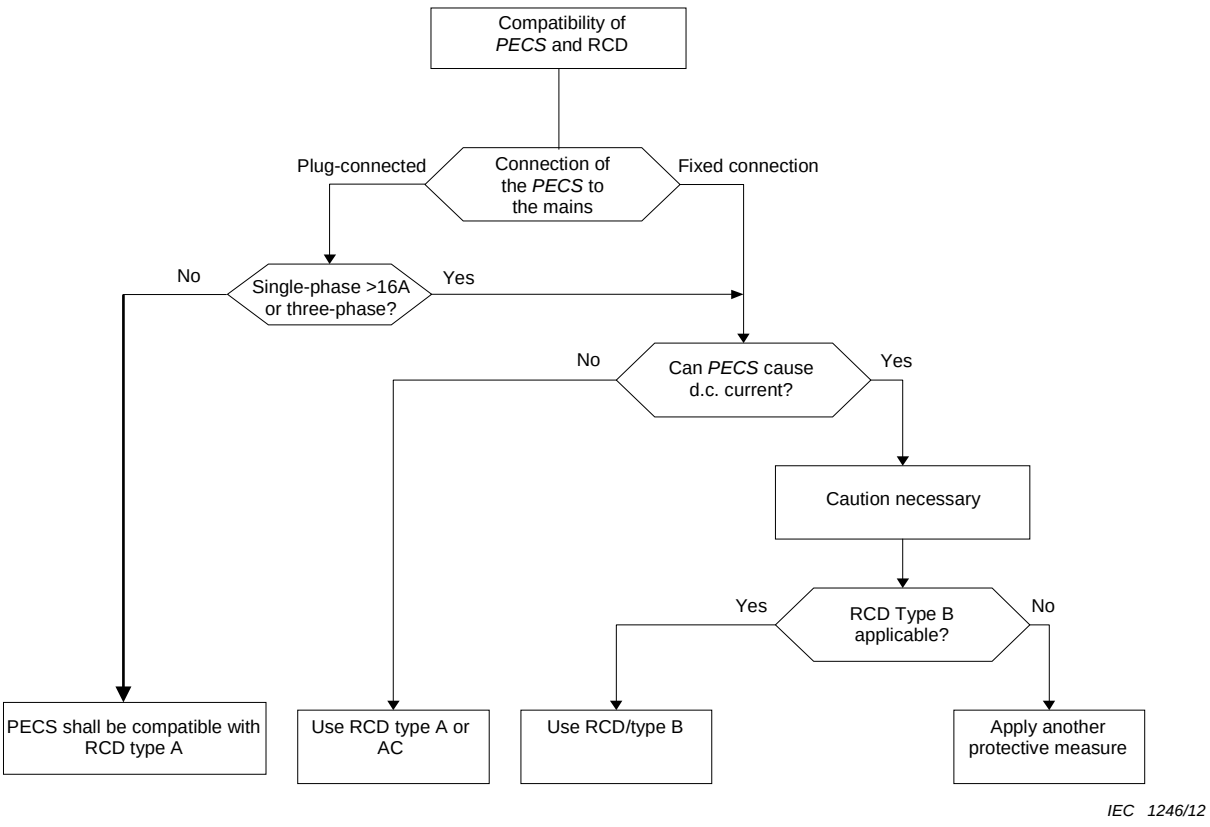


Figure H.1 – Flow chart leading to selection of the RCD type upstream of a *PECS*

RCDs suitable to be triggered by different waveforms of residual current are marked with the following symbols, as defined in IEC 60755.

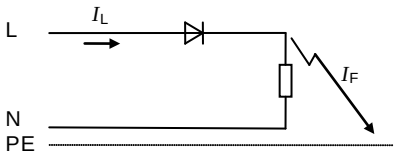
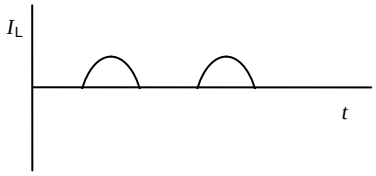
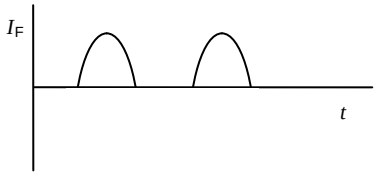
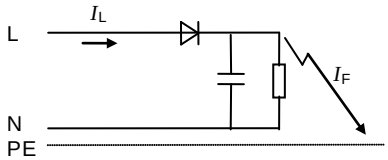
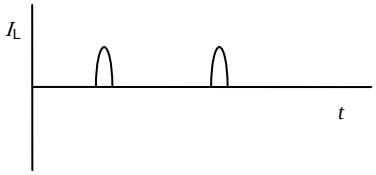
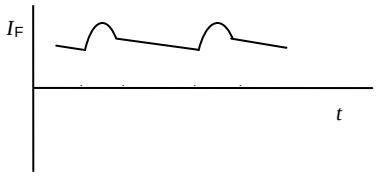
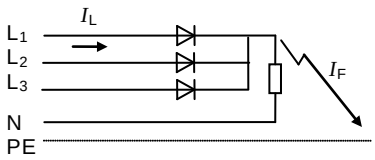
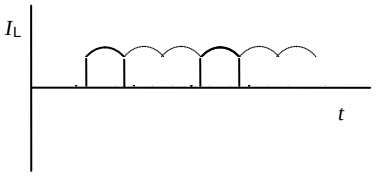
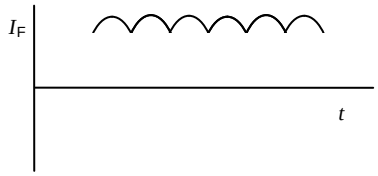
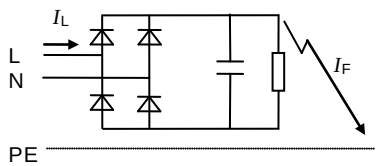
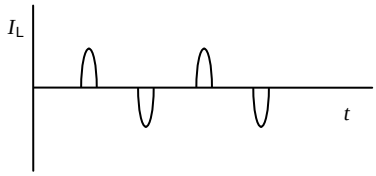
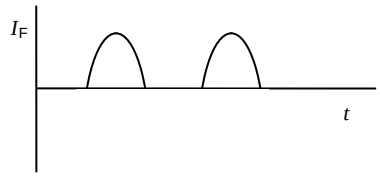
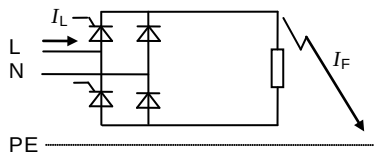
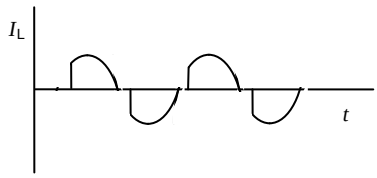
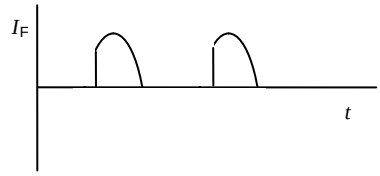
Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

	Type AC: – a.c. current sensitive (suitable for circuits 8 and 9 of Figure H.2)
	Type A: – a.c. current sensitive and pulse current sensitive (suitable for circuits 1, 4, 5, 8, 9 of Figure H.2)
or	Type B: – universal current sensitive (suitable for all circuits of Figure H.2)

H.2 Fault current waveforms

Figure H.2 shows typical fault current waveforms for different *PECS* circuit configurations, used to determine RCD compatibility.

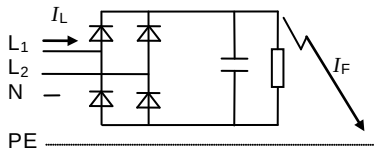
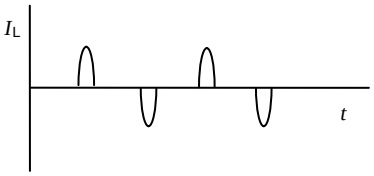
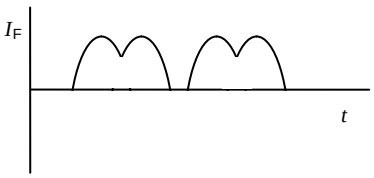
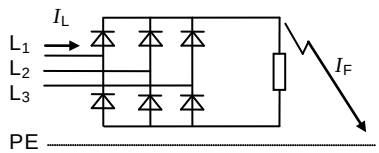
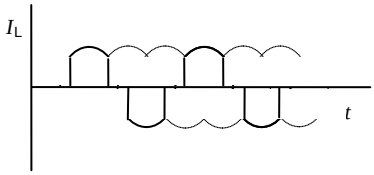
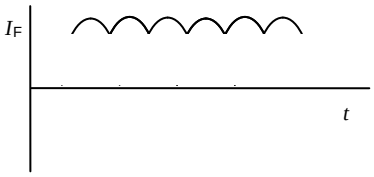
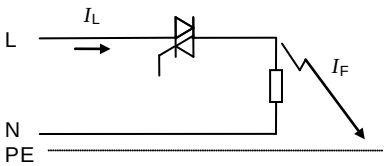
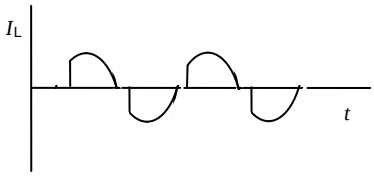
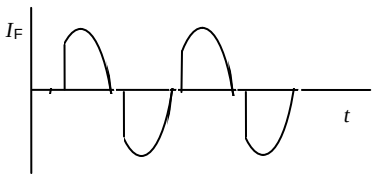
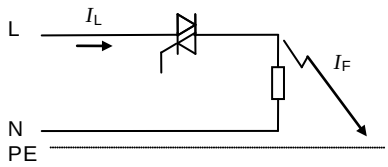
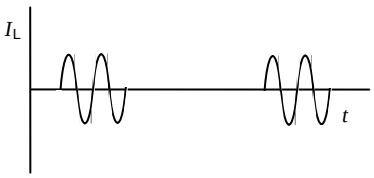
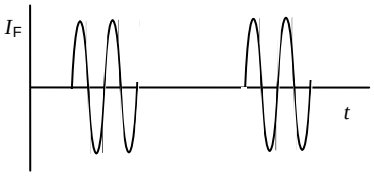
Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

	Connection	Normal supply current	Fault earth current
1	Single-phase 		
2	Single-phase with smoothing 		
3	Three-phase star 		
4	Two-pulse bridge 		
5	Two-pulse bridge, half-controlled 		

IEC 1247/12

Figure H.2 – Fault current waveforms in connections with power electronic converter devices

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

	Connection	Normal supply current	Fault earth current
6	Two-pulse bridge between phases 		
7	Six-pulse bridge 		
8	Phase control 		
9	Burst control 		

IEC 1248/12

NOTE I_F symbolizes a fault current, not a short circuit current.

Figure H.2 – Fault current waveforms in connections with power electronic converter devices *(continued)*

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Annex I
(informative)

Examples of overvoltage category reduction

I.1 General

Figures I.1 to I.15 are intended as illustrations of the requirements in Table 6, 4.4.7.2 and 4.4.7.3. They are not intended as indications of good design practice.

- – – – – – – – – *Basic protection*
- ▬ ▬ ▬ Conductive accessible parts
- —·—·—·— *Protective separation*
- *SPD* Surge protection device (example of measure to reduce transient overvoltages)
- OVC Overvoltage category

I.2 *Insulation* to the surroundings (see 4.4.7.2)

I.2.1 Circuits connected to *mains supply* (see 4.4.7.2.2)

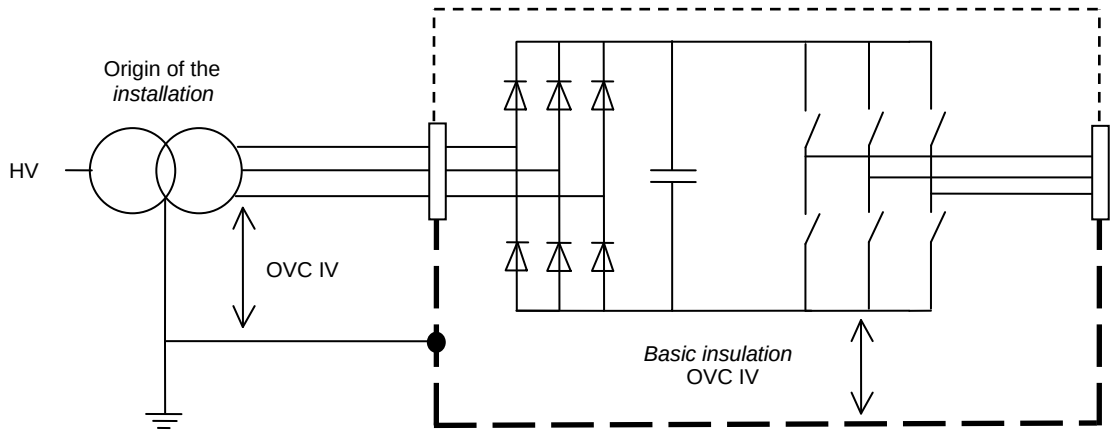


Figure I.1 – *Basic insulation* evaluation for circuits connected to the origin of the *installation mains supply*

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

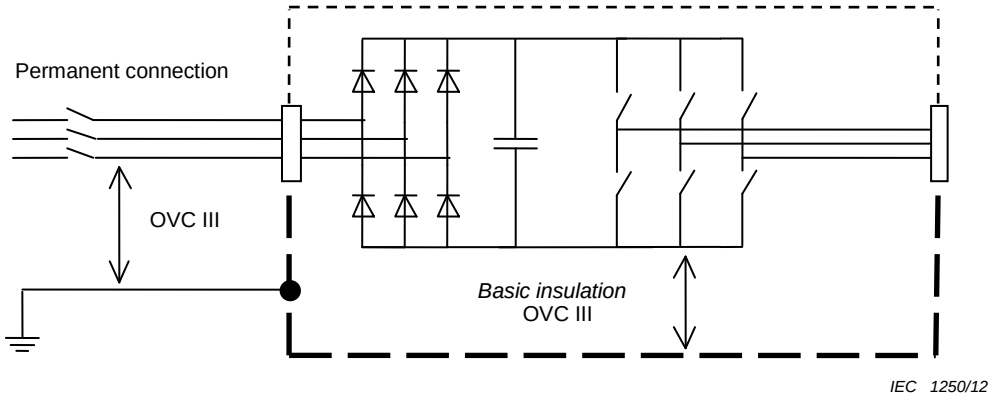


Figure I.2 – *Basic insulation* evaluation for circuits connected to the *mains supply*

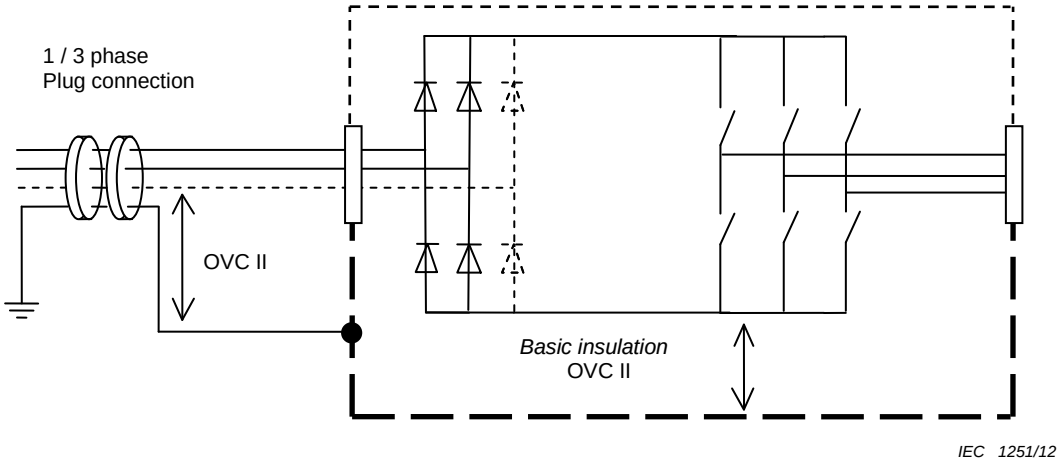


Figure I.3 – *Basic insulation* evaluation for single and three phase equipment not *permanently connected* to the *mains supply*

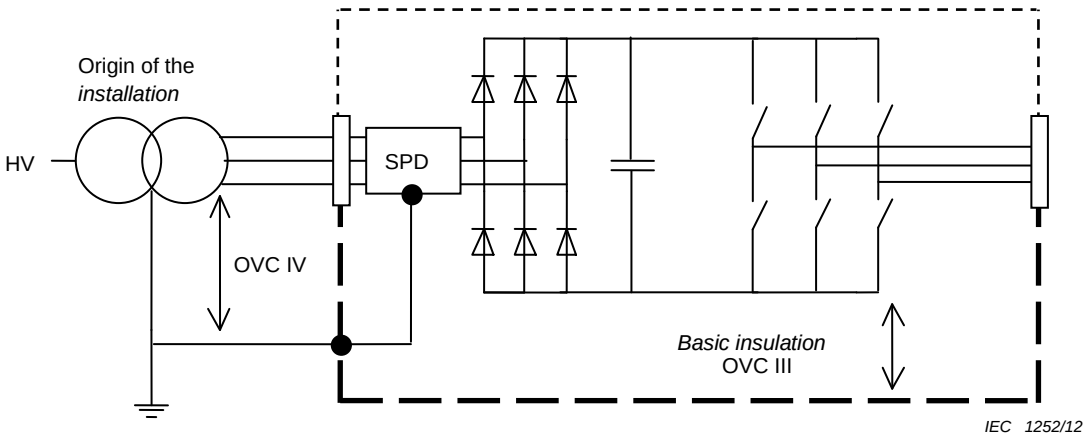


Figure I.4 – *Basic insulation* evaluation for circuits connected to the origin of the *installation mains supply* where internal *SPD*s are used

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

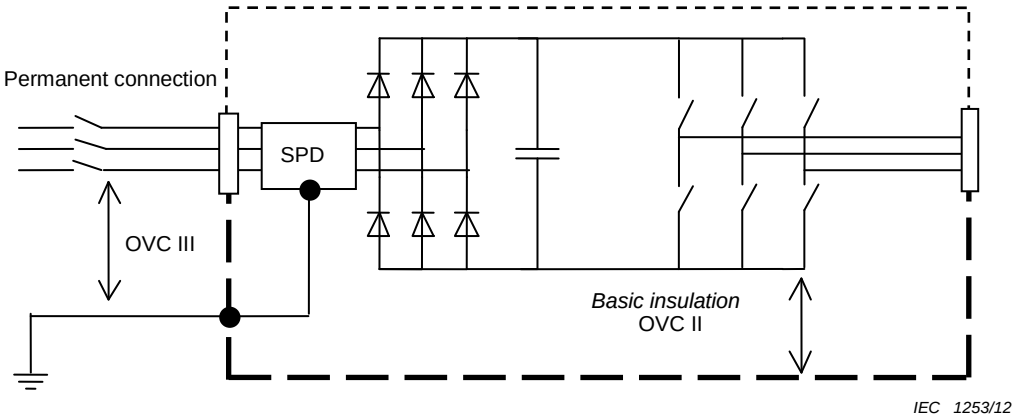


Figure I.5 – *Basic insulation* evaluation for circuits connected to the *mains supply* where internal *SPD*s are used

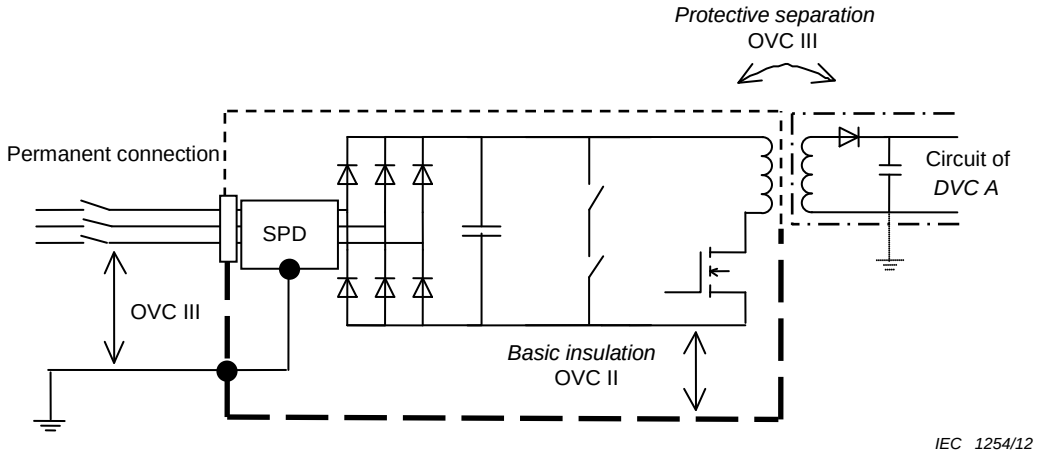


Figure I.6 – Example of *protective separation* evaluation for circuits connected to the *mains supply* where internal *SPD*s are used

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

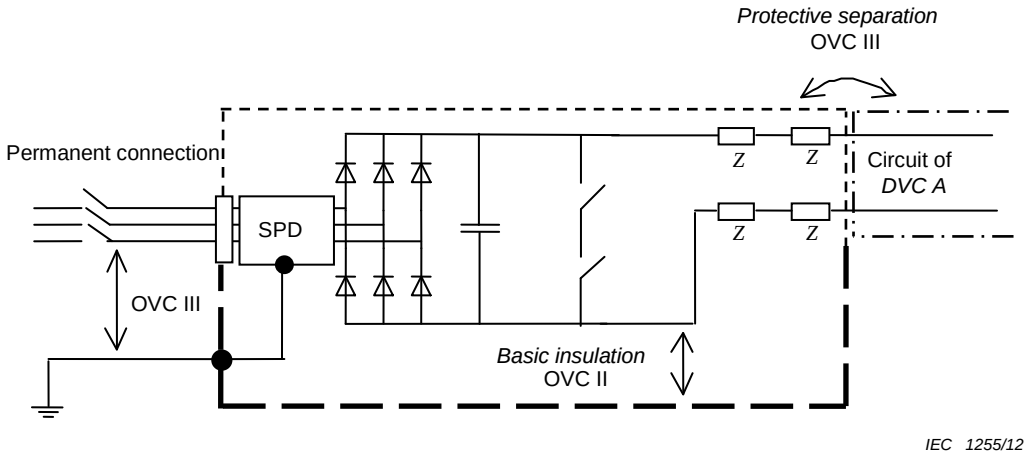


Figure I.7 – Example of *protective separation* evaluation for circuits connected to the *mains supply* where internal *SPD*s are used

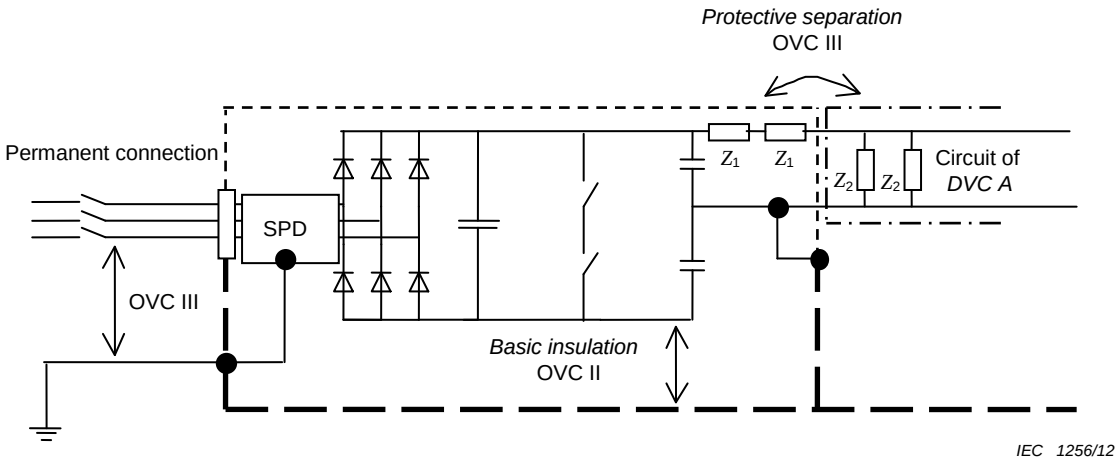


Figure I.8 –Example of *protective separation* evaluation for circuits connected to the *mains supply* where internal *SPD*s are used

NOTE The requirements for *protective separation* in Figure I.6 to Figure I.8 are not reduced by the use of the *SPD* (see 4.4.7.2.2 and 4.4.7.2.3).

I.2.2 Circuits not connected directly to the *mains supply* (see 4.4.7.2.3)

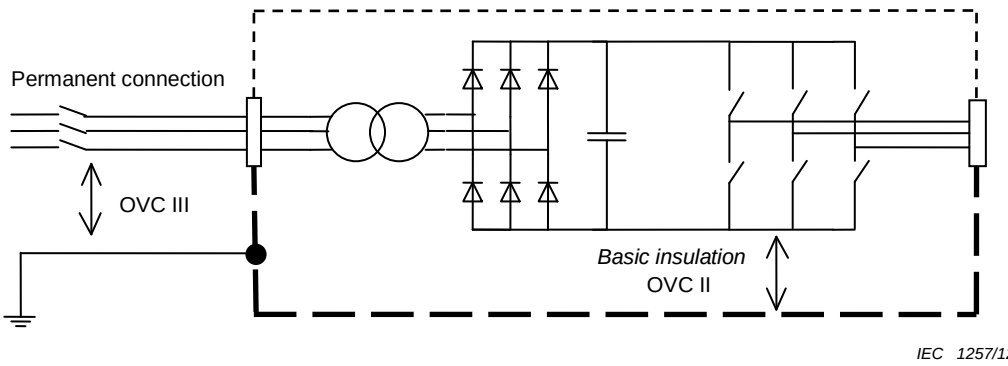


Figure I.9 – *Basic insulation* evaluation for circuits not connected directly to the *mains supply*

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

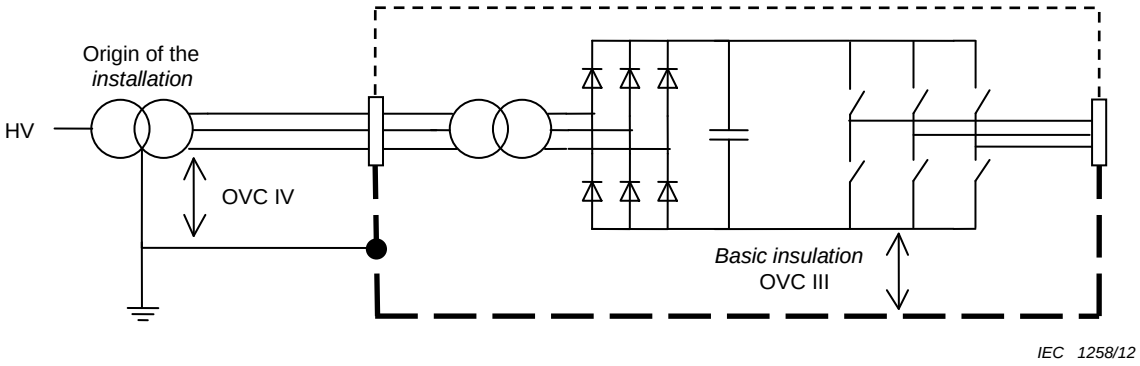
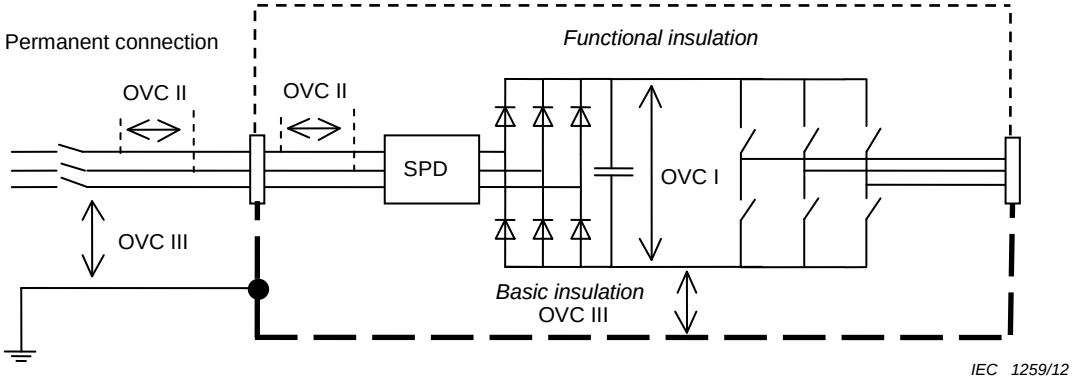


Figure I.10 – *Basic insulation* evaluation for circuits not connected directly to the supply mains

I.2.3 *Insulation* between circuits (see 4.4.7.2.4)

Insulation between two circuits shall be designed according to the circuit having the more severe requirement (see also Figure I.12).

I.3 Functional *insulation* (see 4.4.7.3)



NOTE 1 The *SPD* is not connected to earth, and so has no effect on the overvoltage catgory to earth.

NOTE 2 The requirements for *functional insulation* may be further reduced by the circuit characteristics (see 4.4.7.3).

Figure I.11 – Functional *insulation* evaluation within circuits affected by external transients

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

I.4 Further examples

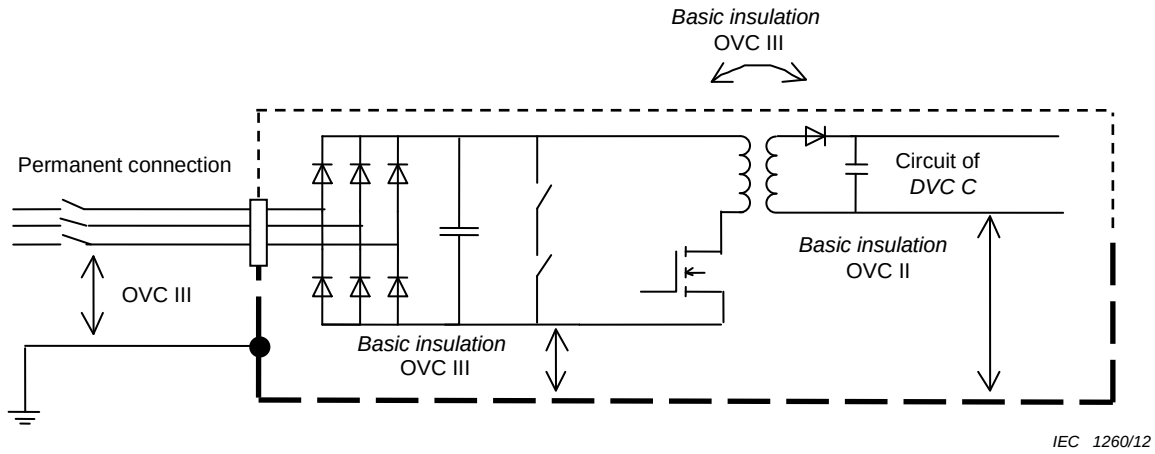


Figure I.12 – *Basic insulation* evaluation for circuits both connected and not connected directly to the *mains supply*

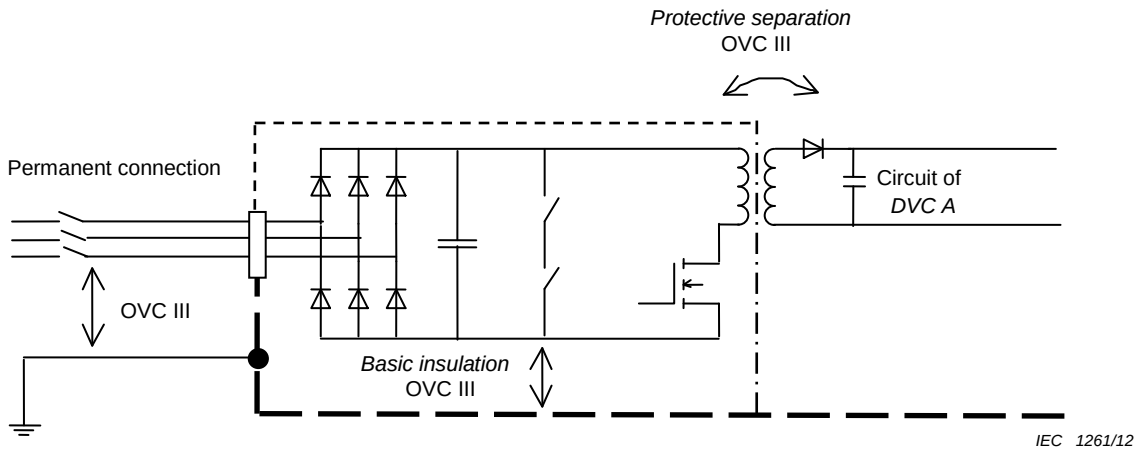
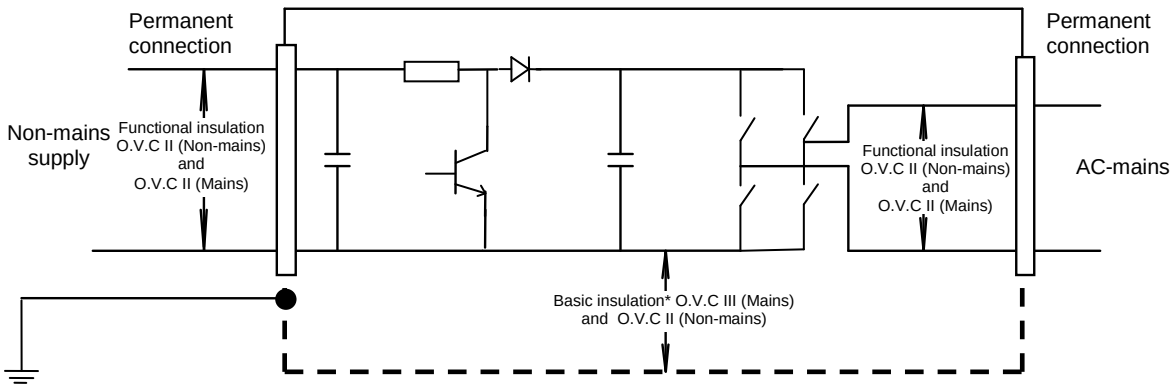


Figure I.13 – *Insulation* evaluation for accessible circuit of *DVC A*

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

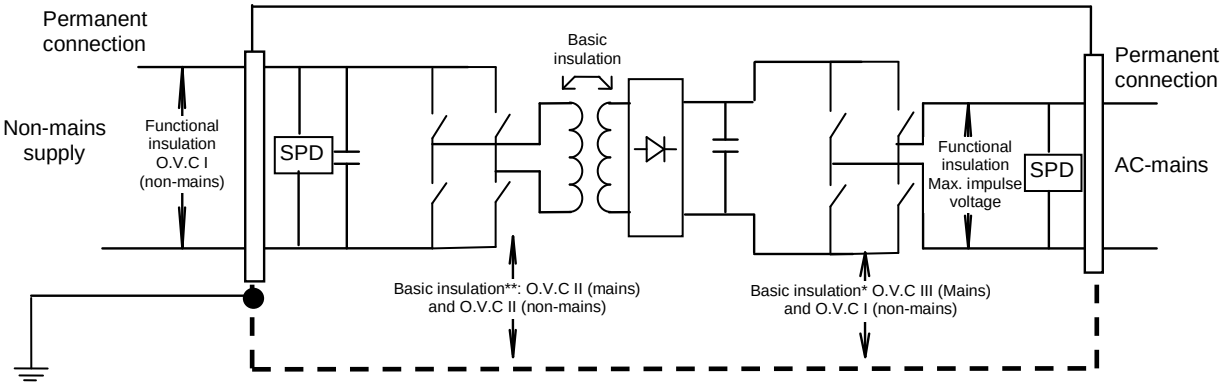
I.5 Circuits with multiple supply (see 4.4.7.2.1)



Basic insulation*: O.V.C III based on the mains system voltage and O.V.C II from Non-mains. The most severe of these requirement applies.
No reduction of the impulse voltage or Over Voltage Category for mains or non-mains supply.
Functional insulation: O.V.C II based on the mains system voltage and O.V.C II from the non-mains supply. The most severe of these requirement applies.

IEC 1262/12

Figure I.14 – *PEC* with *mains* and non-*mains supply* without galvanic separation



Func. Insulation: Functional insulation is based on max. impulse voltage limited by circuit characteristic incl. SPD.

Basic insulation*: O.V.C III based on the mains system voltage and O.V.C II from Non-mains. The most severe of these requirement applies taking into account the reduction of the impulse voltage crossing the transformer.
The SPD does not give any reduction for basic insulation because it is located between phases.

IEC 1263/12

Figure I.15 – Transformer (basic) isolated *PEC* inverter with *SPD* and transformer to reduce impulse voltage for functional and *basic insulation*.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

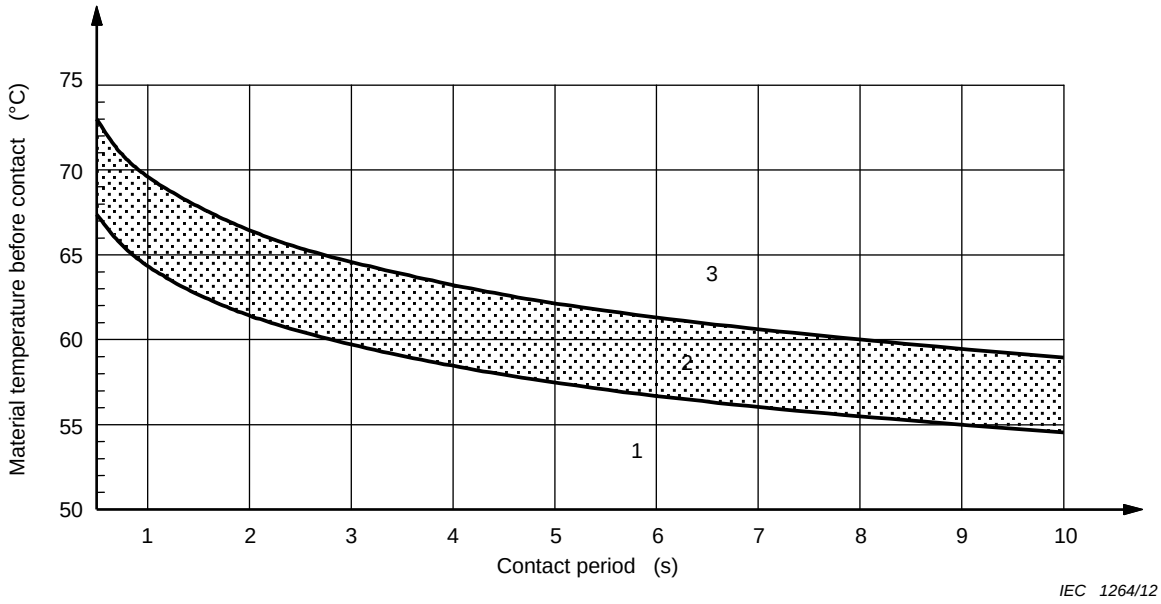
Annex J
(informative)

Burn thresholds for touchable surfaces

J.1 General

This annex contains information about burn thresholds for touchable surfaces for different materials. Figures J.1 to J.5 presented in this annex are copies of figures in IEC Guide 117:2010.

J.2 Burn thresholds

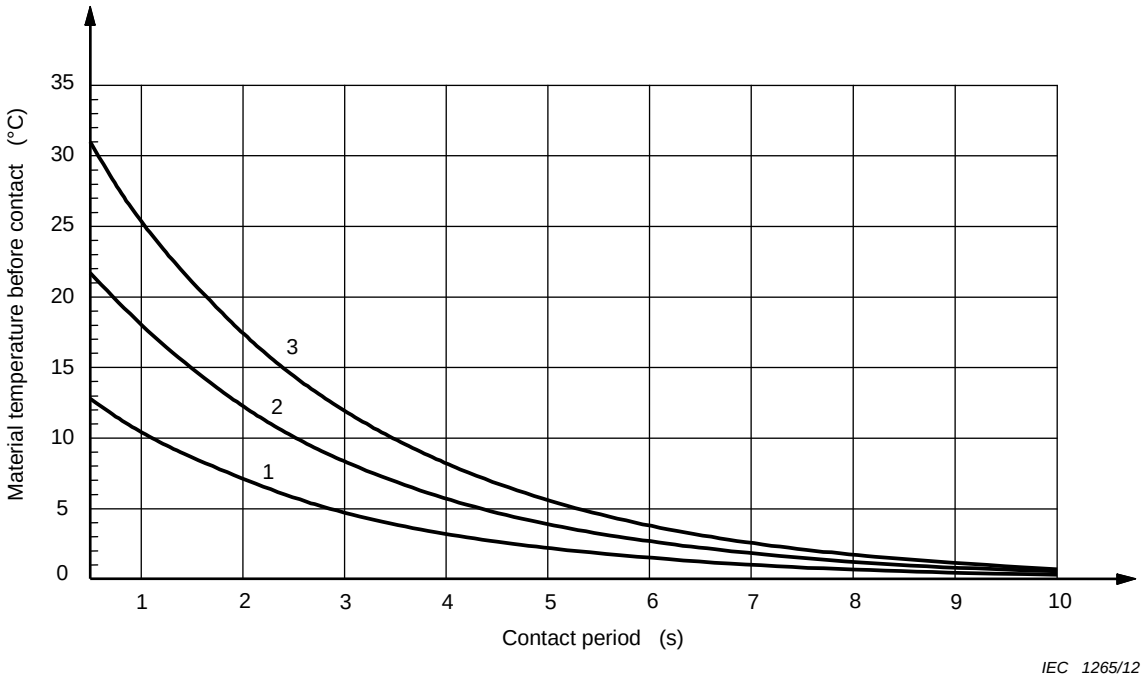


Key

1 No burn
2 Burn threshold
3 Burn

Figure J.1 – Burn threshold spread when the skin is in contact with a hot smooth surface made of bare (uncoated) metal

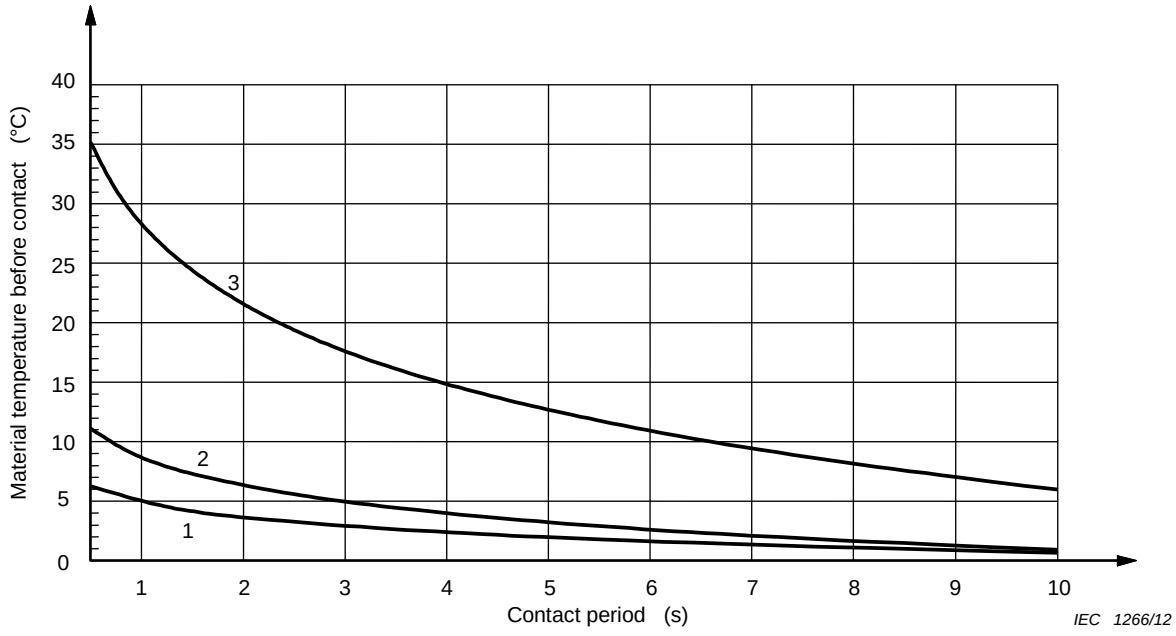
Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe



Key

1 50 μm
2 100 μm
3 150 μm

Figure J.2 – Rise in the burn threshold spread from Figure J.1 for metals which are coated by shellac varnish of a thickness of 50 μm, 100 μm and 150 μm

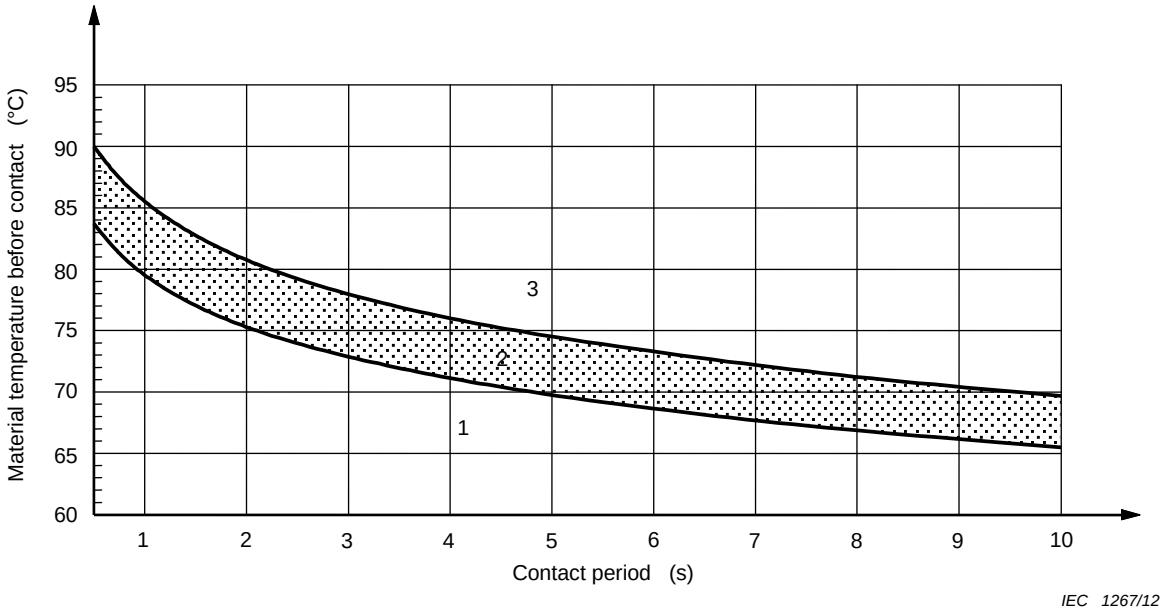


Key

1 Porcelain enamel (160μm) / powder (60μm)
2 Powder (90μm)
3 Polyamide 11 or 12 (thickness 400μm)

Figure J.3 – Rise in the burn threshold spread from Figure J.1 for metals coated with the specific materials

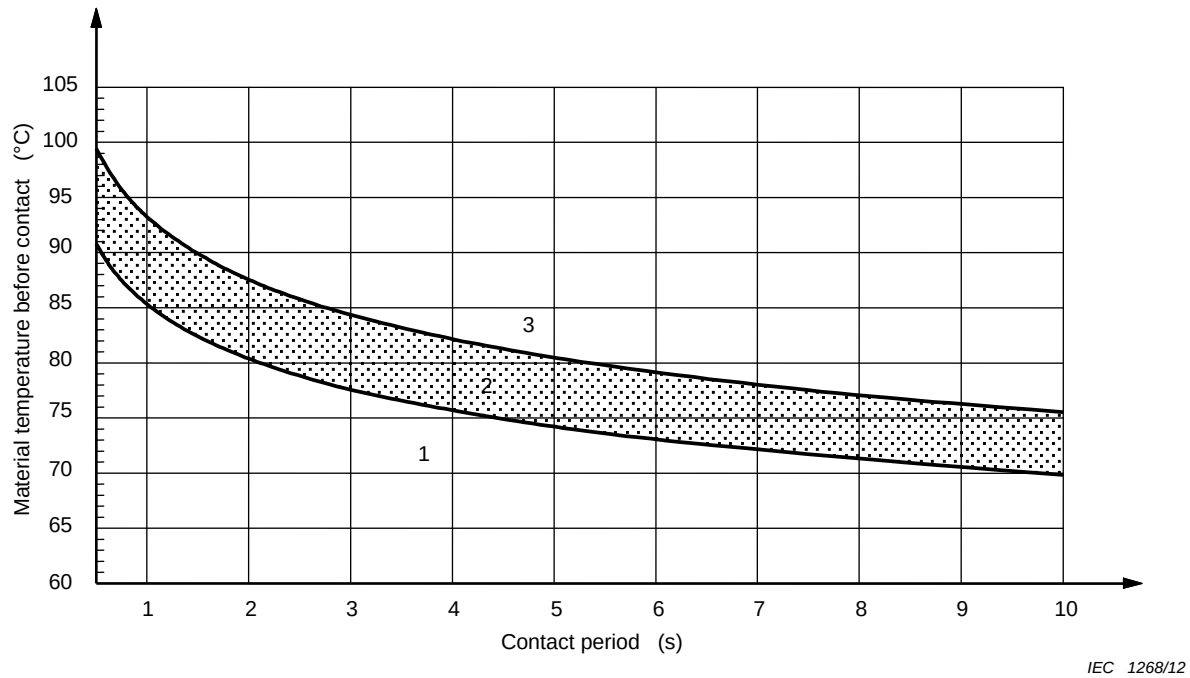
Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe



Key

1 No burn
2 Burn threshold
3 Burn

Figure J.4 – Burn threshold spread when the skin is in contact with a hot smooth surface made of ceramics, glass and stone materials



Key

1 No burn
2 Burn threshold
3 Burn

Figure J.5 – Burn threshold spread when the skin is in contact with a hot smooth surface made of plastics

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Annex K
(informative)

Table of electrochemical potentials

Magnesium, magnesium alloys	Zinc, zinc alloys	80 tin/20 Zn on steel, ZN on iron or steel	Aluminium	Cd on steel	Al/Mg alloy	Mild steel	Duralumin	Lead	Cr on steel, solft solder	CR on Ni on steel, tin on steel 12 % Cr stainless steel	High Cr stainless steel	Copper, copper alloys	Silver solder, Austenitic stainless steel	Ni on steel	Silver	Rh on Ag on Cu, silver/gold alloy	Carbon	Gold, platinum	
0	0,5	0,55	0,7	0,8	0,85	0,9	1,0	1,05	1,1	1,15	1,25	1,35	1,4	1,45	1,6	1,65	1,7	1,75	Magnesium, magnesium alloys
	0	0,05	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,55	0,6	0,65	0,75	0,85	0,9	0,95	1,1	1,15	1,2	1,25	Zinc, zinc alloys
		0	0,15	0,25	0,3	0,35	0,45	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,85	0,9	1,05	1,1	1,15	1,2	80 tin/20 Zn on steel, ZN on iron or steel
			0	0,1	0,15	0,2	0,3	0,35	0,4	0,45	0,55	0,65	0,7	0,75	0,9	0,95	1,0	1,05	Aluminium
				0	0,05	0,1	0,2	0,25	0,3	0,35	0,45	0,55	0,6	0,65	0,8	0,85	0,9	0,95	Cd on steel
					0	0,05	0,15	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,55	0,6	0,75	0,8	0,85	0,9	Al/Mg alloy
						0	0,1	0,15	0,2	0,25	0,35	0,45	0,5	0,55	0,7	0,75	0,8	0,85	Mild steel
							0	0,05	0,1	0,15	0,25	0,35	0,4	0,45	0,6	0,65	0,7	0,75	Duralumin
								0	0,5	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,55	0,6	0,66	0,7	Lead
									0	0,05	0,15	0,25	0,3	0,35	0,5	0,55	0,6	0,65	Cr on steel, solft solder
										0	0,1	0,2	0,25	0,3	0,45	0,5	0,55	0,6	CR on Ni on steel, tin on steel 12 % Cr stainless steel
											0	0,1	0,15	0,2	0,35	0,4	0,45	0,5	High Cr stainless steel
												0	0,05	0,1	0,25	0,3	0,35	0,4	Copper, copper alloys
													0	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	Silver solder, Austenitic stainless steel
														0	0,15	0,2	0,25	0,3	Ni on steel
															0	0,5	0,1	0,15	Silver
																0	0,05	0,1	Rh on Ag on Cu, silver/gold alloy
																	0	0,5	Carbon
																		0	Gold, platinum

Ag	Silver
Al	Aluminium
Cd	Cadmium
Cr	Chromium
Cu	Copper
Mg	Magnesium
Ni	Nickel
Rh	Rhodium
Zn	Zinc

IEC 1269/12

Corrosion due to electrochemical action between dissimilar metals that are in contact is minimized if the combined electrochemical potential is below about 0,6 V. In the table the combined electrochemical potentials are listed for a number of pairs of metals in common use; combinations above the dividing line should be avoided.

Figure K.1 – Electrochemical potentials (V)

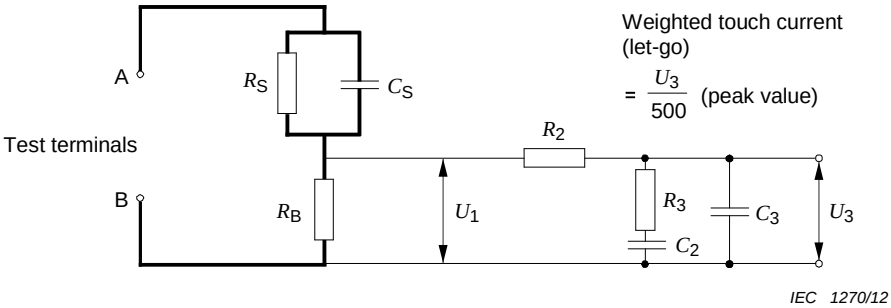
Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Annex L
(informative)

Measuring instrument for *touch current* measurements

L.1 Measuring instrument

The measuring test circuit of Figure L.1 is from Figure 4 of IEC 60990:1999.



Key

RS	1 500 Ω
RB	500 Ω
R1	10 kΩ
CS	0,22 μF
C1	0,022 μF

Voltmeter or oscilloscope (r.m.s. or peak reading) input resistance: >1 MΩ
Input capacitance: <200pF
Frequency range: 15 Hz up to 1 MHz (appropriate for the highest frequency of interest)

Figure L.1 – Measuring instrument

Electrical measuring instruments shall have adequate bandwidth to provide accurate readings, taking into account all components (d.c., ac *mains supply* frequency, high frequency and harmonic content) of the parameter being measured. If the r.m.s. value is measured, care shall be taken that measuring instruments give true r.m.s. readings of non-sinusoidal waveforms as well as sinusoidal waveforms.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Annex M
(informative)

Test probes for determining access

The following diagrams are reproduced from IEC 60529 for convenience only.

Dimensions in millimetres

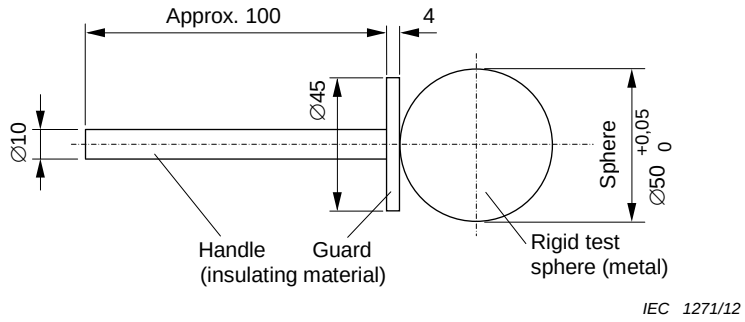


Figure M.1 – Sphere 50 mm probe (IPXXA)

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Dimensions in millimetres

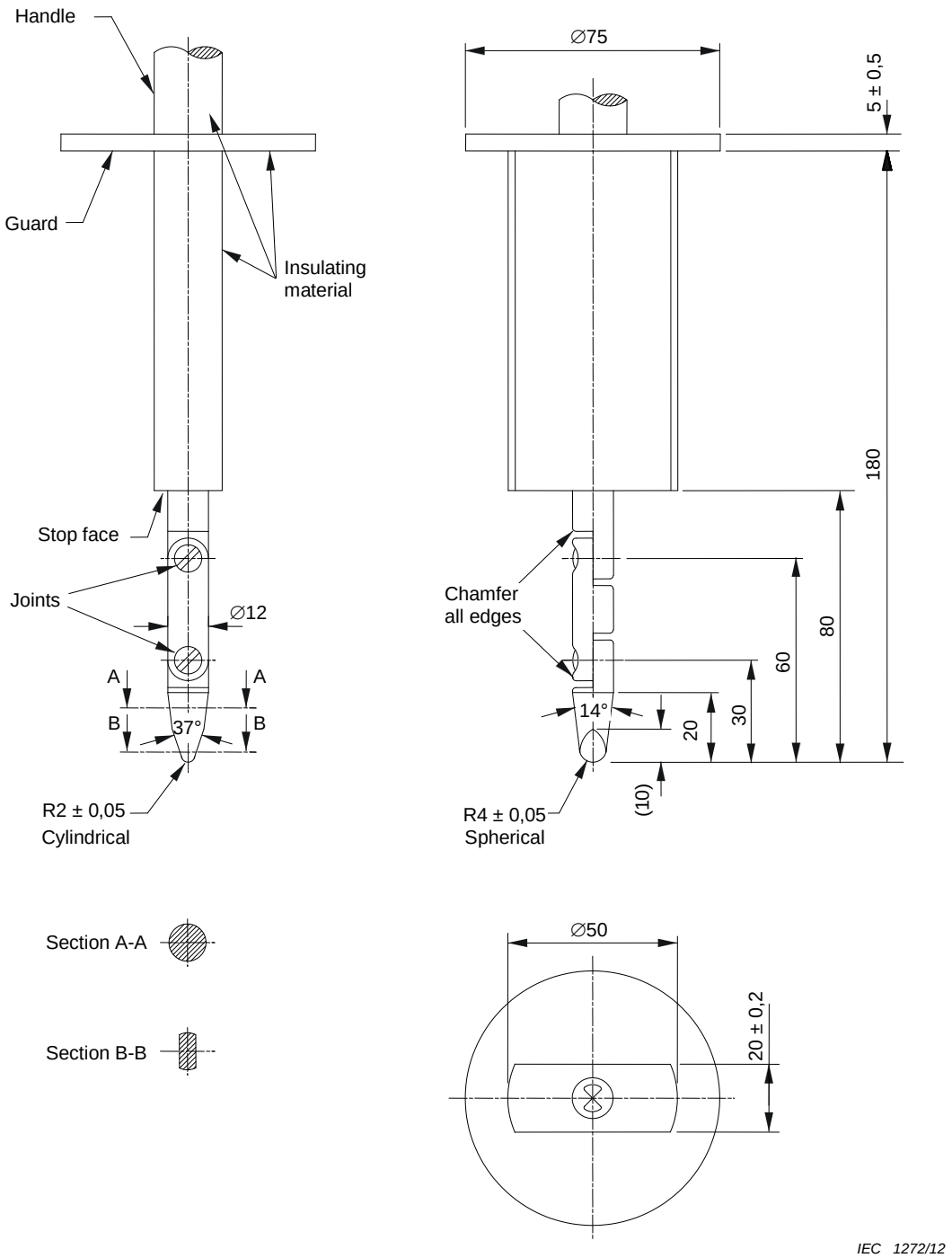


Figure M.2 – Jointed test finger (IPXXB)

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Dimensions in millimetres

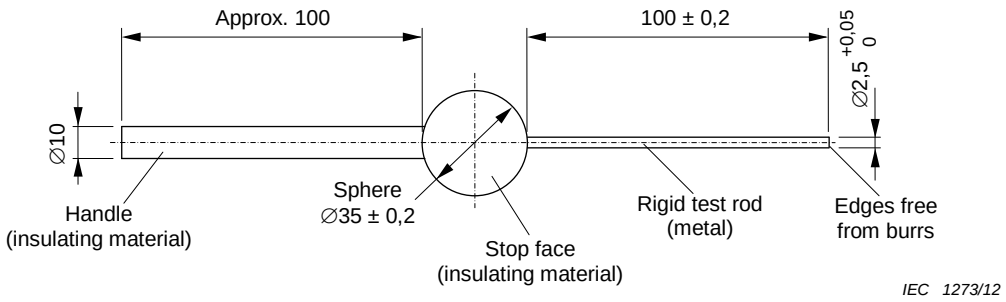


Figure M.3 – Test rod 2,5 mm (IP3X)

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Bibliography

IEC 60073:2002, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Coding principles for indicators and actuators*

IEC 60085, *Electrical insulation – Thermal evaluation and designation*

IEC 60216 (all parts), *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties*

IEC 60309-1, *Plugs, socket-outlets and couplers for industrial purposes – 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 60449, *Voltage bands for electrical installations of buildings*

IEC/TR 60479-5:2007, *Effects of current on human beings and livestock – Part 5: Touch voltage threshold values for physiological effects*

IEC 60664-5: 2007, *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 60695-11-5, *Fire hazard testing – Part 11-5: Test flames – Needle-flame test method – Apparatus, confirmatory test arrangement and guidance*

IEC 60721 (all parts), *Classification of environmental conditions*

IEC 60947-7-1, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 7-1: Ancillary equipment – Terminal blocks for copper conductors*

IEC 60947-7-2, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 7-2: Ancillary equipment – Protective conductor terminal blocks for copper conductors*

IEC 60950-1, *Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements*

IEC 61008 (all parts), *Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCBs)*

IEC 61009 (all parts), *Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBOs)*

IEC 61082-1, *Preparation of documents used in electrotechnology – Part 1: Rules*

IEC 61140:2001, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*

IEC/TS 61201, *Use of conventional touch voltage limits – Application guide*

IEC 61508 (all parts), *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*

IEC 61558-1, *Safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products – Part 1: General requirements and tests*

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

IEC 61558-2-16, *Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1 100 V – Part 2-16: Particular requirements and tests for switch mode power supply units and transformers for switch mode power supply units*

IEC 61643-12, *Low-voltage surge protective devices – Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Selection and application principles*

IEC 62079:2001, *Preparation of instructions – Structuring, content and presentation*

IEC 62423: 2009, *Type F and type B residual current operated circuit-breakers with and without integral overcurrent protection for household and similar uses*

_____

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 191
INTRODUCTION 193
1 Domaine d'application 194
2 Références normatives 195
3 Termes et définitions 197
4 Protection contre les dangers 206
4.1 Généralités 206
4.2 Conditions anormales et de défaut 207
4.3 Protection contre les courts-circuits et les surintensités 208
4.3.1 Généralités 208
4.3.2 Spécification de la capacité de tenue au court-circuit en entrée et au courant de court-circuit en sortie 209
4.3.3 Coordination en court-circuit (protection de secours) 210
4.3.4 Protection par plusieurs dispositifs 210
4.4 Protection contre les chocs électriques 211
4.4.1 Généralités 211
4.4.2 *Classe de tension déterminante* 211
4.4.3 Disposition relative à la *protection principale* 216
4.4.4 Disposition relative à la *protection en cas de défaut* 218
4.4.5 *Protection renforcée* 224
4.4.6 Mesures de protection 225
4.4.7 *Isolation* 227
4.4.8 Compatibilité avec les dispositifs de protection à courant différentiel résiduel (DDR) 243
4.4.9 Décharge de condensateurs 244
4.5 Protection contre les dangers dus à l'énergie électrique 244
4.5.1 Zones d'accès de l'opérateur 244
4.5.2 Zones d'accès pour la maintenance 245
4.6 Protection contre les dangers d'incendie et thermiques 245
4.6.1 Circuits représentant un danger d'incendie 245
4.6.2 Composants représentant un danger d'incendie 246
4.6.3 *Enveloppes contre le feu* 247
4.6.4 Limites de température 251
4.6.5 Sources à puissance limitée 254
4.7 Protection contre les dangers mécaniques 256
4.7.1 Généralités 256
4.7.2 Exigences spécifiques pour le *SECP* refroidi par liquide 256
4.8 Matériels à plusieurs sources d'alimentation 257
4.9 Protection contre les contraintes environnementales 258
4.10 Protection contre les dangers dus à la pression acoustique 259
4.10.1 Généralités 259
4.10.2 Pression acoustique et niveau de bruit 259
4.11 Câblage et raccordements 260
4.11.1 Généralités 260
4.11.2 Cheminement 260
4.11.3 Codage couleur 260

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

4.11.4 Epissures et raccordements 260
4.11.5 Connexions accessibles 261
4.11.6 Interconnexions entre les parties d'un *SECP* 261
4.11.7 Raccordement de l'alimentation 261
4.11.8 Bornes de connexion 261
4.12 *Enveloppes* 263
4.12.1 Généralités 263
4.12.2 Poignées et organes de commande manuels 264
4.12.3 Métaux coulés 264
4.12.4 Tôle 264
4.12.5 Essai de stabilité pour *enveloppe* 267
5 Exigences d'essai 268
5.1 Généralités 268
5.1.1 Objectifs et classification des essais 268
5.1.2 Sélection des échantillons pour les essais 268
5.1.3 Séquence d'essais 268
5.1.4 Conditions de mise à la terre 268
5.1.5 Conditions générales d'essai 269
5.1.6 Conformité 269
5.1.7 Vue d'ensemble des essais 270
5.2 Spécifications des essais 272
5.2.1 Inspections visuelles (*essai de type*, *essai sur prélèvement* et *essai individuel de série*) 272
5.2.2 Essais mécaniques 272
5.2.3 Essais électriques 277
5.2.4 Essais de fonctionnement anormal et de défauts simulés 293
5.2.5 Essais de matériaux 298
5.2.6 Essais environnementaux (*essais de type*) 302
5.2.7 Pression hydrostatique (*essai de type* et *essai individuel de série*) 307
6 Exigences relatives aux informations et au marquage 307
6.1 Généralités 307
6.2 Informations pour le choix 309
6.3 Informations pour l'installation et la mise en service 310
6.3.1 Généralités 310
6.3.2 Considérations d'ordre mécanique 310
6.3.3 Environnement 310
6.3.4 Manutention et montage 310
6.3.5 Température de l'*enveloppe* 311
6.3.6 Connexions 311
6.3.7 Exigences de protection 312
6.3.8 Mise en service 313
6.4 Informations pour l'utilisation 313
6.4.1 Généralités 313
6.4.2 Réglage 313
6.4.3 Etiquettes, panneaux et signaux 314
6.5 Informations pour la maintenance 316
6.5.1 Généralités 316
6.5.2 Décharge de condensateurs 316
6.5.3 Redémarrage automatique/connexion de dérivation 317

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

6.5.4 Autres dangers 317
6.5.5 Matériels à plusieurs sources d'alimentation 317
Annexe A (normative) Informations supplémentaires pour la protection contre les chocs électriques 318
Annexe B (informative) Considérations relatives à la réduction du degré de pollution 339
Annexe C (informative) Symboles référencés dans la CEI 62477-1 340
Annexe D (normative) Evaluation des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite 341
Annexe E (informative) Correction d'altitude pour les distances d'isolement dans l'air 348
Annexe F (normative) Détermination de la distance d'isolement dans l'air et de la ligne de fuite pour des fréquences supérieures à 30 kHz 349
Annexe G (informative) Sections de conducteurs ronds 355
Annexe H (informative) Principes directeurs pour la compatibilité des DDR 356
Annexe I (informative) Exemples de réduction de catégorie de surtension 360
Annexe J (informative) Seuils de brûlure pour les surfaces accessibles au toucher 367
Annexe K (informative) Tableau des potentiels électrochimiques 370
Annexe L (informative) Instrument de mesure du *courant de contact* 371
Annexe M (informative) Doigts d'essai pour détermination de l'accès 372
Bibliographie 375

Figure 1 – Zones temps/tension crête continue de contact pour la *fibrillation ventriculaire* pour une condition de peau sèche 214
Figure 2 – Zones temps/tension crête continue de contact pour la *fibrillation ventriculaire* pour une condition de peau humide 214
Figure 3 – Zones temps/tension crête continue de contact pour la *fibrillation ventriculaire* pour une condition de peau humide-salée 215
Figure 4 – Exemple d'assemblage *SECP* et sa *liaison équipotentielle de protection* associée 220
Figure 5 – Exemple d'assemblage *SECP* et sa *liaison équipotentielle de protection* associée 221
Figure 6 – Ouvertures dans le fond d'une *enveloppe contre le feu* sous un composant représentant un danger d'incendie non enfermé ou partiellement enfermé 249
Figure 7 – Construction de *l'enveloppe contre le feu* avec plaque écran 250
Figure 8 – Parties d'*enveloppe* avec et sans châssis support 265
Figure 9 – Essai de choc utilisant la sphère d'acier 274
Figure 10 – Procédures d'essai de tension 283
Figure 11 – Essai d'impédance de la liaison équipotentielle de protection pour unité séparée alimentée par le *SECP* avec protection du câble d'alimentation 290
Figure 12 – Essai d'impédance de la liaison équipotentielle de protection pour sous-ensemble avec parties accessibles et alimenté par le *SECP* 291
Figure 13 – Circuit pour essai de formation d'arc à courant élevé 299
Figure 14 – Montage pour essai d'inflammation au fil chaud 300
Figure A.1 – Protection au moyen de la *CTD As* avec *séparation de protection* 318
Figure A.2 – Protection au moyen de *l'impédance de protection* 319
Figure A.3 – Protection au moyen de tensions limitées 320
Figure A.4 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau sèche 323
Figure A.5 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau humide 323

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Figure A.6 – Zone temps-tension continue de contact pour la condition de peau humide et salée 324
Figure A.7 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau sèche 325
Figure A.8 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau humide 325
Figure A.9 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau humide et salée 326
Figure A.10 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau sèche 327
Figure A.11 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau humide 327
Figure A.12 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau sèche 328
Figure A.13 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau humide 329
Figure A.14 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau humide et salée 329
Figure A.15 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau sèche 330
Figure A.16 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau humide 331
Figure A.17 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau humide et salée 331
Figure A.18 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau sèche 332
Figure A.19 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau humide 333
Figure A.20 – Forme d'onde type pour la *tension de fonctionnement* c.a. 334
Figure A.21 – Forme d'onde type pour la *tension de fonctionnement* c.c. 334
Figure A.22 – Forme d'onde type pour la *tension de fonctionnement* pulsante 335
Figure F.1 – Schéma de dimensionnement des distances d'isolement dans l'air 350
Figure F.2 – Schéma de dimensionnement des lignes de fuite 352
Figure F.3 – Champ admissible pour le dimensionnement de l'*isolation* solide selon l'Equation (1) 354
Figure H.1 – Organigramme de sélection du type de DDR en amont d'un *SECP* 356
Figure H.2 – Formes d'ondes des courants de défaut dans des montages avec convertisseurs électroniques de puissance 358
Figure I.1 – Evaluation de l'*isolation principale* pour les circuits connectés à la source du *réseau de l'installation* 360
Figure I.2 – Evaluation de l'*isolation principale* pour les circuits connectés au *réseau* 361
Figure I.3 – Evaluation de l'*isolation principale* pour les matériels mono et triphasés non *connectés en permanence au réseau* 361
Figure I.4 – Evaluation de l'*isolation principale* pour les circuits connectés à la source du *réseau de l'installation* où des *parafoudres* internes sont utilisés 361
Figure I.5 – Evaluation de l'*isolation principale* pour les circuits connectés au *réseau* où des *parafoudres* internes sont utilisés 362
Figure I.6 – Exemple d'évaluation de la *séparation de protection* pour les circuits connectés au *réseau* où des *parafoudres* internes sont utilisés 362
Figure I.7 – Exemple d'évaluation de la *séparation de protection* pour les circuits connectés au *réseau* où des *parafoudres* internes sont utilisés 363

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Figure I.8 – Exemple d'évaluation de la *séparation de protection* pour les circuits connectés au *réseau* où des *parafoudres* internes sont utilisés 363
Figure I.9 – Evaluation de l'*isolation principale* pour les circuits non connectés directement au *réseau* 364
Figure I.10 – Evaluation de l'*isolation principale* pour les circuits non connectés directement au réseau 364
Figure I.11 – Evaluation de l'*isolation* fonctionnelle des circuits affectés par les transitoires externes 364
Figure I.12 – Evaluation de l'*isolation principale* pour les circuits connectés et non connectés directement au *réseau* 365
Figure I.13 – Evaluation de l'*isolation* pour un circuit accessible de *CTD* A 365
Figure I.14 – *CEP* avec *réseau* et non-*réseau* sans séparation galvanique 366
Figure I.15 – Convertisseur *CEP* isolé par des transformateurs (de base) avec *parafoudre* et transformateur pour réduction de la tension de choc pour l'isolation fonctionnelle et l'*isolation principale* 366
Figure J.1 – Répartition du seuil de brûlure lorsque la peau est en contact avec une surface lisse brûlante en métal nu (non revêtu) 367
Figure J.2 – Augmentation de la répartition du seuil de brûlure de la Figure J.1 pour les métaux revêtus d'une gomme-laque d'une épaisseur de 50 μm, 100 μm et 150 μm 368
Figure J.3 – Augmentation de la répartition du seuil de brûlure de la Figure J.1 pour les métaux revêtus de matériaux particuliers 368
Figure J.4 – Répartition du seuil de brûlure lorsque la peau est en contact avec une surface lisse brûlante constituée de céramique, verre et pierres 369
Figure J.5 – Répartition du seuil de brûlure lorsque la peau est en contact avec une surface lisse brûlante en plastique 369
Figure K.1 – Potentiels électrochimiques (V) 370
Figure L.1 – Instrument de mesure 371
Figure M.1 – Sphère d'essai de 50 mm (IPXXA) 372
Figure M.2 – Doigt d'essai assemblé (IPXXB) 373
Figure M.3 – Tige d'essai de 2,5 mm (IP3X) 374

Tableau 1 – Liste alphabétique des termes 198
Tableau 2 – Sélection de la *CTD* pour la tension de contact en cas de *fibrillation ventriculaire* 212
Tableau 3 – Choix de la surface de contact du corps 212
Tableau 4 – Choix de la condition d'humidité de la peau 212
Tableau 5 – Limites de tension en état stable pour les *classes de tension déterminante* 213
Tableau 6 – Exigences de protection pour le circuit à l'étude 216
Tableau 7 – Section du *conducteur de mise à la terre de protection* [a] 222
Tableau 8 – Définitions des degrés de pollution 228
Tableau 9 – Tension de choc et *surtension temporaire* par rapport à la tension système 230
Tableau 10 – Distances d'isolement dans l'air pour l'*isolation* fonctionnelle, principale ou supplémentaire 236
Tableau 11 – Lignes de fuite (en millimètres) 238
Tableau 12 – Matériaux génériques utilisés pour le support direct des *parties actives* non isolées 240
Tableau 13 – Ouvertures admissibles dans les fonds des *enveloppes contre le feu* 251

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Tableau 14 – Températures totales maximales mesurées pour les composants et matériaux internes 252
Tableau 15 – Températures maximales mesurées pour les parties accessibles du *SECP* 254
Tableau 16 – Limites des sources de puissance sans dispositif de protection contre les surintensités 255
Tableau 17 – Limites des sources de puissance avec dispositif de protection contre les surintensités 255
Tableau 18 – Conditions environnementales de service 259
Tableau 19 – Espace de courbure des fils des bornes à l'*enveloppe* 263
Tableau 20 – Epaisseur des tôles d'*enveloppes*: acier au carbone ou acier inoxydable 266
Tableau 21 – Epaisseur des tôles d'*enveloppes*: aluminium, cuivre ou laiton 267
Tableau 22 – Vue d'ensemble des essais 271
Tableau 23 – Valeurs de l'effort de traction pour la fixation des poignées et organes de contrôle manuels 277
Tableau 24 – Essai de tension de choc 278
Tableau 25 – Tension d'essai de choc 279
Tableau 26 – Tension d'essai alternative ou continue pour circuits raccordés directement au *réseau* 280
Tableau 27 – Tension d'essai alternative ou continue pour circuits non raccordés au *réseau* sans surtensions temporaires 281
Tableau 28 – Essai de décharge partielle 285
Tableau 29 – Durée de l'essai de *liaison équipotentielle de protection* 292
Tableau 30 – Essais environnementaux 303
Tableau 31 – Essai de chaleur sèche (régime permanent) 304
Tableau 32 – Essai de chaleur humide (régime permanent) 305
Tableau 33 – Essai de vibration 306
Tableau 34 – Essai au brouillard salin 306
Tableau 35 – Essai aux poussières et sable 307
Tableau 36 – Exigences d'informations 308
Tableau A.1 – Choix d'une tension de contact réglée pour la *fibrillation ventriculaire* 321
Tableau A.2 – Choix d'une tension de contact réglée pour un *fort effet musculaire* 322
Tableau A.3 – Choix d'une tension de contact réglée pour une *réaction de tressaillement* 322
Tableau A.4 – Exemples de protection contre les chocs électriques 337
Tableau C.1 – Symboles utilisés 340
Tableau D.1 – Largeur des rainures en fonction du degré de pollution 341
Tableau E.1 – Facteur de correction pour les distances d'isolement dans l'air à des altitudes comprises entre 2 000 m et 20 000 m 348
Tableau E.2 – Tensions d'essai pour la vérification des distances d'isolement dans l'air à des altitudes différentes 348
Tableau F.1 – Valeurs minimales des distances d'isolement dans l'air à la pression atmosphérique dans des conditions de champs non homogènes (Tableau 1 de la CEI 60664-4:2005) 351
Tableau F.2 – Facteurs multiplicatifs pour les distances d'isolement dans l'air à la pression atmosphérique pour des conditions de champs presque homogènes 351
Tableau F.3 – Valeurs minimales des lignes de fuite pour différentes plages de fréquences (Tableau 2 de la CEI 60664-4:2005) 353

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Tableau G.1 – Sections normales de conducteurs ronds 355

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

EXIGENCES DE SÉCURITÉ APPLICABLES AUX SYSTÈMES ET MATÉRIELS ÉLECTRONIQUES DE CONVERSION DE PUISSANCE –

Partie 1: Généralités

AVANT-PROPOS

1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI 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, la CEI – 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 la CEI"). 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
5) La CEI 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 la CEI. La CEI 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62477-1 a été établie par le comité d'études 22 de la CEI: Systèmes et équipements électroniques de puissance.

Elle a le statut d'une publication groupée de sécurité conformément au Guide 104 de la CEI.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
22/200/FDIS	22/204/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 62477, publiées sous le titre général *Exigences de sécurité applicables aux systèmes et matériels électroniques de conversion de puissance*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Dans la présente norme, les termes en *italique* sont définis à l'Article 3.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "http://webstore.iec.ch" dans les données relatives à la publication recherchée. À 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.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

INTRODUCTION

La présente Norme internationale concerne les produits comprenant des convertisseurs électroniques de puissance, d'une tension système assignée ne dépassant pas 1 000 V c.a. ou 1 500 V c.c. Elle spécifie des exigences permettant de réduire les risques d'incendie, de choc électrique, les dangers thermiques, mécaniques et dus à l'énergie électrique, à l'exception de la sécurité fonctionnelle définie dans la CEI 61508. Elle a pour objet d'établir une terminologie commune et la base applicable aux exigences de sécurité des produits comprenant des convertisseurs électroniques de puissance pour plusieurs comités d'études de la CEI.

La présente norme a été élaborée afin:

- d'être utilisée comme document de référence par les comités de produits du TC 22 pour l'élaboration de normes de produits applicables aux systèmes et matériels électroniques de conversion de puissance;
- de remplacer la CEI 62103 en tant que norme de famille de produits fournissant les exigences minimales pour les aspects de sécurité des systèmes et matériels électroniques de conversion de puissance dans les appareils pour lesquels il n'existe pas de norme de produits; et

NOTE Le domaine d'application de la CEI 62103 comporte des aspects relatifs à la fiabilité qui ne sont pas couverts par la présente norme.

- d'être utilisée comme un document de référence par les comités de produits hors du TC 22 pour l'élaboration de normes de produits applicables aux convertisseurs électroniques de puissance et matériels destinés à être utilisés avec des sources d'énergie renouvelable. Au moment de la publication, les TC 82, TC 88, TC 105 et TC 114 ont été notamment reconnus comme des comités d'études pertinents.

Il convient que les comités d'études qui utilisent le présent document tiennent tout particulièrement compte de la pertinence de chaque alinéa du présent document pour le produit à l'étude, et fassent référence, ajoutent, remplacent ou modifient les exigences selon les cas. Les sujets spécifiques aux produits non couverts par le présent document relèvent de la responsabilité des comités d'études qui utilisent le présent document comme document de référence.

La présente norme groupée de sécurité ne prévaut nullement sur toute norme spécifique de produits conformément au Guide 104 de la CEI. Le Guide 104 de la CEI fournit des informations sur la responsabilité des comités de produits quant à l'utilisation des normes groupées de sécurité pour l'élaboration de leurs propres normes de produits.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

EXIGENCES DE SÉCURITÉ APPLICABLES AUX SYSTÈMES ET MATÉRIELS ÉLECTRONIQUES DE CONVERSION DE PUISSANCE –

Partie 1: Généralités

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 62477 s'applique aux matériels et aux systèmes électroniques de conversion de puissance (SECP), à leurs composants pour la *conversion de puissance électronique* et la commande (ouverture et fermeture) électronique de puissance, y compris les moyens de commande, de protection, de surveillance et de mesure, ayant pour principale fonction la conversion de puissance électrique, d'une tension système assignée ne dépassant pas 1 000 V c.a. ou 1 500 V c.c.

Le présent document peut également être utilisé comme norme de référence par les comités de produits qui élaborent des normes de produits applicables aux:

- systèmes d'entraînement électrique de puissance à vitesse variable;
- alimentations sans interruption autonomes (ASI);
- alimentations stabilisées basse tension en courant continu.

Pour les SECP pour lesquels il n'existe pas de norme de produits, la présente norme spécifie des exigences minimales pour les aspects de sécurité.

La présente partie de la CEI 62477 a le statut d'une publication groupée de sécurité conformément au Guide 104 de la CEI applicable aux systèmes électroniques de conversion de puissance et équipements pour énergie solaire, éolienne, des marée, des vagues, des piles à combustible ou sources d'énergie analogues.

Conformément au Guide 104 de la CEI, il incombe aux comités d'études d'utiliser, dans toute la mesure du possible, les publications fondamentales de sécurité et/ou les publications groupées de sécurité pour l'élaboration de leurs normes de produits.

La présente Norme internationale:

- établit une terminologie commune applicable aux aspects de sécurité concernant les matériels et les SECP;
- établit les exigences minimales pour la coordination des aspects de sécurité des parties interconnectées au sein d'un SECP;
- établit une base commune applicable aux exigences minimales de sécurité de la partie du convertisseur électronique de puissance (CEP) des produits comprenant un CEP;
- précise des exigences permettant de réduire les risques d'incendie, de choc électrique, les dangers thermiques, mécaniques et dus à l'énergie électrique, en cours d'utilisation et de fonctionnement et, lorsque cela est spécifiquement indiqué, au cours des opérations d'entretien et de maintenance;
- précise les exigences minimales permettant de réduire ces types de risques concernant les matériels enfichables et connectés en permanence, qu'ils soient constitués d'un système d'unités interconnectées ou d'unités indépendantes, faisant l'objet d'opérations d'installation, de fonctionnement et d'entretien du matériel tel que spécifié par le fabricant.

La présente Norme internationale ne couvre pas:

- les appareils de télécommunications autres que les alimentations pour ce type d'appareil;

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

- les aspects de sécurité fonctionnelle tels que traités par exemple par la CEI 61508;
- les matériels et systèmes électriques utilisés dans les applications ferroviaires et les véhicules électriques.

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).

CEI 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Électrotechnique International* (disponible à l'adresse: <http://www.electropedia.org>)

CEI 60060-1:2010, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 60068-2-2, *Essais d'environnement – Partie 2-2: Essais – Essai B: Chaleur sèche*

CEI 60068-2-6, *Essais d'environnement – Partie 2-6: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

CEI 60068-2-52, *Essais d'environnement – Partie 2-52: Essais – Essai Kb: Brouillard salin, essai cyclique (solution de chlorure de sodium)*

CEI 60068-2-68, *Essais d'environnement – Partie 2-68: Essais – Essai L: Poussière et sable*

CEI 60068-2-78:2001, *Essais d'environnement – Partie 2-78: Essais – Essai Cab: Chaleur humide, essai continu*

CEI 60112:2003, *Méthode de détermination des indices de résistance et de tenue au cheminement des matériaux isolants solides*

IEC 60216-4-1, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-1: Ageing ovens – Single-chamber ovens* (disponible en anglais uniquement)

CEI 60364-1, *Installations électriques à basse tension – Partie 1: Principes fondamentaux, détermination des caractéristiques générales, définitions*

CEI 60364-4-41: 2005, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*

CEI 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*

CEI 60364-5-54:2011, *Installations électriques basse tension – Partie 5-54: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Installations de mise à la terre et conducteurs de protection*

CEI 60417, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel* (disponible à l'adresse: <http://www.graphical-symbols.info/equipment>)

CEI/TS 60479-1, *Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques – Partie 1: Aspects généraux*

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

CEI 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 60617, *Symboles graphiques pour schémas* (disponible à l'adresse: <http://std.iec.ch/iec60617>)

CEI 60664-1:2007, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

CEI 60664-3:2003, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 3: Utilisation de revêtement, d'empotage ou de moulage pour la protection contre la pollution*

CEI 60664-4:2005, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 4: Considérations sur les contraintes de tension à haute fréquence*

CEI 60695-2-11:2000, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-11: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai d'inflammabilité pour produits finis*

CEI 60695-10-2, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 10-2: Chaleurs anormales – Essai à la bille*

CEI 60695-11-10, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-10: Flammes d'essai – Méthodes d'essai horizontale et verticale à la flamme de 50 W*

CEI 60721-3-3, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 3: Utilisation à poste fixe, protégé contre les intempéries*

CEI 60721-3-4, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 4: Utilisation à poste fixe, non protégé contre les intempéries*

CEI 60730-1, *Dispositifs de commande électrique automatiques à usage domestique et analogue – Partie 1: Exigences générales*

CEI/TR 60755, *Exigences générales pour les dispositifs de protection à courant différentiel résiduel*

CEI 60949, *Calcul des courants de court-circuit admissibles au plan thermique, tenant compte des effets d'un échauffement non adiabatique*

CEI 60695-2-10, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-10: Essais au fil incandescent/chauffant – Appareillage et méthode commune d'essai*

CEI 60695-2-13, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-13: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai de température d'allumabilité au fil incandescent (GWIT) pour matériaux*

CEI 60695-11-10, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-10: Flammes d'essai – Méthodes d'essai horizontale et verticale à la flamme de 50 W*

CEI 60695-11-20, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-20: Flammes d'essai – Méthodes d'essai à la flamme de 500 W*

CEI 60990:1999, *Méthodes de mesure du courant de contact et du courant dans le conducteur de protection*

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

CEI 61032:1997, *Protection des personnes et des matériels par les enveloppes – Calibres d'essai pour la vérification*

CEI 61180-1:1992, *Techniques des essais à haute tension pour matériels à basse tension – Partie 1: Définitions, prescriptions et modalités relatives aux essais*

IEC Guide 104:2010, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications* (disponible en anglais uniquement)

IEC Guide 117:2010, *Electrotechnical equipment – Temperatures of touchable hot surfaces* (disponible en anglais uniquement)

ISO 3864-1, *Symboles graphiques - Couleurs de sécurité et signaux de sécurité - Partie 1: Principes de conception pour les signaux de sécurité sur les lieux de travail et dans les lieux publics*

ISO 3746, *Acoustique – Détermination des niveaux de puissance acoustique et des niveaux d'énergie acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique – Méthode de contrôle employant une surface de mesure enveloppante au-dessus d'un plan réfléchissant*

ISO 7000, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel – Index et tableau synoptique* (disponible à l'adresse: <http://www.graphical-symbols.info/equipment>)

ISO 7010, *Symboles graphiques – Couleurs de sécurité et signaux de sécurité – Signaux de sécurité enregistrés*

ISO 9614-1, *Acoustique – Détermination par intensimétrie des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit – Partie 1: Mesurages par points*

ISO 9772, *Plastiques alvéolaires -- Détermination des caractéristiques de combustion de petites éprouvettes en position horizontale, soumises à une petite flamme*

ANSI/ASTM E84 – 11b, *Standard test method for surface burning characteristics of building materials* (disponible en anglais uniquement)

ASTM E162 – 11a: *Standard test method for surface flammability of materials using a radiant heat energy source* (disponible en anglais uniquement)

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la CEI 60050-111:1996, la CEI 60050-151:2001, la CEI 60050-161:1990, la CEI 60050-191:1990, la CEI 60050-441:1984, la CEI 60050-442:1998, la CEI 60050-551:1998, la CEI 60050-601:1985 et la CEI 60664-1:2007, ainsi que les suivants s'appliquent.

Le Tableau 1 fournit une liste de référence alphabétique des différents termes utilisés.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

Tableau 1 – Liste alphabétique des termes

Terme	Numéro du terme	Terme	Numéro du terme	Terme	Numéro du terme
circuit adjacent	3.1	basse tension	3.23	séparation de protection CEP	3.44
isolation principale	3.2	réseau	3.24	CEP	3.45
protection principale	3.3	fort effet musculaire (lâcher)	3.25	SECP	3.46
essai de mise en service	3.4	alimentation non raccordée directement au réseau	3.26	isolation renforcée	3.47
classe de tension déterminante (*CTD*)	3.5	type ouvert	3.27	zone d'accès limité	3.48
double isolation	3.6	courant de court-circuit en sortie	3.28	essai individuel de série	3.49
CTD As	3.7	TBTP (schémas)	3.29	essai sur prélèvement	3.50
CTD Ax	3.8	(matériel) connecté en permanence	3.30	TBTS (schémas)	3.51
claquage électrique	3.9	matériel enfichable de type A	3.31	protection de secours contre les courts-circuits	3.52
isolation (électrique)	3.10	matériel enfichable de type B	3.32	séparation simple	3.53
conversion (électronique) (de puissance)	3.11	accès	3.33	condition de défaut unique	3.54
enveloppe	3.12	semi-conducteur de puissance	3.34	réaction de tressaillement	3.55
protection renforcée	3.13	courant de court-circuit présumé	3.35	isolation supplémentaire	3.56
durée de vie prévue	3.14	liaison équipotentielle de protection	3.36	dispositif de protection contre les surtensions	3.57
très basse tension (TBT)	3.15	protection de classe I	3.37	système	3.58
protection en cas de défaut	3.16	protection de classe II	3.38	tension système	3.59
borne de câblage sur site	3.17	protection de classe III	3.39	surtension temporaire	3.60
enveloppe contre le feu	3.18	mise à la terre de protection (PE)	3.40	courant de contact	3.61
Isolation fonctionnelle	3.19	conducteur de mise à la terre de protection	3.41	essai de type	3.62
partie active dangereuse	3.20	impédance de protection	3.42	fibrillation ventriculaire	3.63
Installation	3.21	écran de protection	3.43	tension de fonctionnement	3.64
partie active	3.22			zone de liaison équipotentielle	3.65

3.1
circuit adjacent
circuit suivant le circuit à l'étude ayant une exigence applicable à l'*isolation* fonctionnelle, simple ou de protection

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

3.2
isolation principale
isolation appliquée aux *parties actives dangereuses* destinée à assurer une *protection principale* contre les chocs électriques

[SOURCE: CEI 60050-195:1998, 195-06-06, modifiée]

3.3
protection principale
protection contre les chocs électriques en l'absence de défaut

[SOURCE: CEI 60050-195:1998, 195-06-01]

3.4
essai de mise en service
essai de recette
essai d'un dispositif ou d'un matériel, effectué sur site, et destiné à vérifier son installation correcte et son bon état de fonctionnement

[SOURCE: CEI 60050-411:1996, 411-53-06, modifiée]

3.5
classe de tension déterminante
CTD
classification de la gamme de tensions utilisée afin de déterminer les mesures de protection contre les chocs électriques et les exigences d'*isolation* entre les circuits

3.6
double isolation
isolation comprenant à la fois une *isolation principale* et une *isolation supplémentaire*

[SOURCE: CEI 60050-826:2004, 826-12-16]

3.7
CTD As
valeurs maximales de tension de sécurité qu'il est possible d'atteindre, issues de la *CTD Ax*

3.8
CTD Ax
valeur générale de la *CTD* utilisée pour la *CTD A*, la *CTD A1*, la *CTD A2* ou la *CTD A3*

3.9
claquage électrique
défaillance de l'*isolation* en cas de contrainte électrique lorsque la décharge court-circuite complètement l'*isolation*, réduisant pratiquement à zéro la tension entre les électrodes

[SOURCE: CEI 60664-1:2007, 3.20]

3.10
isolation (électrique)
séparation électrique entre les circuits ou les parties conductrices, assurée par distance d'isolement dans l'air, ligne de fuite ou *isolation* solide, ou une combinaison de ces éléments

3.11
conversion (électronique) (de puissance)
changement d'une ou de plusieurs caractéristiques d'un *système* électrique de puissance essentiellement sans perte de puissance notable, au moyen de *semi-conducteurs de puissance*

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Note 1 à l'article: Ces caractéristiques sont, par exemple, la tension, le nombre de phases et la fréquence, y compris la fréquence nulle.

[SOURCE: CEI 60050-551:1998, 551-11-02, modifiée]

3.12
enveloppe
enceinte assurant le type et le degré de protection approprié pour l'application prévue

Note 1 à l'article: La présente norme spécifie une exigence applicable à l'*enveloppe* conformément à la CEI 60529 ainsi qu'une exigence supplémentaire relative aux contraintes mécaniques et environnementales. Cette exigence supplémentaire a pour objet de garantir l'aptitude des *enveloppes* à assurer la *protection principale* dans les conditions environnementales spécifiées par le fabricant.

[SOURCE: CEI 60050-195:1998, 195-02-35]

3.13
protection renforcée
dispositif de protection ayant une fiabilité de protection non inférieure à celle assurée par deux dispositifs de protection indépendants

3.14
durée de vie prévue
durée minimale pendant laquelle les caractéristiques des performances sont valides dans les conditions assignées de fonctionnement

3.15
très basse tension
TBT
tension ne dépassant pas les limites spécifiées dans le domaine I de la CEI 60449

Note 1 à l'article: Dans la CEI 60449, le domaine I est défini comme ne dépassant pas une valeur efficace de 50 V en courant alternatif et de 120 V en courant continu. D'autres comités de produits peuvent avoir défini la *TBT* selon différents niveaux de tension.

Note 2 à l'article: Dans la présente norme, la protection contre les chocs électriques dépend de la *classification de la tension déterminante.*

[SOURCE: CEI 60050-826:2004, 826-12-30, modifiée]

3.16
protection en cas de défaut
protection contre les chocs électriques dans des conditions de défaut unique

Note 1 à l'article: Pour les *installations, systèmes* et matériels à basse tension, la *protection en cas de défaut* correspond généralement à la protection contre le contact indirect tel qu'utilisée dans la CEI 60364-4-41, principalement pour ce qui concerne la défaillance de *l'isolation principale*.

[SOURCE: CEI 60050-195:1998, Amendement 1:1998, 195-06-02]

3.17
borne pour câblage externe
borne prévue pour une connexion des conducteurs externes au *SECP*

3.18
enveloppe contre le feu
partie d'un matériel destinée à minimiser l'extension du feu ou des flammes provenant de l'intérieur

3.19
isolation fonctionnelle
isolation entre les parties conductrices d'un circuit qui est nécessaire pour le bon fonctionnement du circuit mais qui n'assure pas une protection contre les chocs électriques

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Note 1 à l'article: *L'isolation fonctionnelle* peut cependant minimiser l'exposition à l'inflammation ou au feu.

3.20
partie active dangereuse
partie active qui peut provoquer, dans certaines conditions, un choc électrique nuisible

[SOURCE: CEI 60050-195:1998, 195-06-05]

3.21
installation
matériel ou ensemble de matériels comprenant au moins le SECP

Note 1 à l'article: Le mot *installation* est également utilisé dans la présente norme pour désigner le processus d'installation d'un *SECP*. Dans ces cas, le mot n'apparaît pas en italique.

3.22
partie active
conducteur ou partie conductrice destiné à être sous tension en service normal, y compris le conducteur de neutre, mais par convention, excepté le *conducteur de mise à la terre de protection* ou une *terre de protection* au neutre

Note 1 à l'article: La notion n'implique pas nécessairement un risque de choc électrique.

[SOURCE: CEI 60050-195:1998, 195-02-19, modifiée]

3.23
basse tension
BT
ensemble des niveaux de tension utilisés pour la distribution d'énergie électrique et dont la limite supérieure généralement admise est de 1 000 V en courant alternatif ou de 1 500 V en courant continu

[SOURCE: CEI 60050-601:1985, 601-01-26, modifiée]

3.24
réseau
système de distribution *basse tension* en courant alternatif alimentant les matériels en courant alternatif

3.25
fort effet musculaire (lâcher)
réaction physiologique due à une valeur minimale de la tension de contact pour une population pour qui un courant passant au travers du corps humain est juste suffisant pour provoquer une contraction musculaire involontaire, telle que le non-lâcher d'une électrode, mais n'incluant pas la *réaction de tressaillement*

[SOURCE: CEI/TR 60479-5:2007, 3.3.2, modifiée]

3.26
alimentation non raccordée directement au réseau
circuit électrique qui n'est pas alimenté directement par le *réseau*, mais qui est, par exemple, isolé par un transformateur ou alimenté par une batterie, un générateur ou des sources analogues non connectés directement au *système* de distribution public en courant alternatif

3.27
type ouvert
produit destiné à l'incorporation dans une *enveloppe* ou un assemblage qui fournira une protection contre les dangers

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

3.28
courant de court-circuit en sortie
courant efficace ou continu qui circule à la sortie du *SECP* lorsqu'un court-circuit est appliqué par un conducteur d'impédance négligeable

3.29
(schéma) TBTP
schéma électrique dont la tension ne peut pas dépasser la valeur de la *très basse tension*:

– dans des conditions normales, et
– dans des *conditions de défaut unique*, à l'exception des défauts à la terre dans les autres circuits électriques

Note 1 à l'article: TBTP est l'abréviation de *très basse tension* de protection.

[SOURCE: CEI 60050-826:2004, 826-12-32]

3.30
(matériel) connecté en permanence
matériel destiné à être relié à l'*installation* électrique des bâtiments au moyen de bornes à vis ou par d'autres moyens fiables

3.31
matériel enfichable de type A
matériel destiné à être relié au *réseau* par une prise de courant et un socle de prise non industriels ou un connecteur non industriel ou les deux

3.32
matériel enfichable de type B
matériel destiné à être relié au *réseau* par une prise de courant et un socle de prise industriels ou par un connecteur, ou par les deux, conformes à la CEI 60309 ou à une norme nationale similaire

3.33
accès
porte
point d'un dispositif ou d'un réseau où de l'énergie électromagnétique ou des signaux électromagnétiques peuvent être fournis ou recueillis, ou bien où l'on peut observer ou mesurer des grandeurs

[SOURCE: CEI 60050-131:2002, 131-12-60]

3.34
semi-conducteur de puissance
semi-conducteur utilisé pour la *conversion électronique de puissance*

3.35
courant de court-circuit présumé
courant qui circule lorsqu'un court-circuit est appliqué par un conducteur d'impédance négligeable

3.36
liaison équipotentielle de protection
liaison équipotentielle réalisée à des fins de sécurité (par exemple, protection contre les chocs électriques)

[SOURCE: CEI 60050-195:1998, 195-01-15, modifiée]

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

3.37
protection de classe I
matériel dans lequel la protection contre les chocs électriques ne repose pas uniquement sur une *isolation principale* mais qui comprend une mesure de sécurité supplémentaire de telle manière que des moyens sont fournis pour la connexion des parties conductrices accessibles au *conducteur (de mise à la terre) de protection* dans le câblage fixe de l'*installation*, de sorte que les parties conductrices accessibles ne peuvent pas devenir actives en cas de défaut de l'*isolation principale*

3.38
protection de classe II
matériel dans lequel la protection contre les chocs électriques ne repose pas uniquement sur une *isolation principale* mais dans lequel des mesures de sécurité supplémentaires telles qu'une *isolation supplémentaire* ou une *isolation renforcée* sont fournies, sans aucun moyen de connexion à une *mise à la terre de protection* ni dépendance aux conditions d'*installation*

3.39
protection de classe III
matériel dans lequel la protection contre les chocs électriques repose sur une alimentation en *CTD Ax* (ou *B* dans certaines conditions) et dans lequel des tensions supérieures à celles de la *CTD Ax* (*B*) ne sont pas générées et où il n'existe pas de moyen de connexion à une *mise à la terre de protection*

Note 1 à l'article: D'autres normes définissent la *protection de classe III* comme reposant sur une alimentation en *TBT*.

3.40
mise à la terre de protection
PE
mise à la terre d'un point dans un *système* ou d'un matériel pour la protection contre les chocs électriques en cas de défaut

3.41
conducteur de mise à la terre de protection
conducteur dans l'*installation* électrique des bâtiments, ou dans le câble d'alimentation, reliant une borne principale de *mise à la terre de protection* dans le matériel à un point de mise à la terre dans l'*installation* des bâtiments pour des besoins de sécurité

3.42
impédance de protection
impédance connectée entre des *parties actives dangereuses* et des parties conductrices accessibles, d'une valeur telle que le courant, en condition normale d'utilisation et sous des conditions de défaut vraisemblables, est limité à une valeur de sécurité, et qui est construite de telle sorte que sa fiabilité est maintenue tout au long de la durée de vie du matériel

[SOURCE: CEI 60050-442:1998, 442-04-24, modifiée]

3.43
écran de protection (électrique)
séparation des circuits des parties actives dangereuses au moyen d'un écran conducteur interposé et connecté aux moyens de connexion pour un *conducteur de mise à la terre de protection,* directement ou par l'intermédiaire d'une *liaison équipotentielle de protection*

3.44
séparation de protection (électrique)
séparation entre deux circuits électriques au moyen:

- d'une *double isolation* ou
- d'une *isolation principale* et d'un *écran de protection* électrique ou

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

- d'une *isolation renforcée*

[SOURCE: CEI 60050-195:1998, Amendement 1:1998, 195-06-19]

3.45
convertisseur électronique de puissance
CEP
dispositif ou partie de dispositif destiné à la *conversion électronique de puissance*, comprenant les circuits de signalisation, de mesure et de commande et autres parties, s'ils se révèlent essentiels pour la fonction de conversion de *puissance*

3.46
***système* électronique de conversion de puissance**
SECP
un ou plusieurs *convertisseurs électroniques de puissance* destinés à fonctionner ensemble avec d'autres matériels

3.47
isolation renforcée
isolation des *parties actives dangereuses* assurant un degré de protection contre les chocs électriques équivalent à une *double isolation*

[SOURCE: CEI 60664-1:2007, 3.17.5]

3.48
zone d'accès limité
zone uniquement accessible aux personnes électriquement qualifiées et aux personnes électriquement averties munies de l'autorisation adéquate

Note 1 à l'article: Une personne électriquement qualifiée est une personne ayant la formation et l'expérience appropriées pour lui permettre de percevoir les risques et d'éviter les dangers que peut présenter l'électricité.

Note 2 à l'article: Une personne électriquement avertie est une personne suffisamment informée ou surveillée par des personnes qualifiées en électricité pour lui permettre de percevoir les risques et d'éviter les dangers que peut présenter l'électricité.

[SOURCE: CEI 60050-195:1998, 195-04-04, modifiée]

3.49
essai individuel de série
essai auquel est soumise chaque machine en cours ou en fin de fabrication pour vérifier qu'elle satisfait à des critères définis

[SOURCE: CEI 60050-411:1996, 411-53-02, modifiée]

3.50
essai de série sur prélèvement
essai effectué sur un certain nombre de machines prélevées au hasard dans un lot

3.51
(schéma) TBTS
schéma électrique dont la tension ne peut pas dépasser la valeur de la *très basse tension*:

– dans des conditions normales; et
– dans des *conditions de défaut unique*, y compris les défauts à la terre dans les autres circuits électriques

Note 1 à l'article: TBTS est l'abréviation de *très basse tension* de sécurité.

[SOURCE: CEI 60050-826:2004, 826-12-31, modifiée]

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

3.52
protection de secours contre les courts-circuits
protection destinée à fonctionner lorsque d'autres mesures de protection dans un *système* ou un matériel ne parviennent pas à éliminer un défaut

3.53
séparation simple
séparation entre circuits électriques ou entre un circuit électrique et la terre locale par une *isolation principale*

[SOURCE: CEI 60050-826:2004, 826-12-28]

3.54
condition de défaut unique
condition dans laquelle la présence d'une défaillance est susceptible d'engendrer un danger couvert par la présente norme

Note 1 à l'article: Si une *condition de défaut unique* donne lieu à d'autres défaillances consécutives, l'ensemble des défaillances est considéré comme une *condition de défaut unique*.

Note 2 à l'article: Des exemples de dangers comprennent, sans toutefois s'y limiter, les dangers de chocs électriques, d'incendie, dus à l'énergie électrique, mécaniques, de pression acoustique, etc.

3.55
réaction de tressaillement
réaction physiologique due à une valeur minimale de la tension de contact pour une population pour qui un courant passant au travers du corps humain est juste suffisant pour provoquer une contraction musculaire involontaire de la personne soumise au passage du courant

[SOURCE: CEI/TR 60479-5:2007, 3.3.1, modifiée]

3.56
isolation supplémentaire
isolation indépendante prévue, en plus de l'*isolation principale*, en tant que *protection en cas de défaut*

Note 1 à l'article: Les *isolations principale et supplémentaire* sont séparées, chacune étant conçue pour une *séparation simple* contre les chocs électriques.

[SOURCE: CEI 60664-1: 2007, 3.17.3, modifiée]

3.57
dispositif de protection contre les surtensions
parafoudre
SPD
dispositif incluant au moins un composant non linéaire destiné à limiter les surtensions et à écouler les courants de foudre

[SOURCE: CEI 61643-11:2011, 3.1.1]

3.58
système
ensemble d'éléments indépendants corrélés et/ou interconnectés

Note 1 à l'article: Un *système* est généralement défini en fonction de son objectif, par exemple la réalisation d'une fonction définie.

3.59
tension système
tension utilisée pour déterminer les exigences de l'*isolation*

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Note 1 à l'article: Voir 4.4.7.1.6 pour des informations supplémentaires sur la *tension système*.

3.60
surtension temporaire
surtension à fréquence industrielle de durée relativement longue

[SOURCE: CEI 60664-1:2007, 3.7.1]

3.61
courant de contact
courant électrique passant dans le corps humain ou dans celui d'un animal lorsqu'il est en contact avec une ou plusieurs parties accessibles d'une *installation* électrique ou de matériels électriques

[SOURCE: CEI 60050-826:2004, 826-11-12]

3.62
essai de type
essai effectué sur un ou plusieurs dispositifs fabriqués selon une conception donnée, pour vérifier que cette conception répond à certaines spécifications

[SOURCE: CEI 60050-811:1991, 811-10-04]

3.63
fibrillation ventriculaire
fibrillation cardiaque limitée aux ventricules et provoquant une inefficacité circulatoire puis l'arrêt du cœur

Note 1 à l'article: La fibrillation ventriculaire entraîne l'arrêt de la circulation sanguine.

[SOURCE: CEI 60050-891:1998, 891-01-16]

3.64
tension de fonctionnement
tension qui apparaît par conception dans un circuit ou au travers d'une *isolation*, dans les conditions assignées d'alimentation (sans tolérances) et dans les conditions les plus défavorables de fonctionnement

Note 1 à l'article: La *tension de fonctionnement* peut être c.c. ou c.a. Les valeurs de crêtes répétitives et efficaces sont utilisées.

3.65
zone de liaison équipotentielle
zone où toutes les parties conductrices accessibles simultanément sont connectées électriquement pour empêcher l'apparition de tensions dangereuses entre elles

Note 1 à l'article: Pour les liaisons équipotentielles, il n'est pas nécessaire que les parties soient mises à la terre.

4 Protection contre les dangers

4.1 Généralités

L'Article 4 définit les exigences minimales pour la conception et la réalisation d'un *SECP*, afin de garantir sa sécurité pendant l'installation, les conditions normales de fonctionnement et la maintenance pour la *durée de vie prévue* du *SECP*. La minimisation des dangers résultant d'une mauvaise utilisation raisonnablement prévisible est également prise en compte.

Les fabricants et les comités de produits qui utilisent la présente norme comme un document de référence doivent clairement spécifier les composants contenus dans le *SECP*, couverts et

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

évalués conformément à la présente norme. Ceci doit au minimum couvrir le *CEP* comprenant l'interface de charge et l'interface d'alimentation.

La protection contre les dangers doit être maintenue dans les *conditions de défaut unique et* dans les conditions de fonctionnement normal spécifiées dans la présente norme.

Les composants conformes à une norme CEI de produits appropriée qui fournit des exigences de sécurité analogues à l'exigence de la présente norme ne nécessitent pas d'être évalués séparément. Les composants ou ensembles de composants pour lesquels il n'existe aucune norme de produits correspondante, doivent être soumis à essai conformément aux exigences de la présente norme.

Il convient que les comités de produits qui utilisent la présente norme comme référence appliquent les spécifications de 7.3 du Guide 104:2010 de la CEI.

Lorsque le *SECP* est destiné à être utilisé avec un matériel auxiliaire particulier, l'évaluation et l'essai de sécurité doivent comprendre ce matériel auxiliaire, à moins qu'il puisse être démontré qu'il n'affecte pas la sécurité des matériels.

4.2 Conditions anormales et de défaut

Le *SECP* doit être conçu de façon à éviter les modes ou les séquences de fonctionnement susceptibles de provoquer une condition de défaut ou une défaillance de composant conduisant à un danger, à moins que d'autres mesures ne soient fournies par l'*installation* pour empêcher ce danger et soient décrites dans les informations d'installation fournies avec le *SECP*. Les exigences du présent article s'appliquent également aux conditions de fonctionnement anormal, le cas échéant.

L'analyse des circuits ou les essais doivent être exécutés pour identifier les composants (y compris les *systèmes d'isolation*) dont la défaillance entraînerait un danger.

L'analyse doit inclure les situations dans lesquelles la défaillance du composant ou de l'*isolation* (*fonctionnelle, principale et supplémentaire*) entraînerait:

- un effet sur la détermination de la tension déterminante selon 4.4.2;
- un risque de choc électrique dû à:
  - la dégradation de la *protection principale* selon 4.4.3, ou
  - la dégradation de la *protection en cas de défaut* selon 4.4.4;
- un risque de danger dû à l'énergie électrique selon 4.5;
- un risque de dégradation dû à l'émission de flamme, de particules incandescentes ou de métal fondu engendré par le danger d'incendie selon 4.6;
- un risque de danger thermique du fait d'une température élevée selon 4.6;
- un risque de danger mécanique selon 4.7.

NOTE La présente norme ne spécifie aucune exigence de protection contre le danger chimique. Les comités de produits ou les fabricants peuvent tenir compte de ce fait lorsqu'il s'applique à leurs produits.

L'analyse ou les essais doivent inclure les effets des conditions de court-circuit et de circuit ouvert du composant. Les essais sont nécessaires à moins que l'analyse puisse indubitablement démontrer l'absence de danger en cas de défaillance du composant. La conformité doit être vérifiée par l'essai de 5.2.4.6.

L'évaluation des composants doit se fonder sur la contrainte prévue se produisant pendant la *durée de vie prévue* du *SECP*, y compris, sans toutefois s'y limiter:

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

- les conditions climatiques et mécaniques spécifiées selon 4.9 (température, humidité, vibration, etc.);
- les caractéristiques électriques selon 4.4.7 (tension de choc prévue, *tension de fonctionnement*, *surtension temporaire*, etc.);
- le micro-environnement selon 4.4.7 (degré de pollution, humidité, etc.).

Les composants évalués pour leur fiabilité conformément aux normes de produits appropriées sont considérés satisfaire à ces exigences et ne nécessitent pas d'être soumis à d'autres examens, si les essais sont réalisés dans les mêmes conditions que celles pour lesquelles le *SECP* est conçu.

Les distances d'isolement dans l'air et les lignes de fuite sur les cartes à circuit imprimé (CCI), comprenant les composants montés sur CCI, pour l'*isolation fonctionnelle, principale, supplémentaire* et *renforcée* conçues selon 4.4.7.4 et 4.4.7.5 sont considérées satisfaire à ces exigences et ne nécessitent pas d'être soumises à d'autres examens.

L'*isolation fonctionnelle* sur CCI et entre les éléments des composants montés sur des CCI ne satisfaisant pas aux exigences relatives aux distances d'isolement dans l'air et aux lignes de fuite de 4.4.7.4 et 4.4.7.5, doit satisfaire à l'exigence de 4.4.7.7.

Les dangers de sécurité potentiels associés aux parties de composants importants du *SECP*, tels que l'inflammabilité du transformateur et les fluides de condensateur, doivent être pris en compte.

4.3 Protection contre les courts-circuits et les surintensités

4.3.1 Généralités

Le *SECP* ne doit présenter aucun danger, dans des conditions de court-circuit ou de surintensités, au niveau de tout *accès*, y compris entre phases, phase à terre et phase à neutre. Des informations appropriées doivent être fournies dans la documentation pour permettre de bien choisir le câblage externe et les dispositifs de protection (voir 6.3.7.6 et 6.3.7.7).

Le nombre et l'emplacement des *systèmes* ou dispositifs de protection doivent être fournis ou spécifiés de sorte que soient détectés et interrompus ou limités les courants excessifs circulant dans tout chemin de courant correspondant à un défaut possible entre conducteurs ou entre conducteurs et la terre.

NOTE 1 Dans la présente norme, le terme surintensité couvre à la fois le court-circuit et les surintensités.

NOTE 2 Les codes de l'*installation* locale imposent habituellement de toujours assurer ce type de protection à appliquer au câblage d'entrée dans l'*installation.*

La protection contre les surintensités doit être assurée pour tous les circuits d'entrée et les circuits de sortie qui ne satisfont pas aux exigences applicables aux sources à puissance limitée de 4.6.5.

Si le *SECP* satisfait à toutes les conditions d'essai en fonctionnement normal, anormal et de défaut de la présente norme, sans comporter ce type de protection, il n'est pas nécessaire de fournir ou de spécifier la protection contre les surintensités des circuits d'entrée pour la protection du *SECP*.

Il n'y a pas de protection exigée contre les surintensités à la terre dans les matériels qui

- n'ont pas de connexion à la terre; ou
- ont une *double isolation* ou une *isolation renforcée* entre les *parties actives* et toutes les parties connectées à la terre.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

NOTE 3 En *condition de défaut unique* dans un système de mise à la terre IT, aucun courant de court-circuit ou un courant de court-circuit limité se produit. Le courant de court-circuit dans un système de mise à la terre IT (voir 4.4.7.1.4) est interrompu lorsqu'un second défaut se produit. En général, la détection n'est réalisée qu'après le premier défaut dans un *système* de mise à la terre IT.

NOTE 4 Lorsqu'une *double isolation* ou une *isolation renforcée* est fournie, un court-circuit à la terre serait considéré comme un double défaut.

Pour le *matériel enfichable de type A,* le dispositif de protection est fourni dans l'*installation* et il ne doit nécessiter aucune caractéristique spécifique autre que celle exigée dans la CEI 60364 ou autres codes locaux d'*installation*.

Pour le *matériel enfichable de type B* ou le matériel fixé à demeure, cette protection peut être assurée par des dispositifs externes, auquel cas les instructions d'installation doivent spécifier la nécessité d'assurer la protection dans l'*installation* et doivent inclure les spécifications de la protection requise contre les courts-circuits et/ou les surintensités (voir 6.3.7).

NOTE 5 La CEI 60364 spécifie des exigences relatives à la protection contre les courts-circuits et les surintensités du câblage d'entrée dans l'*installation.* L'exigence ci-dessus assure que l'utilisateur est informé de toute caractéristique particulière des dispositifs de protection du *SECP*, en complément des exigences spécifiées dans la CEI 60364 ou autres codes locaux d'*installation*.

Si un dispositif de protection interrompt le conducteur de neutre, il doit également interrompre simultanément tous les autres conducteurs d'alimentation du même circuit. Il est permis au dispositif de protection d'interrompre le conducteur du neutre après coupure des autres conducteurs d'alimentations du même circuit.

La conformité doit être vérifiée par examen et si nécessaire par simulation des *conditions de défaut unique* (voir 4.2) et les essais de 5.2.4.4 et 5.2.4.5.

4.3.2 Spécification de la capacité de tenue au court-circuit en entrée et au courant de court-circuit en sortie

4.3.2.1 Généralités

La capacité d'interruption du dispositif de protection contre les surintensités doit être égale ou supérieure au *courant de court-circuit présumé* de *l'alimentation réseau*.

Pour le *matériel enfichable de type A*, soit le *SECP* doit être conçu de sorte que l'*installation* du bâtiment assure la *protection de secours contre les courts-circuits*, ou une *protection de secours contre les courts-circuits* supplémentaire doit être intégrée dans le matériel.

Pour le *matériel connecté en permanence* ou le *matériel enfichable de type B*, il est admis d'intégrer la *protection de secours contre les courts-circuits* dans l'*installation* du bâtiment.

4.3.2.2 Tenue au court-circuit des *accès* d'entrée

Les valeurs assignées de *courant de court-circuit présumé* en entrée s'appliquent aux *accès* destinés à être raccordés aux circuits de batterie, *réseau* externe, *sources d'alimentation non fournie par le réseau* en courant alternatif ou en courant continu, et autres *accès* nécessitant une protection contre les surintensités.

Pour la coordination et le choix des dispositifs de protection internes ou externes, le fabricant du *SECP* doit spécifier:

- une valeur admissible maximale du *courant de court-circuit présumé* pour chaque *accès* d'entrée du *SECP*; et
- une valeur minimale requise du *courant de court-circuit présumé* afin de garantir le bon fonctionnement du dispositif de protection.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

NOTE 1 Cette exigence s'applique plus particulièrement aux fusibles ne devant pas fonctionner sous une certaine valeur de courant de défaut.

NOTE 2 Les *courants de court-circuit présumés admissibles maximum et minimum* sont utilisés pour garantir une coordination correcte entre le *courant de court-circuit présumé et un dispositif de protection approprié* à l'emplacement de l'*installation* électrique.

Si des dispositifs de protection externes sont spécifiés ou fournis, leurs caractéristiques doivent être spécifiées par le fabricant.

Voir 6.2 pour le marquage.

4.3.2.3 Capacité de tenue au court-circuit en sortie

Les valeurs assignées de *courant de court-circuit présumé en sortie* s'appliquent aux *accès* de sortie d'alimentation en courant alternatif et en courant continu et aux autres *accès* nécessitant une protection contre les surintensités.

Pour tous les *accès* de sortie, l'évaluation des courts-circuits permettant de déterminer le *courant de court-circuit présumé en sortie* minimal et maximal doit être réalisée selon 5.2.4.4 et le *courant de court-circuit en sortie* du *SECP* doit être spécifié selon 5.2.4.4 et 6.2.

La protection contre le court-circuit en sortie de dispositifs électroniques internes est considérée comme acceptable en tant que dispositif de protection contre le court-circuit en sortie du *SECP*, lorsque la conformité est démontrée par l'essai de 5.2.4.4.

4.3.2.4 *Accès* d'entrée et de sortie combinés

Pour les *accès* qui sont à la fois d'entrée et de sortie, les exigences applicables de 4.3.2.1 et 4.3.2.3 s'appliquent.

4.3.3 Coordination en court-circuit (protection de secours)

Les dispositifs de protection fournis ou spécifiés doivent avoir un pouvoir de coupure adéquat pour interrompre le *courant de court-circuit présumé* maximal spécifié pour l'*accès* auquel ils sont raccordés.

Si la valeur assignée de la protection intégrée du *SECP* ne correspond pas au *courant de court-circuit présumé,* les instructions d'installation doivent spécifier un dispositif de protection en amont, de valeur assignée correspondant au *courant de court-circuit présumé* de l'*accès* considéré, qui doit être utilisé pour assurer la protection de secours. L'analyse doit garantir la coordination de la protection entre les dispositifs de protection externes et internes.

NOTE La CEI 60364 spécifie des exigences relatives aux dispositifs de protection en amont assurant la protection de secours dans l'*installation.* L'exigence ci-dessus assure que l'utilisateur est informé de toute caractéristique particulière des dispositifs de protection en amont pour la protection de secours du *SECP*, en complément des exigences spécifiées dans la CEI 60364 ou autres codes locaux d'*installation*.

La conformité doit être vérifiée par examen et les essais de 5.2.4.4 et 5.2.4.5.

4.3.4 Protection par plusieurs dispositifs

Lorsque des dispositifs de protection qui nécessitent d'être remplacés ou réglés manuellement sont utilisés dans plus d'un pôle d'une alimentation à une charge donnée, ces dispositifs doivent être placés côte à côte. Il est permis de combiner deux dispositifs de protection ou plus dans un seul composant.

La conformité doit être vérifiée par examen.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

4.4 Protection contre les chocs électriques

4.4.1 Généralités

La protection contre les chocs électriques dépend de la *classe de tension déterminante* selon 4.4.2 et des exigences d'*isolation* selon 4.4.2.3; elle doit être assurée par au moins l'une des mesures suivantes:

- *protection principale* selon 4.4.3 et *protection en cas de défaut* selon 4.4.4;
- *protection renforcée* selon 4.4.5.

La protection dans les conditions normales est assurée par la *protection principale*, et la protection dans les *conditions de défaut unique* est assurée par la *protection en cas de défaut*.

La *protection renforcée* assure la protection dans les deux conditions.

Une protection supplémentaire peut être assurée par des dispositifs de protection à courant différentiel résiduel (DDR). Pour de plus amples informations, voir 4.4.8.

NOTE Dans la présente norme, les spécifications de 4.4.1 à 4.4.6 ont été harmonisées avec les concepts de la norme horizontale CEI 61140 relative à la protection contre les chocs électriques. La *protection principale*, la *protection en cas de défaut*, la *protection renforcée* et la combinaison de ces mesures ont été mises en œuvre.

4.4.2 *Classe de tension déterminante*

4.4.2.1 Généralités

La probabilité de chocs électriques augmente en fonction du niveau de tension, de la zone de la partie conductrice accessible ou du circuit en contact avec la peau et de la condition d'humidité de la peau. Afin de réduire la probabilité de chocs électriques, il est important de déterminer la *classe de tension déterminante* de sécurité (*CTD As*).

Pour les circuits accessibles, la sélection de la *classe de tension déterminante Ax* applicable dépend des éléments suivants:

- la réaction du corps (voir A.5);
- la zone de la partie accessible du matériel par rapport à celle de la partie du corps avec laquelle elle pourrait entrer en contact, selon le Tableau 3; et
- la condition d'humidité de la peau selon le Tableau 4.

Les valeurs données dans le Tableau 5 sont considérées selon un cheminement du courant des pieds vers la surface de contact du corps de la personne se tenant debout.

Aucune protection n'est nécessaire si:

- les limites du Tableau 5, en fonctionnement normal, et
- les limites de tension de contact données de la Figure 1 à la Figure 3 dans la *condition de défaut unique*,

sont respectées.

La *CTD Ax,* choisie dans le Tableau 5, devient pour le *SECP* à l'étude la valeur la plus élevée de la tension qui peut être touchée et elle est désignée dans la présente norme par *CTD As*. Les autres valeurs de *CTD Ax* supérieures à la *CTD As* doivent alors être considérées comme *CTD B*.

Dans la présente norme, il n'est pas autorisé d'atteindre les valeurs de *CTD B* et *CTD C*, sauf en condition sèche avec le doigt d'essai de la *CTD B*, comme indiqué dans le Tableau 2.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

NOTE S'agissant du *SECP*, la présente norme autorise plusieurs circuits de *CTD As* avec différents niveaux de *CTD As*.

4.4.2.2 Détermination de la *classe de tension déterminante*

4.4.2.2.1 Généralités

Pour la protection contre la *fibrillation ventriculaire* du corps, la *CTD* peut être choisie à partir du Tableau 2. De plus amples informations concernant les réactions moins sévères du corps sont données en A.5.

S'il est impossible d'assurer une protection contre la réaction du corps associée à la *CTD As,* une *protection principale* contre le contact direct avec les *parties actives dangereuses* selon 4.4.3 est nécessaire.

Les limites de tension de la *CTD* pour les valeurs en état stable en fonctionnement normal du Tableau 2 sont données dans le Tableau 5. Les limites de tension de contact non répétitive de courte durée sont données dans les Figures 1 à 3.

Tableau 2 – Sélection de la *CTD* pour la tension de contact en cas de *fibrillation ventriculaire*

Conditions d'humidité de la peau	Surface de contact du corps		
	Partie du corps	Main	Bout du doigt
Sèche	*CTD A2*	*CTD A*	*CTD B*
Humide	*CTD A1*	*CTD A2*	*CTD A*
Humide et salée	Une *protection principale* contre le contact direct est nécessaire	*CTD A1*	*CTD A2*

4.4.2.2.2 Tableaux de choix de la surface de contact et condition d'humidité de la peau

Afin d'assurer une protection contre la *fibrillation ventriculaire*, les conditions appropriées doivent être choisies à partir du Tableau 3 et du Tableau 4.

Si la présente norme est utilisée pour un produit pour lequel il n'existe aucune norme de produits, choisir la colonne "Main" pour la surface de contact et la colonne "Sèche" pour la condition d'humidité de la peau. Lorsqu'un produit pour lequel il n'existe aucune norme de produits est destiné à être utilisé dans des conditions d'humidité de la peau et/ou de surface de contact du corps autres que "Main" ou "Sèche", ces conditions doivent alors être choisies à partir du Tableau 3 et du Tableau 4.

Tableau 3 – Choix de la surface de contact du corps

Surface de contact ayant accès aux parties accessibles		
Bout du doigt cm^2	**Main** cm^2	**Partie du corps** cm^2
parties accessibles < 1	1 < parties accessibles < 80	80 < parties accessibles < 500
NOTE Afin de correspondre à plusieurs normes fondamentales traitant de surfaces de contact "petite", "moyenne" et "grande", la présente norme utilise "bout du doigt" à la place de "petite", "main" à la place de "moyenne" et "partie du corps" à la place de "grande".		

Tableau 4 – Choix de la condition d'humidité de la peau

Condition d'humidité de la peau		
Sèche	**Humide**	**Humide et salée**

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

condition d'intérieur normale	immersion pendant plus de 1 min dans de l'eau normale (valeur moyenne de ρ = 35 Ωcm, pH = 7,7 à 9)	immersion pendant plus de 1 min dans une solution aqueuse avec 3 % de NaCl (valeur moyenne de ρ = 0,25 Ωcm, pH = 7,5 à 8,5)
NOTE 1 Pour le choix de la condition d'humidité de la peau, le Tableau 18 donne la condition d'humidité de la peau applicable par rapport à la condition environnementale de service NOTE 2 Les informations et les valeurs sont issues de la CEI 60479-1.		

4.4.2.2.3 Limites de la *tension de fonctionnement* pour la *CTD*

Les limites de *tension de fonctionnement* concernant la *CTD* en fonctionnement normal sont données dans le Tableau 5.

Tableau 5 – Limites de tension en état stable pour les *classes de tension déterminante*

CTD	**Limites de la *tension de fonctionnement*** V		
	Tension alternative (efficace) U_{ACL}	**Tension alternative (crête)** U_{ACPL}	**Tension continue (moyenne)** U_{DCL}
A1	8	11,3	22
A2	12	17	28
A3	20	28,3	48
A	30[a]	42,4	60
B	50	71	120
C	>50	>71	>120
NOTE Dans certaines normes, *TBTS* et *TBTP* ont des limites similaires à la *CTD B*.			
[a] Dans la présente norme, les limites de la *CTD A* ne sont considérées que pour un circuit. Lorsque plusieurs circuits *CTD A* du *SECP* sont accessibles et que l'évaluation de 4.2 indique que les tensions des deux circuits peuvent être cumulées en *condition de défaut unique*, la limite est 25 V pour la tension alternative efficace.			

A.6 donne trois exemples de différentes formes d'onde de *tension de fonctionnement* et fournit des méthodes d'évaluation de la tension à l'étude pour correspondre aux niveaux de *CTD*.

Les limites des tensions de contact non répétitives de courte durée en *condition de défaut unique* sont données dans la Figure 1, la Figure 2 et la Figure 3.

Dans les 10 000 ms, la tension doit diminuer à la valeur en état stable donnée dans le Tableau 5, ou le défaut doit être interrompu par un dispositif de protection. Dans des conditions de défaut avec utilisation d'un dispositif de protection, les caractéristiques de ce dispositif doivent garantir que les limites temps-tension données de la Figure 1 à la Figure 3 ne sont pas dépassées. Si un dispositif de protection externe est utilisé, les informations concernant les caractéristiques de ce type de dispositif doivent être spécifiées par le fabricant du *SECP* dans le manuel d'installation selon 6.3.7.7.

NOTE 1 Les Figures 1 à 3 ne fournissent que les valeurs en courant continu des tensions de contact car la plupart des tensions de contact courantes sont en courant continu. Si le fabricant doit disposer de valeurs de tension alternative, voir A.5.5.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

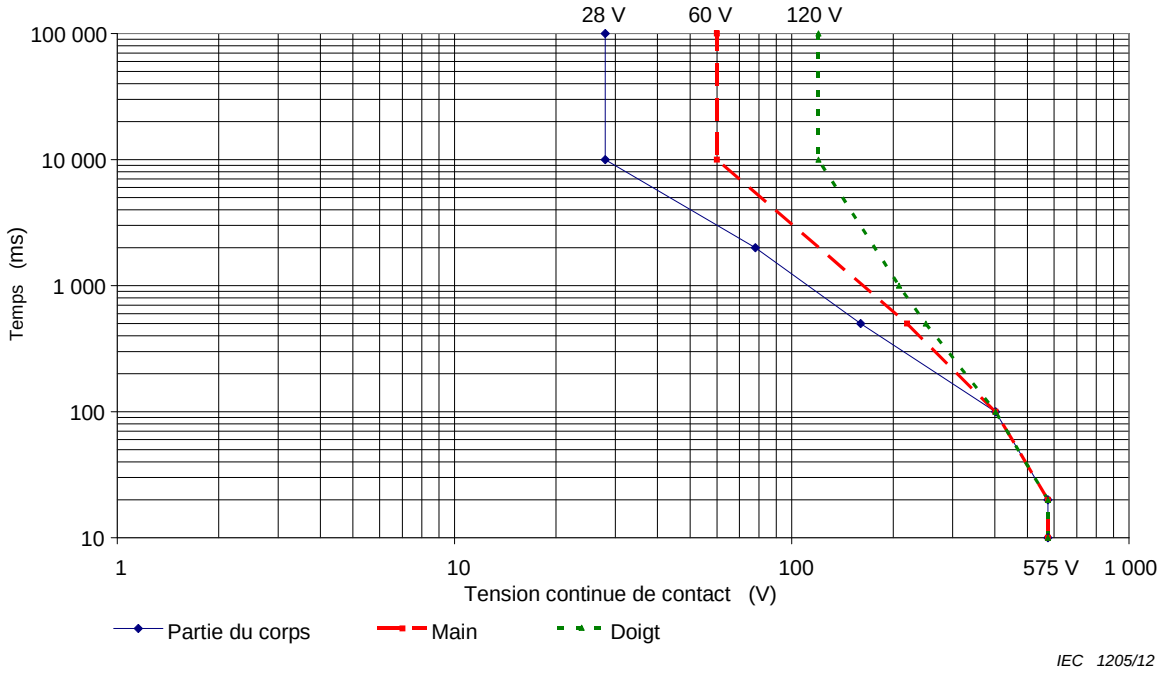


Figure 1 – Zones temps/tension crête continue de contact pour la *fibrillation ventriculaire* pour une condition de peau sèche

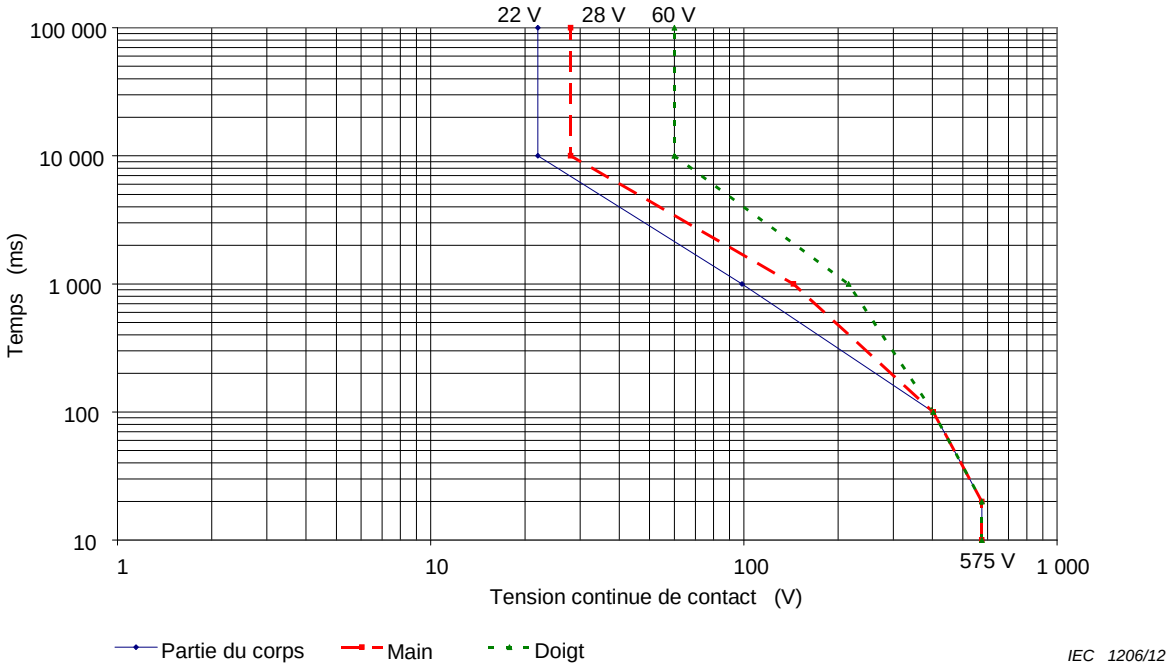


Figure 2 – Zones temps/tension crête continue de contact pour la *fibrillation ventriculaire* pour une condition de peau humide

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

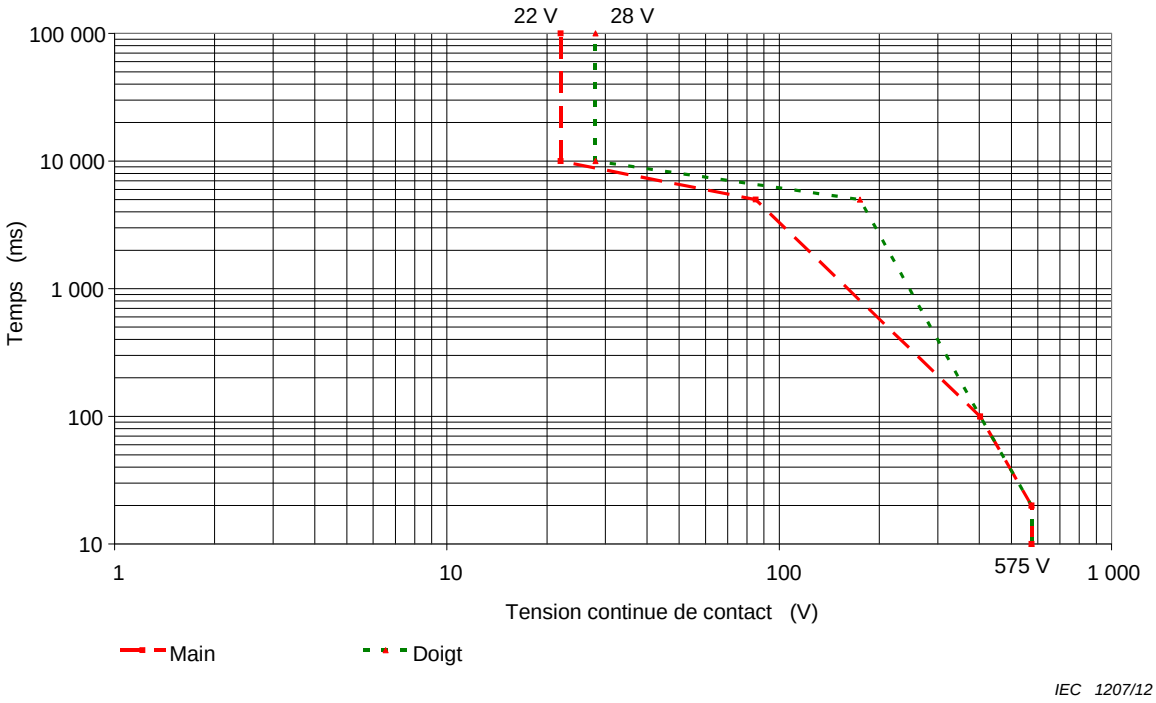


Figure 3 – Zones temps/tension crête continue de contact pour la *fibrillation ventriculaire* pour une condition de peau humide-salée

Pour ce qui concerne la partie du corps, aucune information sur la zone temps-tension n'est donnée. Une *protection principale* contre le contact direct est nécessaire.

Pour les essais, voir 5.2.4.

Si les résultats d'essai ne sont pas satisfaisants, une mesure supplémentaire est nécessaire pour la protection contre les chocs électriques selon 4.4.3.

4.4.2.3 Exigences de protection contre les chocs électriques

Le Tableau 6 présente des solutions possibles relatives à la conformité avec 4.4 pour l'application d'une *séparation simple* ou d'une *séparation de protection*, selon la *CTD* du circuit à l'étude et des *circuits adjacents*.

Les exigences de la présente norme relatives à la protection contre les chocs électriques peuvent être satisfaites par d'autres moyens que ceux indiqués dans le Tableau 6, auquel cas une analyse de défaillance et des essais doivent démontrer que les exigences de 4.1 et 4.4 sont satisfaites.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Tableau 6 – Exigences de protection pour le circuit à l'étude

***CTD* du circuit à l'étude**	**Protection contre le contact direct**	**Isolation par rapport aux parties conductrices accessibles mises à la terre**	**Isolation par rapport aux parties conductrices accessibles non mises à la terre[g]**	**Isolation par rapport au *circuit adjacent* de *CTD*:**		
				***As*[a]**	***B* ou *Ax* > *As***	***C***
***As*[a]**	Non	1 [b]	1	1[c] ou 2[d]	2	*protection renforcée*
B* ou *Ax* > *As	*protection principale* [e]	*protection principale* [e]	*protection principale*		1[c] ou 2[d]	*protection renforcée*
C	*protection renforcée*	*protection principale*	*protection renforcée*			1 ou 2[f]

NOTE 1

1 La protection n'est pas nécessaire pour la sécurité mais elle peut l'être pour des raisons fonctionnelles selon 4.4.7.3.

2 *Protection principale* pour circuit de tension supérieure.

1 ou 2 >Selon la séparation avec les autres circuits.

NOTE 2 *Ax* > *As* Tension inférieure à la *CTD B* mais supérieure à la *CTD As,* ne satisfaisant pas à 4.4.2.2.

[a] A, A1, A2 ou A3, selon le cas approprié selon 4.4.2.2.

[b] Si le circuit considéré est de type à *TBTS*, une *protection principale* est nécessaire de la terre et des circuits *TBTP*.

[c] Les deux circuits à l'étude ont le même niveau de *CTD As.*

[d] Les deux circuits à l'étude n'ont pas le même niveau de *CTD As.*

[e] Sauf pour "bout du doigt". Voir Tableau 2.

[f] Une *protection principale* est nécessaire entre les circuits isolés galvaniquement (par exemple, *alimentation réseau*, sortie UPS, PV ou sortie de générateur, auxiliaires).

[g] S'applique également aux parties conductrices raccordées à la terre fonctionnelle.

Afin de garantir l'intégrité de l'*isolation* du *SECP*, le fabricant d'un *SECP* doit spécifier la tension maximale pouvant être raccordée à chaque *accès*. Voir 6.3.7.1 pour le marquage.

4.4.3 Disposition relative à la *protection principale*

4.4.3.1 Généralités

La *protection principale* est utilisée pour empêcher les individus de toucher des *parties actives dangereuses*. Elle doit être fournie par une ou plusieurs des mesures données en:

- 4.4.3.2, protection au moyen de l'isolation principale des parties actives;
- en 4.4.3.3, protection au moyen d'*enveloppes* ou de barrières;
- en 4.4.3.4, protection par limitation du courant de contact et de la charge;
- en 4.4.3.5, protection au moyen de tensions limitées.

NOTE La CEI 61140 spécifie d'autres mesures permettant de satisfaire à l'exigence de *protection principale*. Les comités de produits qui utilisent le présent document comme document de référence peuvent tenir compte de ces mesures.

4.4.3.2 Protection au moyen de *l'isolation principale* des *parties actives*

Les *parties actives* doivent être entièrement recouvertes d'une *isolation* si leur *tension de fonctionnement* est supérieure à la *CTD As* ou si elles ne possèdent pas de *séparation de protection* avec les *circuits adjacents* de *CTD C*.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

L'*isolation principale* peut être assurée par *isolation* solide ou distance d'isolement dans l'air.

L'*isolation* doit être déterminée en fonction de la tension de choc, la *surtension temporaire* ou la *tension de fonctionnement* (voir 4.4.7.2.1), selon l'exigence la plus sévère. Il ne doit pas être possible de retirer l'*isolation* sans utiliser un outil ou une clé.

Toute partie conductrice accessible est considérée comme étant conductrice si sa surface est nue ou recouverte d'une couche d'isolant qui n'est pas conforme aux exigences de l'*isolation principale*.

Toute partie conductrice accessible qui n'est pas séparée des *parties actives* au moins comme spécifié dans le Tableau 6 est considérée comme *une partie active dangereuse*.

L'*isolation principale* doit être conçue et soumise à essai pour résister aux tensions de choc et aux *surtensions temporaires* des circuits auxquels elles sont raccordées. Voir 5.2.3.2 et 5.2.3.4 pour les essais.

A.7 donne des exemples d'utilisation des éléments des mesures de protection.

4.4.3.3 Protection au moyen d'*enveloppes* ou de barrières

Les *parties actives* de tension supérieure à *CTD As* doivent être:

- disposées dans des *enveloppes* ou situées derrière des *enveloppes* ou des barrières qui satisfont au moins aux exigences de l'indice de protection IPXXB conformément à l'Article 7 de la CEI 60529:1989;
- situées au niveau des surfaces supérieures des *enveloppes* ou barrières qui sont accessibles lorsque le matériel est sous tension doivent satisfaire au moins aux exigences de l'indice de protection IP3X pour le seul accès vertical.

Pour les matériels amovibles sans dessus ni fond définis, cette exigence de l'indice de protection IP3X s'applique à toutes les parois latérales.

Si le *SECP* est installé dans une *zone d'accès limité*, l'indice de protection IPXXB s'applique à la place de IP3X.

Les comités de produits qui utilisent le présent document comme un document de référence peuvent spécifier une exigence moins sévère pour les matériels ayant des ouvertures dans les surfaces supérieures d'une *enveloppe* d'une hauteur supérieure à 1,8 m.

La conformité est démontrée par l'essai de 5.2.2.2.

Il ne doit être possible d'ouvrir des *enveloppes* ou de retirer des barrières:

- qu'avec l'aide d'un outil ou d'une clé; ou
- après la mise hors tension de ces *parties actives*.

Lorsque l'*enveloppe* doit être ouverte et que le *SECP* est alimenté pendant l'installation ou la maintenance:

a) les *parties actives* accessibles de tension supérieure à la *CTD As* doivent être protégées au moins au niveau IPXXA;

b) les *parties actives* de tension supérieure à la *CTD As* qui risquent d'être touchées lors de réglages doivent être protégées au moins au niveau IPXXB;

c) on doit s'assurer que les personnes sont averties que les *parties actives* de tension supérieure à la *CTD As* sont accessibles.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

Les sous-ensembles et les dispositifs de *type ouvert* ne nécessitent pas de mesures de protection par *protection principale*. Les informations fournies avec le *SECP* doivent indiquer que la protection doit être assurée dans l'application finale.

Pour les exigences de marquage, voir 6.3.7.1.

Les produits comprenant des circuits de *CTD A*, *B* ou *C*, destinés à être installés dans des *zones d'accès limité* telles que définies en 3.48, n'ont pas besoin d'intégrer de mesures de protection par *protection principale*.

4.4.3.4 Protection au moyen de la limitation du *courant de contact* et de la charge

La limitation du *courant de contact* et de l'énergie de décharge ne doit pas dépasser

- une valeur de 3,5 mA en courant alternatif ou 10 mA en courant continu pour la limitation du *courant de contact*; et
- une valeur de 50 μC pour la limitation de l'énergie de décharge.

Voir A.3 et A.4 pour des exemples de ces mesures.

NOTE 1 La valeur du *courant de contact* ne dépend pas de la *CTD Ax*.

NOTE 2 Les comités de produits qui utilisent le présent document comme un document de référence peuvent spécifier le niveau de *courant de contact* de 0,5 mA c.a. / 2 mA c.c. comme seuil de perception tel que recommandé par la CEI 61140.

4.4.3.5 Protection au moyen de tensions limitées

La tension entre les parties accessibles simultanément ne doit pas être supérieure à la *CTD As*, comme déterminé en 4.4.2.2.

Voir A.2, A.3 et A.4 pour des exemples de ces mesures.

4.4.4 Disposition relative à la *protection en cas de défaut*

4.4.4.1 Généralités

La *protection en cas de défaut* est nécessaire pour éviter les courants de choc susceptibles de se produire en cas de contact avec des parties conductrices accessibles pendant et après une défaillance de l'*isolation*.

La *protection en cas de défaut* doit être assurée par une ou plusieurs des mesures suivantes:

- *liaison équipotentielle de protection* en 4.4.4.2 en association avec le *conducteur de mise à la terre de protection* en 4.4.4.3;
- déconnexion automatique de l'alimentation en 4.4.4.4;
- *isolation supplémentaire* en 4.4.4.5;
- séparation simple entre les circuits en 4.4.4.6;
- *écran de protection* électrique en 4.4.4.7.

La *protection en cas de défaut* doit être indépendante et complémentaire de la *protection principale.*

NOTE La CEI 61140 spécifie d'autres mesures permettant de satisfaire à l'exigence de *protection en cas de défaut*. Les comités de produits qui utilisent le présent document comme document de référence peuvent tenir compte de ces mesures.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

4.4.4.2 *Liaison équipotentielle de protection*

4.4.4.2.1 Généralités

Une *liaison équipotentielle de protection* doit être assurée entre les parties conductrices accessibles du matériel et le dispositif de raccordement du *conducteur de mise à la terre de protection*, sauf:

a) lorsque les parties conductrices accessibles sont protégées par une des mesures de 4.4.6.4; ou

b) lorsque les parties conductrices accessibles sont séparées des *parties actives* par une *double isolation* ou une *isolation renforcée*.

Le contact électrique sur les dispositifs de raccordement du *conducteur de mise à la terre de protection* doit être effectué par au moins l'une des méthodes suivantes:

- par l'intermédiaire d'un contact métallique direct;
- par l'intermédiaire d'autres parties conductrices accessibles ou autres composants métalliques qui ne sont pas retirés lorsque le *SECP* est utilisé comme prévu;
- par l'intermédiaire d'un conducteur de *liaison équipotentielle de protection* dédié.

Lorsque des surfaces peintes (en particulier des surfaces peintes avec de la poudre) sont jointes ensemble, le masquage, le perçage de la peinture ou une connexion séparée doivent être réalisés pour garantir un contact fiable.

Lorsque le matériel électrique est monté sur des couvercles, des portes ou des capots, la continuité du circuit de *liaison équipotentielle de protection* doit être assurée par un conducteur dédié ou dispositif équivalent satisfaisant aux exigences de *liaison équipotentielle de protection*. Si des fixations, des charnières ou des contacts glissants ne fournissent pas ou ne garantissent pas une impédance suffisamment faible, il est nécessaire d'appliquer une liaison parallèle.

Les connexions électriques du circuit de *liaison équipotentielle de protection* doivent être conçues de sorte que la pression de contact ne soit pas transmise par le matériau isolant à moins que les parties métalliques soient suffisamment flexibles pour compenser toute contraction ou déformation éventuelle du matériau isolant.

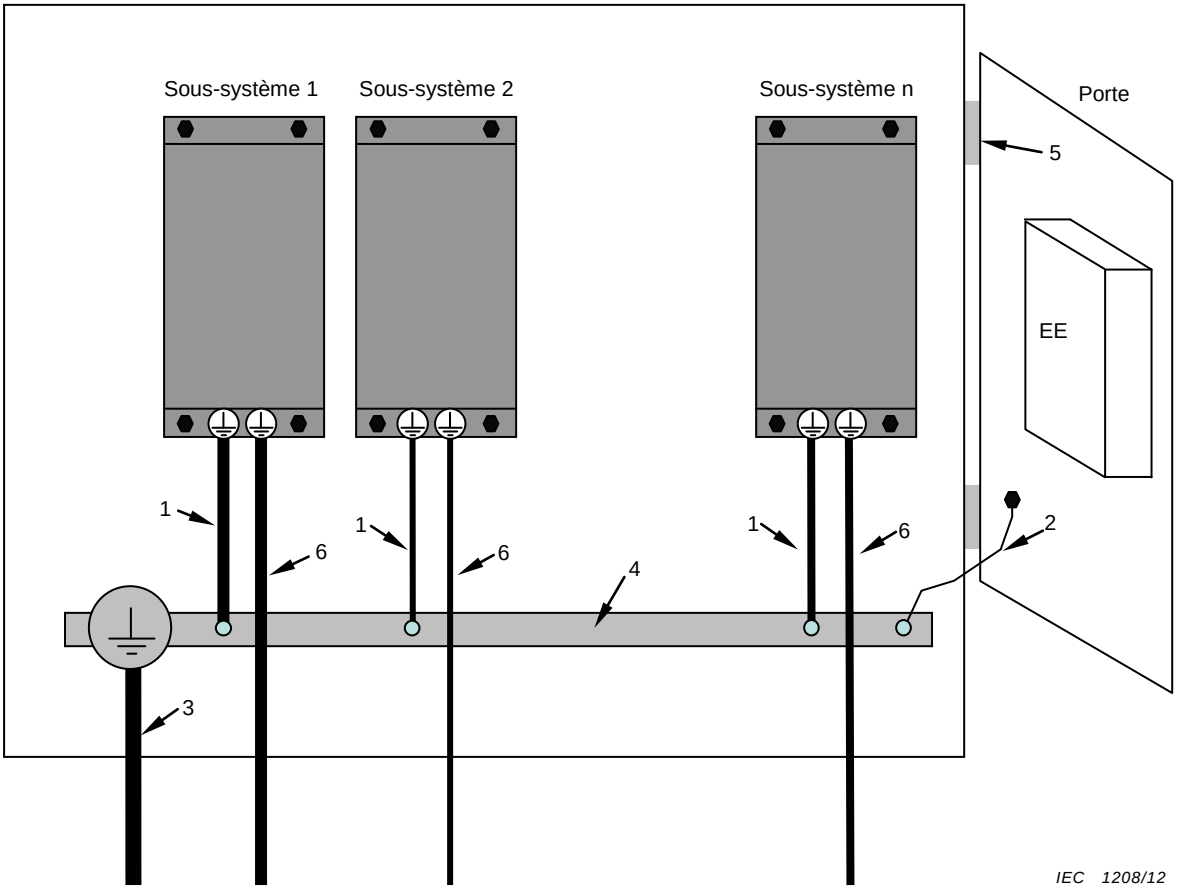
Sauf spécification contraire du fabricant et conformément au 4.4.4.2.2, les conduits métalliques flexibles ou rigides et les gaines métalliques ne doivent pas servir de dispositif de *liaison équipotentielle de protection*. Néanmoins, les conduits ou gaines métalliques de tous les câbles de raccordement (par exemple armatures de câble, gaines en plomb) doivent être raccordés au circuit de *liaison équipotentielle de protection*.

Le circuit de *liaison équipotentielle de protection* ne doit pas comprendre de dispositif de coupure ni de dispositif de protection contre les surintensités susceptible d'ouvrir le circuit.

Les points de connexion électrique de la *liaison équipotentielle de protection* doivent être résistant à la corrosion.

La Figure 4 montre un exemple d'assemblage *SECP* et sa *liaison équipotentielle de protection* associée.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print



Légende

1 *liaison équipotentielle de protection* des sous-*systèmes* ou *conducteur de mise à la terre de protection* du *SECP* (dimensionné selon les exigences du *SECP*)

2 *liaison équipotentielle de protection*

3 *conducteur de mise à la terre de protection* (dimensionné selon les exigences du *SECP*) vers un point de mise à la terre de l'*installation*

4 barre de *terre*

5 charnière

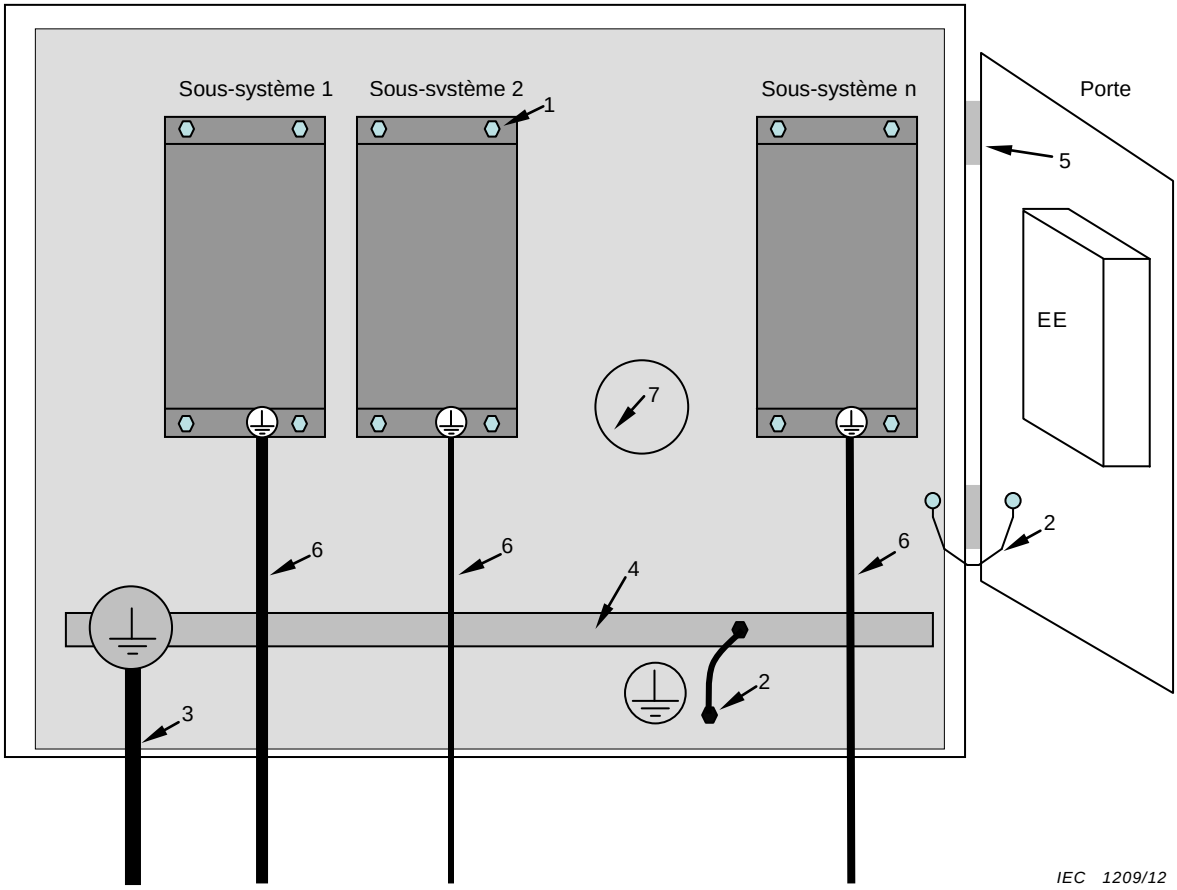
6 conducteur de mise à la terre de protection vers la charge

EE autre matériel électrique (relié à la masse si cela est approprié pour ce matériel)

Figure 4 – Exemple d'assemblage *SECP* et sa *liaison équipotentielle de protection* associée

La Figure 5 montre un exemple d'assemblage *SECP* et sa *liaison équipotentielle de protection* associée par contact métallique direct.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe



Légende

1 *liaison équipotentielle de protection* des sous-*systèmes* par contact métallique direct (peinture retirée)

2 *liaison équipotentielle de protection*

3 *conducteur de mise à la terre de protection* (dimensionné selon les exigences du *SECP)* vers un point de mise à la terre de l'*installation*

4 barre de *terre*

5 charnière

6 *conducteur de mise à la terre de protection* vers la charge

7 sous-plaque métallique

EE autre matériel *électrique* (relié à la masse si cela est approprié pour ce matériel)

Figure 5 – Exemple d'assemblage *SECP* et sa *liaison équipotentielle de protection* associée

4.4.4.2.2 Caractéristiques assignées de la *liaison équipotentielle de protection*

La *liaison équipotentielle de protection* doit être:

a) dimensionnée conformément aux exigences applicables au *conducteur de mise à la terre de protection* en 4.4.4.3 et au dispositif de raccordement du *conducteur de mise à la terre de protection* en 4.4.4.3.2, pour garantir qu'aucune chute de tension ne dépasse les valeurs données en 4.4.2.2.3 en conditions de défaut; ou

b) elle doit être dimensionnée

pour résister aux contraintes les plus élevées susceptibles de se produire sur le ou les éléments du *SECP* concernés lorsqu'ils sont sujets à un défaut les connectant à des parties conductrices accessibles; et

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

- pour rester efficace tant que le défaut sur les parties conductrices accessibles persiste ou jusqu'à ce qu'un dispositif de protection en amont supprime le courant dans ces parties; et
- pour garantir qu'aucune chute de tension ne dépasse les valeurs données en 4.4.2.2.3 en fonctionnement normal et en conditions de défaut.

La conformité doit être vérifiée par les *essais de type* de 5.2.3.11.

4.4.4.3 *Conducteur de mise à la terre de protection*

4.4.4.3.1 Généralités

Un *conducteur de mise à la terre de protection* doit toujours être connecté lorsque le *SECP* est alimenté, sauf si le *SECP* est conforme aux exigences de *protection de classe II* (voir 4.4.6.3) ou de *protection de classe III*. Sauf indication contraire des règlements de câblages locaux, la section du *conducteur de mise à la terre de protection* doit être déterminée à partir du Tableau 7 ou par des calculs établis selon 543.1 de la CEI 60364-5-54:2011.

Si le *conducteur de mise à la terre de protection* est raccordé par une prise ou tout autre moyen similaire de déconnexion, il ne doit pas être possible de le débrancher tant que la partie à protéger n'est pas mise simultanément hors tension.

Tableau 7 – Section du *conducteur de mise à la terre de protection*[a]

Section des conducteurs de phase du *SECP* S mm²	**Section minimale du *conducteur de mise à la terre de protection* correspondant S_p** mm²
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$35 < S$	$S/2$

[a] Ces valeurs ne sont valables que si le *conducteur de mise à la terre de protection* est constitué du même matériau que les conducteurs de phase. Dans le cas contraire, la section du *conducteur de mise à la terre de protection* doit être déterminée de façon telle que la conductivité soit égale à celle résultant de l'application des valeurs de ce tableau.

La section de chaque *conducteur de mise à la terre de protection* qui ne fait pas partie du câble d'alimentation ou du câble d'*enveloppe* ne doit en aucun cas être inférieure à:

- 2,5 mm^2 en présence d'une protection mécanique; ou
- 4 mm^2 sans protection mécanique.

Pour les appareils connectés par cordon, des dispositions doivent être prises pour que le *conducteur de mise à la terre de protection* du cordon, en cas de détérioration du mécanisme anti-traction, soit le dernier conducteur à être interrompu.

Pour les topologies de *systèmes* spéciaux, le concepteur du *SECP* doit vérifier la section exigée pour le *conducteur de mise à la terre de protection*.

4.4.4.3.2 Dispositif de raccordement du *conducteur de mise à la terre de protection*

Le *SECP* doit posséder un dispositif pour raccorder le *conducteur de mise à la terre de protection*, situé à proximité des bornes des conducteurs actifs associés. Le dispositif de raccordement doit être résistant à la corrosion et adapté aux conducteurs du Tableau 7 ainsi qu'aux câbles conformes aux règles de raccordement applicables à l'*installation*. Le dispositif de raccordement du *conducteur de mise à la terre de protection* ne doit ni être utilisé en tant que partie de l'assemblage mécanique de l'appareil ni pour d'autres raccordements. Le raccordement et les points de liaison équipotentielle de protection doivent être conçus pour

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

que leur capacité de transport de courant ne soit pas altérée par des influences mécaniques, chimiques ou électrochimiques.

En présence d'*enveloppes* et/ou de conducteurs en aluminium ou alliage d'aluminium, il convient particulièrement de veiller aux problèmes de corrosion électrolytique.

La conformité doit être vérifiée par examen.

L'Annexe K fournit de plus amples informations sur la corrosion électrochimique.

Voir les exigences de marquage en 6.3.7.3.2.

Le marquage ne doit pas être apposé ou fixé au moyen de vis, de rondelles ou d'autres pièces susceptibles d'être enlevées au moment de la connexion des conducteurs.

4.4.4.3.3 *Courant de contact* en cas de défaut du *conducteur de mise à la terre de protection*

Les exigences de ce paragraphe doivent être satisfaites pour éviter que les parties conductrices accessibles ne deviennent dangereuses en cas de dommages ou de déconnexion du *conducteur de mise à la terre de protection*.

Pour le matériel *enfichable de type A*, le *courant de contact* ne doit pas excéder les limites spécifiées en 4.4.3.4.

Pour tous les autres *SECP*, une ou plusieurs des mesures suivantes doivent être appliquées, sauf si le *courant de contact* est inférieur aux limites spécifiées en 4.4.3.4.

a) Utiliser une connexion fixe et

- une section du *conducteur de mise à la terre de protection* au moins égale à 10 mm^2 Cu ou 16 mm^2 Al; ou
- une déconnexion automatique de l'alimentation en cas de discontinuité du *conducteur de mise à la terre de protection*; ou
- la présence d'une borne supplémentaire pour un second *conducteur de mise à la terre de protection* de section identique au *conducteur de mise à la terre de protection* d'origine;

ou

b) Utiliser un raccordement *enfichable de type B* avec une section minimale du *conducteur de mise à la terre de protection* de 2,5 mm^2 dans un câble d'alimentation multiconducteur. Un support d'attache approprié doit être fourni.

Pour les exigences de marquage, voir 6.3.7.4.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai de 5.2.3.7.

Pour les matériels qui peuvent être alimentés par plusieurs sources d'alimentation, les limites de *courant de contact* indiquées ci-dessus s'appliquent à toutes les configurations possibles prévues de l'*installation* et combinaisons de sources susceptibles d'être mises sous tension simultanément, à moins d'appliquer l'une des mesures indiquées en a) ou b) ci-dessus.

Lorsqu'il est prévu et admis d'interconnecter au moins deux *SECP* en utilisant un *conducteur de mise à la terre de protection* commun, les exigences spécifiées ci-dessus pour le *courant de contact* s'appliquent au nombre maximal de *SECP* à interconnecter, à moins d'appliquer l'une des mesures indiquées en a) ou b) ci-dessus. Le nombre maximal de *SECP* interconnectés est utilisé pour les essais et doit être spécifié dans le manuel d'installation.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

4.4.4.4 Déconnexion automatique de l'alimentation

Pour la déconnexion automatique de l'alimentation:

- un *système de liaison équipotentielle de protection* doit être fourni, et
- un dispositif de protection actionné par le courant de défaut doit déconnecter un ou plusieurs des conducteurs de ligne alimentant le matériel, le *système* ou l'*installation*, en cas de défaillance de *l'isolation principale*.

Le dispositif de protection doit interrompre le courant de défaut dans un délai tel que spécifié dans la Figure 1, la Figure 2 ou la Figure 3 de 4.4.2.2.3.

4.4.4.5 *Isolation* supplémentaire

L'*isolation supplémentaire* est une *isolation* indépendante appliquée en complément à l'*isolation principale* pour la *protection en cas de défaut* et elle doit être dimensionnée pour résister aux mêmes contraintes que celles spécifiées pour l'*isolation principale*.

4.4.4.6 *Séparation simple* entre les circuits

La *séparation simple* entre un circuit et d'autres circuits ou la terre doit être réalisée sur toute *l'isolation principale*, déterminée pour la tension la plus élevée présente dans le circuit.

Si un composant est connecté entre les circuits séparés, il doit résister aux contraintes électriques spécifiées pour l'isolation qu'il ponte.

Si un composant est connecté entre un circuit et un circuit raccordé à la terre, son impédance doit limiter le courant qui circule dans le composant aux valeurs du *courant de contact* en régime permanent indiquées en 4.4.3.4.

4.4.4.7 *Écran de protection électrique*

L'écran de protection électrique interposé entre les *parties actives dangereuses* d'un *SECP*, doit comprendre un écran conducteur raccordé à la *liaison équipotentielle de protection* du *SECP,* l'écran étant séparé des *parties actives* par au moins une *séparation simple*.

L'écran de protection et l'écran raccordé au *système de liaison équipotentielle de protection* du *SECP* ainsi que l'interconnexion doivent être conformes aux exigences de 4.4.4.2.

4.4.5 *Protection renforcée*

4.4.5.1 Généralités

Un dispositif de *protection renforcée* doit assurer la *protection principale* et la *protection en cas de défaut* et peut être réalisé par:

- une isolation renforcée en 4.4.5.2;
- une séparation de protection entre les circuits en 4.4.5.3;
- une protection au moyen d'une *impédance de protection* en 4.4.5.4.

NOTE La CEI 61140 spécifie d'autres mesures permettant de satisfaire à l'exigence de *protection renforcée*. Les comités de produits qui utilisent le présent document comme document de référence peuvent tenir compte de ces mesures.

4.4.5.2 *Isolation renforcée*

L'isolation renforcée doit être conçue pour pouvoir résister aux contraintes électriques, thermiques, mécaniques et environnementales avec la même fiabilité de protection que celle assurée par la *double isolation* (*isolation principale* et *isolation supplémentaire*, voir 4.4.3.2 et 4.4.4.5).

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

4.4.5.3 *Séparation de protection* entre les circuits

La *séparation de protection* entre un circuit et d'autres circuits doit être réalisée par l'un des moyens suivants:

- une *double isolation* (*isolation principale* et *isolation supplémentaire* en 4.4.3.2 et 4.4.4.5);
- une *isolation renforcée* en 4.4.5.2;
- un *écran de protection électrique* en 4.4.4.7;
- une combinaison de ces dispositions.

Si les conducteurs du circuit séparé sont regroupés avec les conducteurs d'autres circuits dans un câble multi-conducteur ou dans un autre groupement de conducteurs, ils doivent être isolés, individuellement ou collectivement, pour la tension la plus élevée présente dans le circuit, de façon à obtenir une *double isolation*.

Si un composant est connecté entre les circuits séparés, il doit satisfaire aux exigences relatives aux dispositifs de *protection par impédance* (voir 4.4.5.4).

4.4.5.4 Protection au moyen d'*impédance de protection*

L'*impédance de protection* doit être réalisée de sorte qu'en condition normale et en *condition de défaut unique*, le courant et l'énergie de décharge disponibles doivent être limités selon 4.4.3.4.

Les *impédances de protection* doivent être conçues et soumises à essai pour résister aux tensions de choc et aux *surtensions temporaires* des circuits auxquels elles sont raccordées. Voir 5.2.3.2 et 5.2.3.4 pour les essais.

La conformité à l'exigence de limitation du *courant de contact* est vérifiée par l'essai de 5.2.3.6.

La conformité à l'exigence de l'énergie de décharge doit être vérifiée par calculs et/ou mesures permettant de déterminer la tension et la capacité.

NOTE Une *impédance de protection* conçue conformément au présent paragraphe n'est pas considérée être une connexion galvanique.

4.4.6 Mesures de protection

4.4.6.1 Généralités

La partie d'un *SECP* qui répond aux exigences de 4.4.6.2 se définit en *protection de classe I*.

La partie d'un *SECP* qui répond aux exigences de 4.4.6.3 se définit en *protection de classe II*.

La partie d'un *SECP* qui répond aux exigences de 4.4.6.4 se définit en *protection de classe III*.

La conformité doit être vérifiée en satisfaisant aux exigences de *protection de classe I*, de *classe II* ou de *classe III*.

A.7 donne des exemples d'utilisation des éléments des mesures de protection.

Le marquage des appareils de protection de classes *I, II et III* doit être conforme à 6.3.7.3.

4.4.6.2 Mesures de protection pour appareil de *protection de classe I*

L'appareil de *protection de classe I* doit satisfaire aux exigences applicables à:

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

- la *protection principale* en 4.4.3; et
- la *protection en cas de défaut* en 4.4.4.2 et 4.4.4.3 pour ce qui concerne la liaison équipotentielle et le *conducteur de mise à la terre de protection*.

4.4.6.3 Mesures de protection pour appareil de *protection de classe II*

L'appareil de *protection de classe II* doit satisfaire aux exigences applicables à la *protection renforcée* selon 4.4.5 et l'enveloppe doit satisfaire aux exigences applicables à la *protection principale* en 4.4.3 pour ce qui concerne l'accessibilité aux *parties actives dangereuses*.

L'appareil conçu pour une *protection de classe II* ne doit pas posséder de dispositif de raccordement pour le *conducteur de mise à la terre de protection*. Cela ne s'applique pas si un *conducteur de mise à la terre de protection* passe au travers de l'appareil jusqu'à l'appareil raccordé en série en aval.

Dans ce dernier cas, le *conducteur de mise à la terre de protection* et ses moyens de raccordement doivent être isolés:

- de la surface accessible du matériel; et
- des circuits utilisant une *séparation de protection*

par au moins une *séparation simple* conformément à l'exigence de 4.4.4.6.

La *séparation simple* doit être conçue selon la tension assignée du matériel raccordé en série.

L'appareil de *protection de classe II* peut être raccordé à un conducteur de mise à la terre pour des raisons fonctionnelles ou pour l'amortissement des surtensions. Dans ce cas, le conducteur de mise à la terre fonctionnelle doit être isolé:

- de la surface accessible du matériel; et
- des circuits utilisant une *séparation de protection* selon 4.4.5.3

par au moins une *séparation de protection* conformément à l'exigence de 4.4.5.3.

L'appareil de *protection de classe II* doit faire l'objet d'un marquage selon 6.3.7.3.3.

La conformité est vérifiée par examen.

4.4.6.4 Mesures de protection pour appareil ou circuits de *protection de classe III*

4.4.6.4.1 Généralités

Les *mesures de protection* doivent être réalisées par *séparation de protection* au moyen de l'une des dispositions suivantes:

- *isolation principale* et *isolation supplémentaire (double isolation*) selon 4.4.3.2 et 4.4.4.5;
- *isolation renforcée* selon 4.4.5.2;
- *écran de protection électrique* et *séparation simple* selon 4.4.4.7;
- une combinaison de ces dispositions;

utilisés en combinaison avec l'un des moyens suivants

- *impédance de protection* selon 4.4.5.4 comprenant une limitation de l'énergie de décharge et du courant; ou
- limitation de tension selon 4.4.3.5.

La *séparation de protection* doit être totale et maintenue effective quelles que soient les conditions prévues d'utilisation du *SECP*.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

4.4.6.4.2 Raccordement aux circuits *TBTP* et *TBTS*

Si un *accès* est prévu pour se raccorder à un circuit *TBTP* ou *TBTS* extérieur de tension supérieure à la *CTD As*:

- des mesures pour limiter la tension à celle de la *CTD As* doivent être prises (voir Annexe A); ou
- une *protection principale* doit être assurée.

Lorsque la surface de contact sur les broches des connecteurs est très petite (< 1 mm²), une tension plus élevée que la *CTD As* sélectionnée dans le Tableau 5 est autorisée. Exemple: quand une *CTD A1* est une *CTD As*, alors une *CTD A2* est autorisée sur les broches des connecteurs de signaux.

Le raccordement à un circuit interne des circuits *TBTP* ou *TBTS* extérieurs est autorisé dans les conditions suivantes:

- sans mesure, uniquement si les *CTD* des tensions *TBTP* et *TBTS* sont inférieures ou égales à celle sélectionnées dans le Tableau 5 pour le circuit interne à l'étude; et
- avec mesures, si les *CTD* des tensions *TBTP* et *TBTS* sont supérieures à celle sélectionnée dans le Tableau 5 pour le circuit interne à l'étude.

En cas de défaut, on doit également envisager la possibilité d'obtenir sur les circuits considérés une combinaison de tensions à une valeur supérieure.

Pour le marquage, voir 6.3.7.1.

Il faut tenir compte de facteurs tels que le fait de savoir si les circuits impliqués sont mis à la terre ou non, la nature des tensions impliquées, la possibilité d'un contact direct ou non avec les *parties actives*, l'existence de défauts simples dans les matériels ou les interconnexions, etc.

4.4.7 *Isolation*

4.4.7.1 Généralités

4.4.7.1.1 Facteurs d'influence

Ce paragraphe fournit les exigences minimales d'*isolation*, basées sur les principes de la CEI 60664.

Il doit être tenu compte des tolérances de fabrication pour les exigences de 4.4.7.

Le choix de l'*isolation* doit être effectué en tenant compte de l'influence des facteurs suivants:

- degré de pollution;
- catégorie de surtension;
- *système* de mise à la terre de l'alimentation;
- tension de tenue aux chocs, *surtension temporaire* et *tension de fonctionnement*;
- emplacement de l'*isolation*;
- type d'*isolation*.

La vérification de l'*isolation* doit être faite selon 5.2.2.1, 5.2.3.2, 5.2.3.4 et 5.2.3.5.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

4.4.7.1.2 Degré de pollution

L'*isolation*, particulièrement lorsqu'elle est réalisée par des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite, est affectée par la pollution qui apparaît pendant la *durée de vie prévue* du *SECP*. Les conditions micro-environnementales concernant l'*isolation* doivent être appliquées selon le Tableau 8.

Tableau 8 – Définitions des degrés de pollution

Degré de pollution	Définition
1	Pas de pollution ou apparition uniquement d'une pollution sèche non-conductrice. La pollution n'a pas d'influence.
2	Normalement, il n'y a apparition que d'une pollution non-conductrice. Occasionnellement, toutefois, une conductivité temporaire causée par la condensation peut être envisagée.
3	Une pollution conductrice ou une pollution sèche non-conductrice apparaît qui devient conductrice par de la condensation à laquelle on peut s'attendre.
4	La pollution génère une conductivité persistante causée, par exemple, par de la poussière conductrice, de l'eau ou de la neige.

Le degré de pollution doit être déterminé en fonction des conditions environnementales pour lesquelles le produit est spécifié. Voir le Tableau 18 pour le choix des degrés de pollution selon la classification environnementale de l'*installation*.

L'*isolation* peut être déterminée en fonction du degré de pollution 2 si l'une des conditions suivantes s'applique:

a) des instructions sont fournies avec le *SECP* indiquant qu'il doit être installé dans un environnement de degré de pollution 2; ou

b) l'application spécifique où s'effectue l'*installation* du *SECP* est connue pour être un environnement de degré de pollution 2; ou

c) l'*enveloppe* du *SECP* ou les revêtements appliqués dans le *SECP* selon 4.4.7.8.4.2 ou 4.4.7.8.6 offrent une protection adéquate pour les degrés de pollution 3 et 4 (pollution conductrice et condensation).

Le fabricant du *SECP* doit spécifier dans la documentation le degré de pollution pour lequel le *SECP* a été conçu.

Si le fonctionnement en degré de pollution 4 est requis, la protection contre une pollution conductrice doit être réalisée au moyen d'une *enveloppe* adaptée.

NOTE 1 Voir l'Annexe B pour de plus amples informations sur la réduction du degré de pollution.

NOTE 2 Les dimensions des lignes de fuite ne peuvent pas être spécifiées en présence d'une pollution conductrice permanente (degré de pollution 4). Pour une pollution conductrice temporaire (degré de pollution 3), la surface de l'*isolation* peut être conçue pour éviter le cheminement continu de la pollution conductrice, par exemple au moyen de nervures et de rainures. L'Annexe D fournit de plus amples informations concernant l'évaluation des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite.

4.4.7.1.3 Catégorie de surtension (OVC)

Le concept des catégories de surtension (basé sur la CEI 60364-4-44 et la CEI 60664-1) est utilisé pour les matériels alimentés par le réseau, et concerne le niveau de protection contre les surtensions prévue. La catégorie de surtension pour les matériels *non alimentés par le réseau* est déterminée en tenant compte du fait qu'il existe ou non une protection contre les surtensions et que le *SECP* est raccordé ou non à des lignes extérieures dont la longueur doit être connue si un tel raccordement existe.

Quatre catégories sont concernées.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

- La catégorie IV (OVC IV) s'applique aux matériels à la source d'une *installation*.

NOTE 1 Les multimètres, les appareils de protection contre les surintensités au primaire et d'autres appareils connectés directement à des lignes extérieures aériennes en sont des exemples.

- La catégorie III (OVC III) s'applique aux matériels dans des *installations* fixes et lorsque la fiabilité et la disponibilité du matériel font l'objet d'exigences particulières.

NOTE 2 Les dispositifs de commutation dans une installation fixe et les appareils d'une *installation* industrielle connectés en permanence à une *installation* fixe en sont des exemples.

- La catégorie II (OVC II) s'applique aux matériels à consommation d'énergie devant être alimentés par une installation fixe.

NOTE 3 Exemples: les appareils ménagers, les outils portables et d'autres appareils électriques connectés par prise.

Lorsque ce type de matériel fait l'objet d'exigences particulières pour ce qui concerne la fiabilité et la disponibilité, la catégorie de surtension III s'applique.

- La catégorie I (OVC I) s'applique aux matériels raccordés à un circuit sur lequel des mesures ont été prises pour réduire les surtensions transitoires à un faible niveau.

NOTE 4 Exemples: matériels comportant des circuits électroniques disposant de ce niveau de protection.

NOTE 5 A moins que les circuits ne soient conçus pour tenir compte des *surtensions transitoires,* les appareils de catégorie de surtension 1 ne peuvent pas être raccordés directement au réseau.

Les mesures de réduction de la tension de choc doivent assurer que les *surtensions transitoires* susceptibles de se produire sont suffisamment limitées pour empêcher que leur valeur de crête ne dépasse la tension de choc assignée applicable du Tableau 9 et doivent satisfaire à l'exigence de 4.4.7.2.2, 4.4.7.2.3 et 4.4.7.3 selon le cas.

L'Annexe I donne des exemples de catégorie de surtension pour les exigences d'*isolation*.

Pour le *SECP* et les circuits, qui ne sont pas destinés à être alimentés par le réseau, la catégorie de surtension appropriée doit être déterminée selon les exigences de l'application sur la base de la protection contre les surtensions assurée au niveau de l'alimentation du dispositif ou du circuit.

NOTE 6 Il convient que les comités de produits qui utilisent la présente norme comme un document de référence considèrent la détermination des catégories de surtension pour des applications particulières.

4.4.7.1.4 *Systèmes* de mise à la terre de l'alimentation

La CEI 60364-1 décrit les trois principaux *systèmes* de mise à la terre suivants.

- *Système* TN: possède un point directement mis à la terre, les parties conductrices accessibles de l'*installation* étant reliées à ce point par des conducteurs de protection. Trois types de *systèmes* TN, les *systèmes* TN-C, TN-S et TN-C-S, sont définis suivant la disposition des conducteurs de neutre et de protection.
- *Système* TT: possède un point directement mis à la terre, les parties conductrices accessibles de l'*installation* étant reliées à des prises de terre électriquement distinctes de la prise de terre du *système* d'alimentation.
- *Système* IT: toutes les *parties actives* sont isolées de la terre ou un point est relié à la terre par l'intermédiaire d'une impédance, les parties conductrices accessibles de l'*installation* étant raccordées indépendamment ou collectivement au *système* de mise à la terre.

4.4.7.1.5 Détermination de la tension de choc et de la *surtension temporaire*

Le Tableau 9 utilise la *tension système* (voir 4.4.7.1.6) du circuit à l'étude et la catégorie de surtension pour définir la tension de choc. La *tension système* sert également à définir la *surtension temporaire*.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Un *SECP* ayant plusieurs entrées ou sorties doit être évalué en fonction de l'entrée ou de la sortie qui présente les exigences les plus sévères.

Tableau 9 – Tension de choc et *surtension temporaire* par rapport à la tension système

Colonne 1		2	3	4	5	6
Tension système [a] V **(voir 4.4.7.1.6) jusqu'à et y compris**		**Tension de choc** V				***Surtension temporaire*** [b] V
		Catégorie de surtension				
		I	**II**	**III**	**IV**	
c.a.	**c.c.**					**efficace / crête**
50	75	330	500	800	1 500	1 250 / 1 770
100	150	500	800	1 500	2 500	1 300 / 1 840
150	225	800	1 500	2 500	4 000	1 350 / 1 910
300	450	1 500	2 500	4 000	6 000	1 500 / 2 120
600	900	2 500	4 000	6 000	8 000	1 800 / 2 550
1 000 [c]	1500	4 000	6 000	8 000	12 000	2 200 / 3 110

[a] L'interpolation de la *tension système* n'est pas autorisée dans le cadre de la détermination de la tension de choc pour le *réseau*.

[b] Les valeurs efficaces sont issues de la formule (1 200 V + *tension système*) de la CEI 60664-1.

[c] La dernière ligne ne s'applique qu'aux *systèmes* monophasés ou à la tension entre phases pour les *systèmes* triphasés.

4.4.7.1.6 Détermination de la tension *système*

4.4.7.1.6.1 *Alimentation par le réseau*

Pour un *SECP* alimenté par le *réseau* en courant alternatif, la *tension système* (à la colonne 1 du Tableau 9) est la suivante:

- Dans les *systèmes* TN et TT: la valeur efficace de la tension assignée entre phase et terre;

  NOTE 1 Un réseau avec une phase mise à la terre est un *système* TN avec une phase à la terre, dans lequel la *tension système* est la valeur efficace de la tension assignée entre une phase non mise la terre et la terre (c'est-à-dire la tension entre phases).

- Dans les *systèmes* IT triphasés, pour la détermination de la tension de choc:
  - la valeur efficace de la tension assignée entre une phase et un point neutre artificiel (un raccordement imaginaire entre impédances d'égale valeur et chaque phase) est utilisée;

    NOTE 2 Pour la plupart des *systèmes*, cela équivaut à diviser la tension entre phases par $\sqrt{3}$.

    NOTE 3 La tension entre phase et un point neutre artificiel peut être admise dans la mesure où les *systèmes* sont bien équilibrés. En *condition de défaut unique,* la tension *système* passe temporairement à une tension entre phases, mais dans cette *condition de défaut unique,* la tension de choc peut être réduite d'un pas selon le Tableau 9 et donne lieu au même résultat que pour la détermination de la distance d'isolement dans l'air.
  - la valeur efficace de la tension assignée entre phases pour *SECP* à fiabilité augmentée est utilisée;
  - pour la détermination de la *surtension temporaire*, la valeur efficace de la tension assignée entre les phases.
- Dans un *système* monophasé IT: la valeur efficace de la tension assignée entre les conducteurs d'alimentation.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

NOTE 4 Pour le *SECP* équipé de ponts de diodes connectés en série (12 impulsions, 18 impulsions, etc.), la *tension système* est la somme des tensions alternatives des ponts de diodes.

Lorsque la tension d'alimentation est continue redressée depuis le réseau en courant alternatif, la *tension système* est la valeur efficace de la source alternative avant le redressement, en tenant compte des *systèmes* de mise à la terre de l'alimentation.

NOTE 5 Les tensions générées dans le *SECP* par les secondaires des transformateurs fournissant une isolation galvanique à partir du *réseau* sont également considérées comme des *tensions système* pour la détermination des tensions de choc.

Voir 6.3.7.3 pour l'exigence de marquage.

4.4.7.1.6.2 Alimentation *non fournie par le réseau*

Pour un SECP non alimenté par le réseau en courant alternatif ou continu, la *tension système* est la valeur efficace de la tension d'alimentation entre phases.

4.4.7.1.7 *Isolation* par pontage des composants

L'*isolation* par pontage des composants doit satisfaire aux exigences applicables au niveau d'*isolation* (par exemple, *principale, renforcée, double*) faisant l'objet du pontage.

4.4.7.2 *Isolation* par rapport à l'environnement

4.4.7.2.1 Généralités

L'isolation *principale*, *supplémentaire* et *renforcée* entre un circuit et son environnement doit être conçue en fonction de

- la tension de choc;
- la *surtension temporaire*;
- la *tension de fonctionnement* du circuit.

Pour les lignes de fuite, la valeur efficace de la *tension de fonctionnement* est utilisée, comme décrit en 4.4.7.5.

Pour les distances d'isolement dans l'air et les *isolations* solides, la tension de choc, la *surtension temporaire* ou la valeur de crête répétitive de la *tension de fonctionnement* est utilisée, comme décrit de 4.4.7.2.2 à 4.4.7.2.4.

NOTE 1 Des *tensions de fonctionnement* combinant des valeurs de crêtes répétitives c.a. et c.c. peuvent être observées sur le bus continu d'un convertisseur à source de tension indirecte ou peuvent être des oscillations amorties d'un circuit écrêteur de thyristor ou encore des tensions internes d'une alimentation à découpage. Pour de plus amples informations, voir A.6.

NOTE 2 La tension de choc et la *surtension temporaire* dépendent de la *tension système* du circuit, et la tension de choc dépend également de la catégorie de surtension, comme décrit dans le Tableau 9.

Pour un *CEP* avec isolation galvanique entre le circuit *connecté au réseau* et le circuit *non connecté au réseau*, les caractéristiques assignées de la tension de tenue aux chocs des circuits *connectés au réseau et non connectés au réseau* sont déterminées selon 4.4.7.2.2 et 4.4.7.2.3, et l'effet de la réduction de la catégorie de surtension sur l'isolation est évalué comme suit:

- L'amplitude des chocs du circuit *connecté au réseau* sur le circuit *non connecté au réseau* est déterminée en réduisant d'un niveau la catégorie de surtension des alimentations *non fournies par le réseau*, et en déterminant la caractéristique assignée de la tension de tenue aux chocs qui en résulte sur la base de la *tension système* du réseau.
- La caractéristique assignée à utiliser sur le circuit *non connecté au réseau* est la valeur la plus élevée de celles spécifiées en 4.4.7.2.3 et de la valeur calculée ci-dessus.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

- L'amplitude des chocs du circuit *non connecté au réseau* sur le circuit connecté au réseau est déterminée en réduisant d'un niveau la catégorie de surtension du circuit *non connecté au réseau*, et en déterminant la caractéristique assignée de la tension de tenue aux chocs qui en résulte sur la base de la *tension système d'alimentation non fournie par le réseau*.
- La caractéristique assignée à utiliser sur le circuit *connecté au réseau* est la valeur la plus élevée de celles spécifiées en 4.4.7.2.2 et de la valeur calculée ci-dessus.

Pour un *CEP* n'assurant pas d'isolation galvanique entre le circuit *connecté au réseau* et le circuit *non connecté au réseau*, les caractéristiques assignées de la tension de tenue aux chocs des circuits *connectés au réseau* et *non connectés au réseau* sont déterminées selon 4.4.7.2.2 et 4.4.7.2.3 ci-dessus. La valeur la plus élevée des deux caractéristiques assignées de la tension de tenue aux chocs est utilisée pour le circuit combiné complet. Pour les circuits connectés au circuit combiné sans isolation galvanique, la caractéristique assignée de la tension de tenue aux chocs du circuit combiné s'applique.

NOTE 3 Voir les exemples en I.5.

Lorsque les circuits de *CTD A* ou *B* sont alimentés à partir du réseau par un transformateur fournissant une isolation galvanique à une fréquence supérieure à celle de l'alimentation, l'*isolation* entre le circuit et l'environnement peut être déterminée en fonction de la *tension de fonctionnement* du circuit.

Dans ce cas, la capacité du transformateur à réduire les tensions de choc à des valeurs inférieures à la tension de choc associée à la *tension de fonctionnement* déterminée à partir du Tableau 10 doit être démontrée par essai, simulation ou calcul.

NOTE 4 La capacité des transformateurs à fréquence élevée à réduire les tensions de choc provient de la très faible capacité de couplage dans l'*isolation* galvanique comparée à une capacité de mise à la masse type dans le circuit *CTD A* ou *B*.

4.4.7.2.2 Circuits connectés au *réseau*

L'*isolation* entre l'environnement et les circuits qui sont connectés directement au *réseau* doit être conçue en fonction de la tension de choc, de la *surtension temporaire* ou de la *tension de fonctionnement*, selon ce qui répond à l'exigence la plus sévère.

Cette *isolation* est évaluée normalement pour résister aux tensions de choc de catégorie de surtension III, à une exception: la catégorie de surtension IV doit être utilisée quand le *SECP* est connecté à la source de l'*installation*. La catégorie de surtension II peut être utilisée pour les matériels à prise de courant sans exigences particulières de fiabilité.

Si des mesures sont utilisées pour réduire les tensions de choc de catégorie de surtension IV aux valeurs de catégorie III ou de catégorie III à la catégorie II, l'*isolation principale* ou *supplémentaire* peut être conçue pour ces valeurs réduites. Les exigences de *double isolation* ou d'*isolation renforcée* ne doivent pas être réduites à des valeurs inférieures à celles requises pour l'*isolation principale* conçue pour résister aux chocs sans application de ces mesures.

Si les appareils utilisés à cet effet peuvent être endommagés par des surtensions ou des tensions de choc répétées, en diminuant ainsi leur possibilité de réduire les tensions de choc, ils doivent être surveillés et une information sur leur état doit être fournie.

NOTE 1 La tension de tenue au choc déterminée sur la base de la tension *système* peut être réduite par protection inhérente, un *dispositif de protection contre les surtensions* interne au *SECP* ou dans le cadre de l'*installation*. La CEI 61643-12 fournit des informations sur la sélection et l'utilisation de tels *dispositifs de protection contre les surtensions*.

NOTE 2 Les circuits qui sont connectés au réseau via des *impédances de protection*, selon 4.4.5.4, ne sont pas considérés comme directement connectés au réseau.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

4.4.7.2.3 Circuits *non connectés au réseau*

L'isolation entre l'environnement et les circuits non alimentés par le *réseau* doit être conçue en fonction de:

- la tension de choc déterminée selon le Tableau 9 en utilisant la *tension système*; ou
- la *tension de fonctionnement*;
- la *surtension temporaire* si elle existe du fait de la nature de l'alimentation;

selon celle qui répond à l'exigence la plus sévère.

Ces valeurs sont utilisées pour renseigner le Tableau 10 concernant la conception de la distance d'isolement dans l'air.

La *surtension temporaire* sur une alimentation *non fournie par le réseau,* doit être déterminée comme suit:

- En l'absence d'information détaillée sur la *surtension temporaire*, elle doit être conforme au Tableau 9.
- Si la *surtension temporaire* est connue, cette valeur doit être utilisée.

Lors de la détermination des *surtensions temporaires* sur une alimentation *non fournie par le réseau*, il convient de tenir compte des situations suivantes:

- perte du neutre dans un système basse tension *non alimenté par le réseau*;
- mise à la terre accidentelle d'un système IT *basse tension non alimenté par le réseau*; et
- court-circuit dans l'i*nstallation basse tension non alimentée par le réseau*.

Pour de plus amples informations, voir la CEI 60364-4-44:2007, Article 442.

La catégorie de surtension pour les circuits non connectés au *réseau* doit être la catégorie de surtension II. Une catégorie de surtension supérieure doit être assignée en l'absence de protection contre les surtensions et en cas de raccordement à des lignes extérieures de grande longueur. Pour les applications et les circuits présentant des tensions de choc de faible niveau connu et pour lesquelles il peut être démontré que les tensions de choc restent à un faible niveau même en *condition de défaut unique*, la catégorie de surtension I peut être utilisée. Cette exigence est considérée satisfaite si les tensions de choc prévues ne dépassent pas les valeurs données dans le Tableau 9 pour la catégorie de surtension I à la *tension système* appropriée.

NOTE 1 La catégorie de surtension pour les *alimentations non fournies par le réseau* est la même pour les matériels *connectés en permanence* dans les *installations* fixes et les matériels non *connectés en permanence* à l'*installation* fixe.

Les comités de produits qui utilisent la présente norme comme un document de référence doivent déterminer la catégorie de surtension appropriée du Tableau 9, sur la base de la *tension système* et de valeur maximale de la tension de choc susceptible de se produire dans leur application. Des considérations particulières peuvent s'appliquer aux applications spécifiques aux produits n'ayant pas été prises en compte dans la présente norme.

Les lignes de communication doivent être considérées comme des circuits *non connectés au réseau*.

Si des mesures sont appliquées pour réduire les tensions de choc de catégorie de surtension III aux valeurs de catégorie II, ou de catégorie II à la catégorie I, l'*isolation principale* ou l'*isolation supplémentaire* peut être conçue pour ces valeurs réduites. Les exigences de *double isolation* ou d'*isolation renforcée* ne doivent pas être réduites à des valeurs inférieures à celles requises pour l'*isolation principale* conçue pour résister aux tensions de choc sans application de ces mesures.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Si les appareils utilisés à cet effet peuvent être endommagés par des surtensions ou des tensions de choc répétées, en diminuant ainsi leur possibilité de réduire les tensions de choc, ils doivent être surveillés et une information sur leur état doit être fournie.

NOTE 2 La tension de tenue au choc déterminée sur la base de la tension *système* peut être réduite par protection inhérente, un *dispositif de protection contre les surtensions* interne au *SECP* ou dans le cadre de l'*installation*. La CEI 61643-12 fournit des informations sur la sélection et l'utilisation de tels *dispositifs de protection contre les surtensions*.

4.4.7.2.4 *Isolation* entre circuits

L'*isolation* entre deux circuits doit être conçue en fonction du circuit ayant les exigences les plus sévères.

Pour la conception d'une *séparation simple* et de *protection* entre circuits, l'*isolation* doit être conçue en fonction:

- du circuit présentant l'exigence la plus sévère; ou
- de la *tension de fonctionnement* entre les circuits;

selon ce qui répond à l'exigence la plus sévère.

4.4.7.3 *Isolation* fonctionnelle

Lorsque la défaillance de l'*isolation fonctionnelle* n'engendre pas de danger (électrique, thermique, d'incendie), aucune exigence spécifique ne s'applique au dimensionnement de l'*isolation fonctionnelle*. Dans les autres cas, les exigences suivantes s'appliquent.

Les essais ne sont pas nécessaires sauf lorsque l'analyse du circuit requise en 4.2 montre que la défaillance de l'*isolation* pourrait engendrer un danger.

Pour des parties ou des circuits qui sont affectés de manière significative par des transitoires externes, l'*isolation fonctionnelle* doit être conçue en fonction de la tension de choc de la catégorie de surtension II, mais la catégorie de surtension III doit être utilisée lorsque le *SECP* est connecté à la source de l'*installation*.

Quand des mesures sont appliquées pour réduire les surtensions transitoires dans le circuit de catégorie III à des valeurs de catégorie II ou de catégorie II à la catégorie I, l'*isolation fonctionnelle* peut être conçue pour les valeurs réduites.

Lorsque les caractéristiques du circuit peuvent être démontrées par des essais (voir 5.2.3.2) pour réduire les tensions de choc, l'*isolation fonctionnelle* peut être conçue pour la tension de choc la plus élevée se produisant dans le circuit pendant les essais.

Pour des parties ou des circuits qui ne sont pas affectés de manière significative par des transitoires externes, l'*isolation fonctionnelle* doit être conçue en fonction de la *tension de fonctionnement* appliquée à l'*isolation*.

4.4.7.4 Distances d'isolement dans l'air

4.4.7.4.1 Détermination

Les distances d'isolement dans l'air exigées pour satisfaire à une *isolation fonctionnelle, principale* ou *supplémentaire* doivent être dimensionnées selon le Tableau 10 (voir l'Annexe D pour des exemples d'évaluation des distances d'isolement dans l'air). L'interpolation est autorisée lorsque la distance d'isolement dans l'air est déterminée à partir de la *surtension temporaire* ou de la *tension de fonctionnement*.

Les distances d'isolement dans l'air de l'*isolation renforcée* doivent être dimensionnées pour résister à une tension de choc supérieure d'un palier à la tension de choc, ou égale à 1,6 fois

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

la *surtension temporaire* de crête ou la *tension de fonctionnement* de crête, nécessaire pour l'*isolation principale*.

Les distances d'isolement dans l'air utilisées à des altitudes comprises entre 2 000 m et 20 000 m doivent être calculées en appliquant un facteur de correction selon le Tableau A.2 de la CEI 60664-1:2007, qui est reproduit au Tableau E.1.

Un facteur de correction choisi dans le Tableau F.2 est également utilisé pour déterminer les distances d'isolement dans l'air pour des champs approximativement homogènes lorsque les fréquences sont supérieures à 30 kHz, comme indiqué dans l'Annexe F.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Tableau 10 – Distances d'isolement dans l'air pour l'*isolation* fonctionnelle, *principale* ou *supplémentaire*

Tension de choc [d] **(du Tableau 9)** V	***Surtension temporaire*** [d f] ***(crête)*** **uniquement pour la détermination de l'*isolation* entre l'environnement et les circuits *(du Tableau 9)*** V	***Tension de fonctionnement*** [d f] ***(crête répétitive)*** [a] V	**Distances d'isolement dans l'air minimales jusqu'à 2 000 m au-dessus du niveau de la mer** mm			
			Degré de pollution			
			1	2	3	4
330	330	260	0,01	0,2 [b c]	0,8 [c]	1,6 [c]
500	500	400	0,04			
800	710	560	0,10			
1 500	1 270	1 010	0,5	0,5		
2 500	2 220	1 770	1,5	1,5	1,5	
4 000	3 430	2 740	3,0	3,0	3,0	3,0
6 000	4 890	3 910	5,5	5,5	5,5	5,5
8 000	6 060	4 840	8,0	8,0	8,0	8,0
12 000	9 430	7 540	14	14	14	14

[a] Cette tension est approximativement égale à 0,8 fois la tension requise pour interrompre la distance d'isolement dans l'air associée.

[b] Pour le matériel à câblage imprimé, les valeurs relatives au degré de pollution 1 s'appliquent à l'exception du fait que la valeur ne doit pas être inférieure à 0,04 mm.

[c] Les distances d'isolement dans l'air minimales données pour les degrés de pollution 2, 3 et 4 sont fondées sur les caractéristiques de tenue réduites de la ligne de fuite associée dans des conditions d'humidité (voir la CEI 60664-5).

[d] L'interpolation est autorisée pour l'alimentation *non fournie par le réseau.*

[e] Les distances d'isolement dans l'air pour la *surtension temporaire* et la *tension de fonctionnement* viennent du Tableau F.7a de la CEI 60664-1:2007.

[f] L'interpolation est autorisée, lorsque la distance d'isolement dans l'air est déterminée à partir de la *surtension temporaire* et de la *tension de fonctionnement*.

NOTE Si les distances d'isolement dans l'air sont considérées avec des tensions en régime permanent de 2,5 kV (crête) et plus, le dimensionnement selon les valeurs de claquage du Tableau 10 peut ne pas assurer un fonctionnement sans effet couronne (décharges partielles), notamment pour les champs non homogènes. Afin d'assurer un fonctionnement sans effet couronne, il est possible d'utiliser des distances d'isolement dans l'air plus importantes, comme indiqué dans le Tableau F.7b de la CEI 60664-1:2007, ou d'améliorer la distribution dans le champ.

La conformité doit être vérifiée par inspection visuelle (voir 5.2.2.1) ou en réalisant l'essai de tension de choc de 5.2.3.2 et l'essai de tension en courant alternatif ou en courant continu de 5.2.3.4.

4.4.7.4.2 Homogénéité du champ électrique

Les dimensions du Tableau 10 correspondent aux exigences d'une distribution non homogène du champ électrique à travers la distance d'isolement dans l'air, qui est la condition normale rencontrée en pratique. Si une distribution homogène du champ électrique est connue, la distance d'isolement dans l'air pour l'*isolation principale* ou l'*isolation supplémentaire* peut être

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

réduite au minimum à celle indiquée par le Tableau F.2 (Cas B) de la CEI 60664-1:2007. Dans ce cas, toutefois, l'essai de tension de choc de 5.2.3.2 doit être réalisé sur la distance d'isolement dans l'air considérée.

Si la tenue aux tensions en régime permanent, de crête répétitive ou aux *surtensions temporaires* selon le Tableau 10 est critique pour le dimensionnement de la distance d'isolement dans l'air et si ces distances d'isolement dans l'air sont plus petites que les valeurs du Tableau 10, alors l'essai de tension en courant alternatif ou en courant continu selon 5.2.3.4 est requis. Les distances d'isolement dans l'air pour l'*isolation renforcée* ne doivent pas être réduites pour les champs homogènes.

4.4.7.4.3 Distance d'isolement dans l'air avec des *enveloppes* conductrices

La distance d'isolement dans l'air entre n'importe quelle *partie active* non isolée et les parois d'une *enveloppe* métallique doit être conforme à 4.4.7.4.1 pendant et après les essais de déformation de 5.2.2.4.2.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai de 5.2.2.4.2.

Si la distance d'isolement dans l'air de conception est au moins égale à 12,7 mm et si la distance d'isolement dans l'air exigée par 4.4.7.4.1 ne dépasse pas 8 mm, les essais de déformation peuvent ne pas être effectués.

4.4.7.5 Lignes de fuite

4.4.7.5.1 Groupes de matériaux isolants

Les matériaux isolants sont classés en quatre groupes correspondant à leur indice de résistance au cheminement (IRC) après essais selon 6.2 de la CEI 60112:2003:

- Groupe I de matériaux isolants IRC $\geq$ 600;
- Groupe II de matériaux isolants 600 $>$ IRC $\geq$ 400;
- Groupe IIIa de matériaux isolants 400 $>$ IRC $\geq$ 175;
- Groupe IIIb de matériaux isolants 175 $>$ IRC $\geq$ 100.

Les exigences de lignes de fuite pour des CCI exposées à des conditions d'environnement de degré de pollution 3 doivent être déterminées en se basant sur le Tableau 11 Degré de pollution 3, sous "Autres isolants".

Si la ligne de fuite est nervurée, la ligne de fuite du matériau isolant du groupe I peut être appliquée en utilisant un matériau isolant du groupe II, de même que peut être appliquée la ligne de fuite du matériau isolant du groupe II en utilisant un matériau isolant du groupe III. La hauteur des nervures doit être égale ou supérieure à la dimension "X" dans le Tableau D.1. Pour les degrés de pollution 1 et 2, la hauteur des nervures doit être au moins égale à 2 mm.

Concernant les matériaux isolants inorganiques, par exemple le verre ou la céramique, qui ne cheminent pas, la ligne de fuite peut être égale à la distance d'isolement dans l'air associée, telle que déterminée dans le Tableau 10.

4.4.7.5.2 Détermination

Les lignes de fuite pour l'*isolation fonctionnelle, principale* et *supplémentaire* doivent être dimensionnées selon le Tableau 11. L'interpolation est autorisée. Les lignes de fuite pour l'*isolation renforcée* doivent être égales au double des distances requises pour l'*isolation principale*.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Tableau 11 – Lignes de fuite (en millimètres)

Colonne 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tension de fonctionnement **(efficace)**	**CCI** [a]		**Autres isolants**								
	Degré de pollution		**Degré de pollution**								
	1	**2**	**1**	**2**				**3**			
	Tous les groupes de matériaux	**Tous les groupes de matériaux sauf IIIb**	**Tous les groupes de matériaux**	**Groupe de matériaux isolants**				**Groupe de matériaux isolants**			
V				**I**	**II**	**IIIa**	**IIIb**	**I**	**II**	**IIIa**	**IIIb**
≤ 2	0,025	0,04	0,056	0,35	0,35	0,35		0,87	0,87	0,87	
5	0,025	0,04	0,065	0,37	0,37	0,37		0,92	0,92	0,92	
10	0,025	0,04	0,08	0,40	0,40	0,40		1,0	1,0	1,0	
25	0,025	0,04	0,125	0,50	0,50	0,50		1,25	1,25	1,25	
32	0,025	0,04	0,14	0,53	0,53	0,53		1,3	1,3	1,3	
40	0,025	0,04	0,16	0,56	0,80	1,1		1,4	1,6	1,8	
50	0,025	0,04	0,18	0,60	0,85	1,20		1,5	1,7	1,9	
63	0,04	0,063	0,20	0,63	0,90	1,25		1,6	1,8	2,0	
80	0,063	0,10	0,22	0,67	0,95	1,3		1,7	1,9	2,1	
100	0,10	0,16	0,25	0,71	1,0	1,4		1,8	2,0	2,2	
125	0,16	0,25	0,28	0,75	1,05	1,5		1,9	2,1	2,4	
160	0,25	0,40	0,32	0,80	1,1	1,6		2,0	2,2	2,5	
200	0,40	0,63	0,42	1,0	1,4	2,0		2,5	2,8	3,2	
250	0,56	1,0	0,56	1,25	1,8	2,5		3,2	3,6	4,0	
320	0,75	1,6	0,75	1,6	2,2	3,2		4,0	4,5	5,0	
400	1,0	2,0	1,0	2,0	2,8	4,0		5,0	5,6	6,3	
500	1,3	2,5	1,3	2,5	3,6	5,0		6,3	7,1	8,0	
630	1,8	3,2	1,8	3,2	4,5	6,3		8,0	9,0	10,0	
800	2,4	4,0	2,4	4,0	5,6	8,0		10,0	11	12,5	[b]
1 000	3,2	5,0	3,2	5,0	7,1	10,0		12,5	14	16	
1 250	4,2	6,3	4,2	6,3	9	12,5		16	18	20	
1 600	[c]	[c]	5,6	8,0	11	16		20	22	25	
2 000			7,5	10,0	14	20		25	28	32	
2 500			10,0	12,5	18	25		32	36	40	
3 200			12,5	16	22	32		40	45	50	
4 000			16	20	28	40		50	56	63	
5 000			20	25	36	50		63	71	80	
6 300			25	32	45	63		80	90	100	
8 000			32	40	56	81		100	110	125	
10 000 [d]			40	50	71	100		125	140	160	

L'interpolation est autorisée.

[a] Ces colonnes s'appliquent aussi à tous les composants ou parties des cartes à circuit imprimé et aux autres lignes de fuite ayant un contrôle de tolérance comparable.

[b] Les matériaux isolants du groupe IIIb ne sont généralement pas recommandés pour le degré de pollution 3 supérieur à 630 V.

[c] Au-delà de 1 250 V, utiliser les valeurs appropriées des colonnes 4 à 11.

[d] pour des tensions supérieures, il convient de dimensionner les lignes de fuite selon le Tableau F.4 de la CEI 60664-1:2007

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Lorsque l'exigence de ligne de fuite déterminée selon le Tableau 11 est inférieure à la distance d'isolement dans l'air requise en 4.4.7.4.1 ou la distance d'isolement dans l'air déterminée par les essais de choc (voir 5.2.3.2), elle doit alors être augmentée de la valeur correspondant à cette distance.

La conformité des lignes de fuite doit être vérifiée par mesures ou examen (voir 5.2.2.1) (voir l'Annexe D pour des exemples d'évaluation des lignes de fuite).

4.4.7.6 Revêtement

Un revêtement peut être utilisé pour isoler, pour protéger une surface contre la pollution et pour autoriser une réduction des lignes de fuite et des distances d'isolement dans l'air (voir 4.4.7.8.4.2 et 4.4.7.8.6).

4.4.7.7 Espacements d'une carte de circuit imprimé pour une *isolation* fonctionnelle

Les espacements pour une *isolation fonctionnelle* doivent satisfaire aux exigences de 4.4.7.4 et 4.4.7.5.

Les espacements réduits sur une carte de circuit imprimé (CCI) sont autorisés lorsque toutes les conditions suivantes sont satisfaites:

- la CCI a un taux d'inflammabilité de V-0 (voir la CEI 60695-11-10);
- le matériau de base de la carte de circuit imprimé possède un IRC (indice de résistance au cheminement) minimal de 100;
- le matériel satisfait à l'essai de court-circuit pour les cartes de circuit imprimé (voir 5.2.4.7).

Les espacements réduits pour des composants assemblés sur une CCI sont autorisés lorsqu'ils sont utilisés:

- dans un environnement de degré de pollution 1 ou 2; et
- pour au maximum la catégorie de surtension I.

Dans ce cas, il est admis d'utiliser la spécification du fabricant.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai de 5.2.4.7, le cas échéant.

4.4.7.8 *Isolation* solide

4.4.7.8.1 Généralités

Les matériaux utilisés comme *isolation* solide doivent être conçus pour résister aux contraintes qui se produisent. Ces contraintes d'ordre mécanique, électrique, thermique, climatique et chimique sont celles qui peuvent survenir en fonctionnement normal. Les matériaux isolants doivent aussi résister au vieillissement pendant la *durée de vie prévue* du *SECP*.

Les essais doivent être effectués sur des composants et des sous-ensembles utilisant une *isolation* solide, afin de vérifier que la phase de conception ou de fabrication n'a pas altéré les performances de l'*isolation*.

4.4.7.8.2 Exigences des matériaux

Les matériaux isolants doivent avoir un IRC de 100 ou plus.

Le matériau isolant doit convenir à la température maximale qu'il atteint telle que déterminée par l'essai d'échauffement de 5.2.3.10. On doit considérer si oui ou non le matériau isolant donne en plus de la solidité mécanique et si oui ou non la partie peut être sujette à des chocs pendant le fonctionnement.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Le matériau isolant en contact avec les *parties actives* supérieures à la *CTD As* doit être conforme à:

- l'essai au fil incandescent décrit en 5.2.5.3 à une température d'essai de 850 °C; ou
- l'essai au fil incandescent décrit en 5.2.5.3, à une température d'essai plus basse sans toutefois être inférieure à 550 °C, en fonction de la classification d'utilisation du *SECP*, selon le Tableau A.1 de la CEI 60695-2-11:2011; ou
- à l'autre essai d'inflammation au fil chaud de 5.2.5.4.

Les matériaux isolants thermoplastiques en contact avec les *parties actives* supérieures à la *CTD As* ou constitutifs de l'*enveloppe* doivent satisfaire à l'essai de choc utilisant une sphère réalisé dans le cadre de l'essai de chaleur anormale conformément à la CEI 60695-10-2.

Lorsqu'un matériau isolant est utilisé dans un *SECP* comportant des contacts électriques et qu'il se trouve à une distance inférieure ou égale à 12,7 mm des contacts, il doit être conforme à l'essai d'inflammation par formation d'arc sous courant électrique élevé de 5.2.5.2.

Lorsque le fabricant du matériau isolant fournit des informations pour prouver la conformité aux exigences ci-dessus, il n'est pas exigé d'essai supplémentaire.

Aucune évaluation supplémentaire n'est nécessaire lorsque des matériaux génériques sont utilisés selon le Tableau 12.

Tableau 12 – Matériaux génériques utilisés pour le support direct des *parties actives* non isolées

Matériau générique	Épaisseur minimale mm	Température maximale °C
Toute composition moulée à froid	Aucune limite	Aucune limite
Céramique, porcelaine	Aucune limite	Aucune limite
Phtalate de diallyle	0,7	105
Epoxy	0,7	105
Mélamine	0,7	130
Mélamine-résine phénolique	0,7	130
Résine phénolique	0,7	150
Nylon non chargé	0,7	105
Polycarbonate non chargé	0,7	105
Urée formaldéhyde	0,7	100

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai de 5.2.3.10 et 5.2.5.3 ou 5.2.5.2.

4.4.7.8.3 Matériau pelliculé ou ruban

4.4.7.8.3.1 Généralités

Le paragraphe 4.4.7.8.3 concerne l'utilisation des matériaux pelliculés ou des rubans dans des assemblages tels que les composants bobinés et les bus-bars.

L'*isolation* constituée de matériaux pelliculés (inférieurs à 0,75 mm) ou de ruban est autorisée, à condition qu'elle soit protégée contre les dégradations et qu'elle ne soit pas soumise à une contrainte mécanique en conditions normales d'utilisation.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Lorsque plusieurs couches d'isolant sont utilisées, aucune exigence n'impose que toutes les couches soient composées du même matériau.

NOTE 1 Une couche de ruban isolant se chevauchant à plus de 50 % est considérée comme constituant deux couches.

NOTE 2 Une *isolation principale, supplémentaire ou double* peut être appliquée en tant que *système* pré assemblé de matériaux minces.

4.4.7.8.3.2 Epaisseur des matériaux supérieure ou égale à 0,2 mm

- L'*isolation principale* ou l'*isolation supplémentaire* doit être composée d'au moins une couche de matériau satisfaisant aux exigences de 4.4.7.8.1 et de 4.4.7.10.1.
- La *double isolation* doit être composée d'au moins deux couches de matériaux, répondant chacune aux exigences de 4.4.7.8.1, 4.4.7.10.1 et aux exigences de décharge partielle de 4.4.7.10.2, et les deux couches ensemble satisfont aux exigences de tension de choc et de tension alternative ou continue de 4.4.7.10.2.
- L'*isolation renforcée* doit être composée d'une couche unique de matériau satisfaisant aux exigences de 4.4.7.8.1 et de 4.4.7.10.2.

NOTE Les exigences de ce paragraphe indiquent que la *double isolation* a au moins une épaisseur de 0,4 mm, alors que l'*isolation renforcée* peut avoir une épaisseur de 0,2 mm.

4.4.7.8.3.3 Epaisseur des matériaux inférieure à 0,2 mm

L'*isolation principale* ou l'*isolation supplémentaire* doit être composée d'au moins deux couches de matériau satisfaisant aux exigences de 4.4.7.8.1 et de 4.4.7.10.1.

La *double isolation* doit être composée d'au moins trois couches de matériau. Chaque couche doit satisfaire aux exigences de 4.4.7.8.1 et de 4.4.7.10.1, et deux couches ensemble doivent satisfaire aux exigences de 4.4.7.10.2.

L'*isolation renforcée* constituée d'une couche unique de matériau n'est pas autorisée.

4.4.7.8.3.4 Conformité

La conformité doit être vérifiée par les essais de 5.2.3.1 à 5.2.3.5.

Lorsqu'un composant ou un sous-ensemble utilise des matériaux isolants pelliculés, il est permis de réaliser les essais sur le composant plutôt que sur le matériau.

4.4.7.8.4 Cartes à circuit imprimé (CCI)

4.4.7.8.4.1 Généralités

L'*isolation* entre les couches conductrices des cartes double face, simple ou multicouche et des cartes imprimées à cœur métallique doit satisfaire aux exigences de 4.4.7.8.1. Les *isolations principale*, *supplémentaire, double* et *renforcée* doivent satisfaire aux exigences appropriées de 4.4.7.10.1 ou de 4.4.7.10.2. L'*isolation fonctionnelle* des cartes à circuit imprimé doit satisfaire aux exigences de 4.4.7.7.

Concernant les couches internes des cartes à circuit imprimé multicouche, l'*isolation* entre les pistes adjacentes d'une même couche doit être traitée comme:

- une ligne de fuite pour le degré de pollution 1 et une distance d'isolement comme dans l'air (voir Exemple D.14); ou
- une *isolation* solide, qui doit satisfaire aux exigences de 4.4.7.8.1 et de 4.4.7.10.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

4.4.7.8.4.2 Utilisation d'un matériau de revêtement

Un matériau de revêtement utilisé pour fournir une *isolation fonctionnelle, principale, supplémentaire et renforcée* doit satisfaire aux exigences spécifiées ci-dessous.

Une protection de type 1 (comme définie dans la CEI 60664-3) améliore le micro-environnement des parties protégées. La distance d'isolement dans l'air et la ligne de fuite du Tableau 10 et du Tableau 11 pour un degré de pollution 1 s'appliquent sous cette protection. Entre les deux parties conductrices, il est exigé qu'au moins l'une des deux parties conductrices, ainsi que tout l'espacement entre ces parties, soient couverts par la protection.

La protection de type 2 est considérée comme similaire à une *isolation* solide. Avec cette protection, les exigences d'une *isolation* solide spécifiées en 4.4.7.8 sont applicables, y compris le matériau de revêtement proprement dit, et les espacements ne doivent pas être inférieurs à ceux spécifiés dans le Tableau 1 de la CEI 60664-3:2003. Les exigences de distance d'isolement dans l'air et de ligne de fuite dans le Tableau 10 et le Tableau 11 ne s'appliquent pas. Entre deux parties conductrices, il est exigé que ces deux parties, ainsi que l'espacement entre elles, soient couverts par la protection afin qu'il n'existe aucun espace libre entre le matériau de protection, les parties conductrices et les cartes imprimées.

Le matériau de revêtement utilisé pour offrir une protection de type 1 et de type 2 doit être conçu pour résister aux contraintes susceptibles de survenir pendant la *durée de vie prévue* du *SECP*. Un *essai de type* sur des cartes de circuit imprimé représentatives doit être effectué selon l'Article 5 de la CEI 60664-3:2003. Pour les essais à basse température (5.7.1 de la CEI 60664-3:2003), une température de -25 °C doit être utilisée, et pour les essais de changement rapide de température (5.7.3 de la CEI 60664-3:2003): -25 °C à +125 °C. Aucun *essai individuel de série* n'est nécessaire.

4.4.7.8.5 Composants bobinés

L'*isolation* des fils au moyen d'émail ou de vernis ne doit pas être utilisée pour une *isolation principale, supplémentaire, double ou renforcée*.

Les composants bobinés doivent satisfaire aux exigences de 4.4.7.8.1 et de 4.4.7.10.

Le composant lui-même doit satisfaire pleinement aux exigences données en 4.4.7.8.1 et 4.4.7.10.2. Si le composant possède une *isolation renforcée* ou une *double isolation*, l'essai de tension en courant alternatif ou en courant continu de 5.2.3.4 doit être effectué comme un *essai individuel de série*.

4.4.7.8.6 Matériaux de remplissage

Un matériau de remplissage peut être utilisé comme *isolation* solide ou comme revêtement de protection contre la pollution. S'il est utilisé comme *isolation* solide pour la protection *principale, en cas de défaut et la protection renforcée*, il doit satisfaire aux exigences de 4.4.7.8.1 et de 4.4.7.10. S'il est utilisé comme protection contre la pollution, les exigences de la protection de type 1 en 4.4.7.8.4.2 s'appliquent.

4.4.7.9 Raccordement des parties de l'*isolation solide* (joints scellés)

En présence d'un joint scellé entre deux parties isolantes, le chemin de ligne de fuite et de distance d'isolement dans l'air est déterminé comme suit.

- La protection de type 1 ou de type 2 comme décrit en 4.4.7.8.4.2 s'applique.
- Un joint scellé qui n'est pas déterminé comme assurant une protection de type 1 ou de type 2, n'est ni considéré comme une *isolation* solide ni ne permet de réduire le degré de pollution. Les distances d'isolement dans l'air et les lignes de fuite du Tableau 10 et du Tableau 11 s'appliquent pour le degré de pollution de l'environnement autour du joint. Voir 5.2.5.7 pour l'essai.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

Voir pour exemple l'Exemple D.9.

4.4.7.10 Exigences sur la capacité en tenue électrique

4.4.7.10.1 *Isolation principale* ou *isolation* supplémentaire

L'*isolation principale* ou l'*isolation supplémentaire* doit être soumise à essai comme suit:

- Essai avec tension de tenue aux chocs selon 5.2.3.2; et
- essai en tension alternative ou continue selon 5.2.3.4.

4.4.7.10.2 Double *isolation* et *isolation* renforcée

La double *isolation* ou l'*isolation* renforcée doit être soumise à essai comme suit:

- Essai avec tension de tenue aux chocs selon 5.2.3.2; et
- essai en tension alternative ou continue selon 5.2.3.4.

Pour l'*isolation* solide, l'essai de décharge partielle selon 5.2.3.5 doit être réalisé en complément des essais ci-dessus, si la *tension de fonctionnement* de crête répétitive appliquée à l'*isolation* est supérieure à 750 V et si la contrainte de tension sur l'*isolation* est supérieure à 1 kV/mm.

NOTE La contrainte de tension est la tension de crête répétitive divisée par la distance entre les deux parties de potentiels différents.

L'essai de décharge partielle doit être effectué comme un *essai de type* sur tous les composants, sous-ensembles et cartes de circuit imprimé. De plus, un *essai sur prélèvement* doit être effectué si l'*isolation* est constituée d'une couche unique de matériau.

La *double isolation* doit être conçue de façon telle qu'une défaillance de l'*isolation principale* ou de l'*isolation supplémentaire* n'ait pas pour conséquence une réduction des capacités d'*isolation* de la partie restante de l'*isolation*.

4.4.7.11 Exigences d'*isolation* au-dessus de 30 kHz

Lorsque les tensions appliquées à l'*isolation* ont des fréquences fondamentales supérieures à 30 kHz, d'autres considérations s'appliquent.

L'Annexe F comprend des exigences pour la détermination des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite sous ces conditions.

La conformité des lignes de fuite et des distances d'isolement dans l'air doit être vérifiée par mesures ou examen selon l'Annexe F.

4.4.8 Compatibilité avec les dispositifs de protection à courant différentiel résiduel (DDR)

Les dispositifs DDR sont utilisés pour fournir une protection contre les défauts d'isolement dans certaines *installations* domestiques et industrielles, en plus de la *protection principale* et de *défaut* fournie par le *SECP*.

Un défaut d'isolement ou un contact direct avec certains types de circuits de *SECP* peuvent provoquer des courants à composante continue dans le *conducteur de mise à la terre de protection* qui, par conséquent, réduisent la capacité d'un DDR de type A ou AC (voir la CEI 60755) à fournir cette protection pour un autre matériel de l'*installation*.

Afin d'assurer le bon fonctionnement d'un DDR fourni par l'*installation,* le *SECP* doit satisfaire à l'une des conditions suivantes.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

a) Un *SECP* monophasé enfichable de type A doit être conçu de sorte que, en condition normale et en condition de défaut, toute composante continue du courant qui en résulte dans le *conducteur de mise à la terre de protection* ne dépasse pas les exigences de tenue en courant continu de la CEI 60755 pour le DDR de type A.

NOTE Au moment de la rédaction du présent document, l'exigence de la CEI 60755 s'applique aux DDR de type A capables de tolérer un courant continu de 6 mA tout en maintenant leur fonction de protection.

b) Pour un *SECP* enfichable de type B ou destiné à être *connecté en permanence*, le courant continu dans le *conducteur de mise à la terre de protection* n'est pas limité si les informations et les exigences de marquage de 6.3.7.4 sont satisfaites.

Lors de la conception et de la réalisation d'*installations* électriques, il convient de faire attention aux DDR de Type B. Tous les DDR en amont d'un DDR de type B, jusqu'au transformateur d'alimentation, doivent être de type B.

La conformité des DDR fournis par l'*installation* doit être vérifiée par simulation ou calcul du courant dans le *conducteur de mise à la terre de protection* dans des conditions de fonctionnement normal et des *conditions de défaut unique* conformément aux lignes directrices spécifiées à l'Annexe H.

Voir 6.3.7.4 pour les informations et les exigences de marquage.

4.4.9 Décharge de condensateurs

Pour la protection contre le danger de choc, les condensateurs à l'intérieur d'un *SECP* doivent être déchargés à une tension inférieure à la *CTD As*, ou à une charge résiduelle inférieure à 50 μC, suivant la coupure de l'alimentation du *SECP:*

- Pour le *SECP enfichable* de types A et B, le temps de décharge ne doit pas dépasser 1 s ou les *parties actives* dangereuses doivent être protégées contre le contact direct à un niveau minimal IPXXB (voir 4.4.3.3).
- Pour le *SECP connecté en permanence,* le temps de décharge ne doit pas dépasser 5 s.

Pour le *SECP enfichable* de types A et B et le *SECP connecté en permanence,* ne satisfaisant pas aux exigences ci-dessus, l'accès ne doit être possible qu'au moyen d'un outil ou d'une clé, et les informations et les exigences de marquage de 6.5.2 s'appliquent.

La conformité est vérifiée par l'essai de 5.2.3.8.

NOTE 1 Cette exigence s'applique également aux condensateurs utilisés pour la correction du facteur de puissance, le filtrage, etc.

NOTE 2 Les comités de produits qui utilisent le présent document comme un document de référence peuvent spécifier le niveau de charge de 0,5 μC comme seuil de perception tel que recommandé par la CEI 61140.

4.5 Protection contre les dangers dus à l'énergie électrique

4.5.1 Zones d'accès de l'opérateur

4.5.1.1 Généralités

Les matériels doivent être conçus de sorte à ne présenter aucun risque de danger dû à l'énergie électrique dans les zones d'accès de l'opérateur à partir des circuits accessibles et ils doivent à cet effet satisfaire à l'exigence de 4.2.

Il existe un risque de blessure résultant d'un danger dû à l'énergie électrique s'il est probable qu'au moins deux ou plusieurs parties nues (dont l'une peut être mise à la terre), entre lesquelles existe un niveau d'énergie dangereux seront court-circuitées par un objet métallique.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

La probabilité de court-circuiter les parties à l'étude est déterminée au moyen du doigt d'essai de la Figure 1 de la CEI 60529:1989, en position droite. S'il est possible de court-circuiter ces parties avec ce doigt d'essai, un niveau d'énergie dangereux ne doit pas exister.

Des barrières, protecteurs et dispositifs analogues destinés à empêcher tout contact accidentel peuvent être fournis comme variante permettant de limiter l'énergie électrique.

La conformité est vérifiée par examen ou par l'essai de 5.2.2.2.

4.5.1.2 Détermination du niveau d'énergie dangereux

L'existence d'un niveau d'énergie dangereux est déterminée si:

- la tension est égale ou supérieure à 2 V;

et

- la puissance disponible dépasse 240 VA après 60 s; ou
- l'énergie dépasse 20 J.

La conformité doit être vérifiée par l'essai de 5.2.3.9 ou par calcul comme suit:

– l'énergie emmagasinée dans un condensateur est à une tension supérieure ou égale à 2 V, et l'énergie emmagasinée calculée à partir de l'équation suivante, dépasse 20 J:

$$E = 0{,}5\ CU^2$$

où

E est l'énergie, en joules (J);

C est la capacité, en farads (F);

U est la tension mesurée aux bornes du condensateur, en volts (V).

4.5.2 Zones d'accès pour la maintenance

Les condensateurs situés derrière des panneaux qui peuvent être retirés pour des opérations d'entretien, d'installation ou de déconnexion ne doivent présenter aucun risque de danger dû à l'énergie électrique résultant de la charge stockée sur les condensateurs après déconnexion du *SECP*.

Les condensateurs à l'intérieur d'un *SECP* doivent être déchargés à un niveau d'énergie inférieur à 20 J, comme indiqué en 4.5.1.2, dans les 5 s suivant la coupure de l'alimentation du *SECP*. Si cette exigence ne peut être satisfaite pour des raisons fonctionnelles ou d'autres raisons, les informations et les exigences de marquage de 6.5.2 s'appliquent.

La conformité est vérifiée par examen du matériel et des schémas des circuits correspondants, en tenant compte de la possibilité de déconnexion de l'alimentation avec l'interrupteur "MARCHE"/"ARRÊT" dans chacune des positions et de non fonctionnement des dispositifs ou composants de consommation d'énergie périodique dans le *SECP*. Si le temps de décharge des condensateurs ne peut être calculé avec précision, le temps de décharge doit être mesuré.

4.6 Protection contre les dangers d'incendie et thermiques

4.6.1 Circuits représentant un danger d'incendie

Les types de circuits suivants sont considérés représenter un danger d'incendie:

- les circuits connectés directement au réseau;
- les circuits non connectés directement au réseau mais qui dépassent les limites des sources à puissance limitée indiquées en 4.6.5;

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

- les composants ayant des parties non enfermées sur lesquelles se forment des arcs.

4.6.2 Composants représentant un danger d'incendie

4.6.2.1 Généralités

Le risque d'inflammation dû à des températures élevées doit être minimisé par le bon choix et la bonne utilisation des composants et par une fabrication adéquate.

Les composants électriques doivent être utilisés de façon telle que leur température maximale de fonctionnement en conditions normales ou en *conditions de défaut unique* soit inférieure à celle nécessaire à l'inflammation des matériaux environnants avec lesquels il est probable qu'ils entrent en contact. Dans des conditions normales, les limites du Tableau 14 ne doivent pas être dépassées pour les composants ou leurs matériaux environnants.

Lorsqu'il n'est pas pratique de protéger les composants contre la surchauffe en condition de défaut, tous les matériaux en contact avec de tels composants doivent être de classe d'inflammabilité V-1, selon la CEI 60695-11-10, ou meilleure.

La conformité à 4.6.2 et 4.6.3 doit être confirmée par examen des composants et des fiches techniques des matériaux et, si nécessaire, par des essais.

4.6.2.2 Composants dans un circuit représentant un danger d'incendie

Dans les *enveloppes contre le feu*, les matériaux des composants et des autres parties et tous les matériaux en contact avec ces parties doivent satisfaire à la classe d'inflammabilité V-2 selon la classification de la CEI 60695-11-10 ou à la classe d'inflammabilité HF-2 selon la classification de l'ISO 9772 ou meilleure

Lorsque le fabricant des composants fournit des données permettant de démontrer la conformité aux exigences ci-dessus, il n'est pas exigé d'essai supplémentaire.

L'exigence ci-dessus ne s'applique à aucun des cas suivants:

- composants électriques qui ne présentent pas de danger d'incendie dans des conditions de fonctionnement anormal, lorsqu'ils sont soumis à essai selon 5.2.4.6;
- matériaux et composants situés à l'intérieur d'une *enveloppe* de volume inférieur ou égal à 0,06 m^3, réalisée entièrement en métal et sans ouvertures de ventilation, ou à l'intérieur d'une unité hermétique contenant un gaz inerte;
- composants électroniques, comme les circuits intégrés, les opto-coupleurs, les condensateurs et autres petites parties qui sont montés sur un matériau de classe d'inflammabilité V-1 ou meilleure;
- fils, câbles et connecteurs isolés par du PVC, TFE, PTFE, FEP, polychloroprène ou polyimide;
- parties ci-après pourvu qu'elles soient séparées par au moins 13 mm d'air ou par une barrière solide en matériau de classe d'inflammabilité V-1 ou meilleure, des parties électriques (autres que les fils et câbles isolés) qui, dans des conditions de défaut, sont susceptibles d'engendrer une température qui pourrait provoquer une inflammation;
  - autres petites parties qui ne constituent qu'un apport négligeable de combustible dans un incendie, y compris les étiquettes, les pieds de montage, les couvercles de serrure, les boutons et les organes analogues;
  - les canalisations pour les *systèmes* d'air ou de tout fluide, les réservoirs pour les poudres ou les liquides et les parties en plastique cellulaire, pourvu qu'ils soient en matériau de classe d'inflammabilité HB.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

4.6.2.3 Composants dans un circuit ne représentant pas un danger d'incendie

Pour les composants dans un circuit ne représentant pas un danger d'incendie, les spécifications de 4.6.2 ne s'appliquent pas.

4.6.3 *Enveloppes contre le feu*

4.6.3.1 Généralités

Les *enveloppes contre le feu* sont utilisées pour réduire le risque d'incendie de l'environnement, indépendamment de leur emplacement d'installation.

Une *enveloppe contre le feu* doit être fournie pour tous les *SECP* à moins que

- le comité de produits ne spécifie qu'une *enveloppe contre le feu* n'est pas nécessaire; ou
- il existe un accord entre l'utilisateur et le fabricant; ou
- le *SECP* soit destiné à n'être utilisé que dans des zones ne comportant pas de matériaux combustibles et soit marqué selon 6.3.5.

4.6.3.2 Inflammabilité des matériaux de l'*enveloppe*

Les matériaux utilisés pour les *enveloppes contre le feu* du *SECP* doivent satisfaire aux exigences d'essai d'inflammabilité de 5.2.5.5, à l'exception des parties de l'*enveloppe* ne renfermant que des circuits ne représentant pas un danger d'incendie.

Les matériaux sont considérés comme satisfaisants sans essai si, pour l'épaisseur minimale utilisée, ils sont de classe d'inflammabilité 5VA ou meilleure, selon la CEI 60695-11-20.

Les métaux, les matières céramiques et le verre trempé résistant à la chaleur, armé ou feuilleté, sont considérés comme satisfaisants sans qu'un essai soit nécessaire.

Les matériaux des composants bouchant une ouverture dans une *enveloppe contre le feu* doivent:

- être au moins en matériau de classe V-1 et de dimension non supérieure à 100 mm; ou
- être au moins en matériau de classe V-2 et soit
  - de dimension non supérieure à 25 mm; ou
  - de dimension non supérieure à 100 mm et être situés à au moins 100 mm de toute partie constituant une source de danger d'incendie; ou
- être au moins en matériau de classe V-2 avec une barrière ou un ou des dispositifs formant une barrière en matériau de classe V-0 entre la partie et une source de danger d'incendie; ou
- satisfaire à une norme de composants correspondante de la CEI comprenant les exigences d'inflammabilité pour les composants destinés à faire partie, ou à remplir les ouvertures, d'une *enveloppe contre le feu*.

NOTE Ces composants peuvent être, par exemple, des porte-fusibles, des interrupteurs, des voyants lumineux, des connecteurs et des prises de courant d'appareil.

Les matériaux polymères utilisés comme *enveloppe* extérieure et ayant une surface plus grande que 1 m^2 ou une dimension unique plus grande que 2 m, doivent avoir un indice de propagation maximale de la flamme de 100 comme déterminé par les documents ASTM E162 ou ANSI/ASTM E84.

Le fabricant peut fournir des informations en provenance du fournisseur du matériau de l'*enveloppe contre le feu* pour prouver la conformité aux exigences ci-dessus. Dans ce cas, il n'est pas exigé d'essai supplémentaire.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

La conformité doit être vérifiée par inspection visuelle et, si nécessaire, par des essais.

4.6.3.3 Ouvertures dans les *enveloppes contre le feu*

4.6.3.3.1 Généralités

Pour les matériels prévus pour être utilisés ou installés avec plusieurs orientations comme spécifié dans la documentation du produit, les exigences selon 4.6.3.3.2 à 4.6.3.3.4 s'appliquent pour chacune des orientations appropriées.

Ces exigences complètent les exigences concernant les ouvertures spécifiées dans les autres sections de la présente norme.

NOTE Par exemple, les sections relatives à la *protection principale* avec des *parties actives* ou des parties mobiles dangereuses complètent les exigences spécifiées dans la présente section.

4.6.3.3.2 Ouvertures dans le dessus et la paroi latérale des *enveloppes contre le feu*

Les ouvertures dans les surfaces supérieures des *enveloppes contre le feu* doivent être conçues pour empêcher l'entrée dans l'*enveloppe* de tout objet extérieur tombant verticalement ou à un angle de 5° par rapport à la verticale, dans une zone susceptible d'engendrer un danger d'incendie.

Pour les matériels amovibles ne comportant pas de dessus et de fond définis, cette exigence s'applique à toutes les parois latérales, à moins que les surfaces de dessus et de fond puissent être convenablement indiquées dans les instructions d'installation.

La conformité doit être vérifiée par l'essai de 5.2.2.2.

Les ouvertures dans les surfaces supérieures des *enveloppes contre le feu* non situées verticalement au-dessus ou à un angle de 5° de la verticale d'un circuit représentant un danger d'incendie tel que défini en 4.6.1 ne font pas l'objet de l'essai de 5.2.2.2 et peuvent être de toute construction si cette dernière empêche l'accès aux parties supérieures à la *CTD As* avec le doigt d'épreuve pour l'indice de protection IP3X détaillé en 4.4.3.3.

Lorsqu'une partie de la paroi latérale d'une *enveloppe contre le feu* tombe dans la zone délimitée par l'angle de 5° de la Figure 6, les limitations de 4.6.3.3.3 sur les dimensions des ouvertures dans le fond des *enveloppes contre le feu* s'appliquent également à cette partie de la paroi latérale.

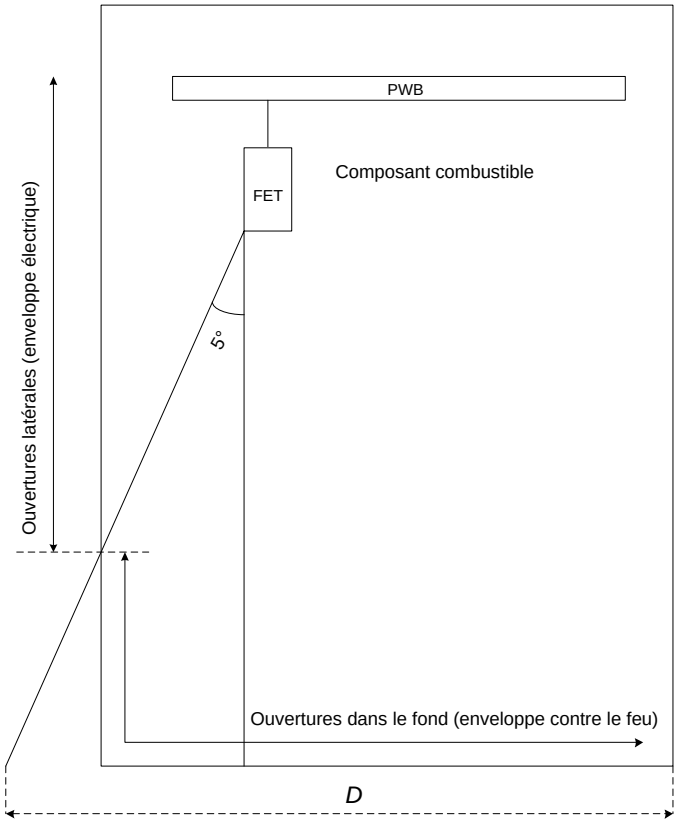
La conformité doit être vérifiée par inspection visuelle.

4.6.3.3.3 Ouvertures dans le fond d'une *enveloppe contre le feu*

Le fond d'une *enveloppe contre le feu* ou les barrières individuelles doivent assurer la protection contre l'émission de flamme ou de métal fondu sous toutes les parties internes, y compris les composants ou les ensembles partiellement enfermés, situés dans un circuit représentant un danger d'incendie.

L'emplacement et la dimension du fond ou de la barrière doivent couvrir la surface D de la Figure 6 et doivent être soit horizontaux soit pourvus de lèvres ou autres façonnages pour assurer une protection équivalente. La surface ne doit pas comporter d'ouvertures, sauf pour la surface protégée par une chicane, un écran ou un moyen analogue de façon qu'il soit peu probable que du métal en fusion et des matériaux brûlants tombent à l'extérieur de l'*enveloppe contre le feu*.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe



NOTE La Figure 6 illustre un exemple de vue latérale de coupe d'un produit comprenant une CCI, ses composants faisant face au fond de l'*enveloppe*. Si la CCI comporte des composants dans les circuits primaires (par exemple, transistors à effet de champ), elle est considérée comme une source d'inflammation.

Le fond de l'*enveloppe* est considéré comme une *enveloppe contre le feu* et donc ses ouvertures doivent être restrictives, voir par exemple le Tableau 12.

Outre le fait d'assurer une protection contre les chocs électriques, les ouvertures latérales (*enveloppe* électrique) situées sous la projection de 5 ° de la source d'inflammation assurent une protection contre la propagation du feu.

Figure 6 – Ouvertures dans le fond d'une *enveloppe contre le feu* sous un composant représentant un danger d'incendie non enfermé ou partiellement enfermé

Les constructions suivantes sont considérées comme satisfaisant aux exigences sans essai:

- aucune ouverture dans le fond d'une *enveloppe contre le feu*;
- ouvertures de toutes dimensions dans le fond sous une barrière interne, un écran interne ou un autre dispositif qui lui-même satisfait aux exigences pour une *enveloppe contre le feu*;
- ouvertures dans le fond ayant chacune une surface inférieure ou égale à 40 mm² sous des composants ou des parties satisfaisant aux exigences d'inflammabilité de classe V-1 selon la classification de la CEI 60695-11-10 ou aux exigences d'inflammabilité de classe HF-1 selon la classification de l'ISO 9772, ou sous le plus petit composant qui satisfait à l'essai du brûleur-aiguille de la CEI 60695-11-5 en utilisant une durée d'application de la flamme de 30 s;
- construction avec une plaque écran comme illustré sur la Figure 7;
- fond métallique des *enveloppes contre le feu* conforme aux dimensions limites d'une ligne quelconque du Tableau 13;

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

- grille de fond en métal ayant une maille dont la distance entre les lignes passant par le centre des ouvertures nominales est inférieure ou égale à 2 mm et dont le diamètre des fils est égal ou supérieur à 0,45 mm.

La conformité est vérifiée par examen ou par l'essai à l'huile chaude enflammée de 5.2.5.6, lorsque l'*enveloppe contre le feu* est de conception différente de celle décrite ci-dessus.

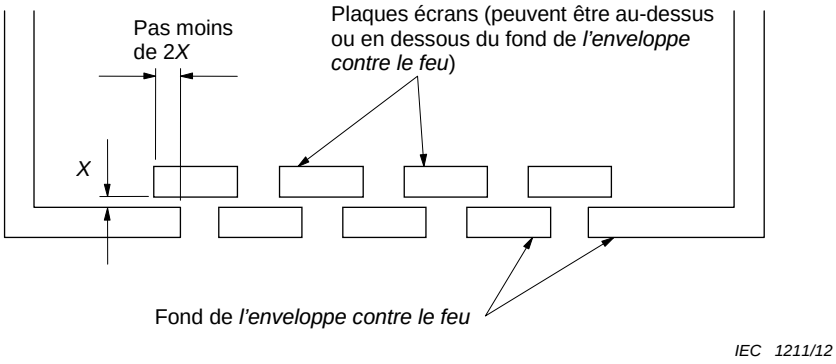


Figure 7 – Construction de *l'enveloppe contre le feu* avec plaque écran

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Tableau 13 – Ouvertures admissibles dans les fonds des *enveloppes contre le feu*

Applicable aux trous circulaires			Applicable aux autres formes d'ouvertures	
Epaisseur minimale du fond métallique	**Diamètre maximal des trous**	**Espacement minimal des trous (entraxe)**	**Surface maximale**	**Espacement minimal des ouvertures bord à bord**
mm	mm	mm	mm^2	mm
0,66	1,1	1,7	1,1	0,56
0,66	1,2	2,3	1,2	1,1
0,76	1,1	1,7	1,1	0,55
0,76	1,2	2,3	1,2	1,1
0,81	1,9	3,1	2,9	1,1
0,89	1,9	3,1	2,9	1,2
0,91	1,6	2,7	2,1	1,1
0,91	2,0	3,1	3,1	1,2
1,0	1,6	2,7	2,1	1,1
1,0	2,0	3,0	3,2	1,0

4.6.3.3.4 Portes et couvercles dans les *enveloppes contre le feu*

Si une partie d'une *enveloppe contre le feu* comporte une porte ou un couvercle conduisant à une zone d'accès de l'opérateur, elle doit satisfaire à l'une des exigences suivantes:

- la porte ou le couvercle doit être verrouillé; ou
- une porte ou un couvercle destiné à être ouvert par l'utilisateur, en usage habituel, doit satisfaire aux deux conditions suivantes:
  - il ne doit pas être possible à l'utilisateur de les séparer de l'*enveloppe contre le feu*; et
  - il doit être muni d'un dispositif qui le maintient fermé pendant le fonctionnement normal.

Il est permis qu'une porte ou un couvercle destiné seulement à un usage occasionnel par l'utilisateur, par exemple pour l'installation d'accessoires, soit amovible pourvu que le mode d'emploi du matériel contienne des directives pour un enlèvement et une remise en place correcte de la porte ou du couvercle.

La conformité est vérifiée par examen.

4.6.4 Limites de température

4.6.4.1 Parties internes

Le matériel et les parties qui le composent ne doivent pas atteindre des températures dépassant celles du Tableau 14 lorsqu'ils sont soumis à essai aux valeurs assignées du matériel.

La conformité est vérifiée par l'essai de 5.2.3.10.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Tableau 14 – Températures totales maximales mesurées pour les composants et matériaux internes

	Matériaux et composants	Méthode thermocouple °C	Méthode de résistance °C
1	Conducteurs isolés en caoutchouc ou thermoplastique [a]	75	
2	Bornes de câblage sur site et autres parties susceptibles d'être en contact avec l'*isolation* du câblage sur site [b]	[b]	
3	Bus et barrettes ou barres de raccordement en cuivre	[c]	
4	*systèmes d'isolation* sur composants magnétiques [d]	[e]	[e]
	Classe A (105)	90	100
	Classe E (120)	105	115
	Classe B (130)	110	120
	Classe F (155)	130	140
	Classe H (180)	155	165
	Classe N (200)	165	175
	Classe R (220)	180	190
	Classe S (240)	195	205
5	Composition phénolique [a]	165	
6	Sur matériau résistant nu	415	
7	Condensateur	[f]	
8	*Dispositifs électroniques de puissance*	[g]	
9	Carte de circuit imprimé	[h]	
10	Composants pontant au moins la *protection principale*	[f]	
11	Liquide de refroidissement	[i]	

[a] La limitation sur les compositions à base de phénol et sur les isolants en caoutchouc et thermoplastique ne s'applique pas aux composants qui ont été examinés et qui ont satisfait aux exigences pour des températures supérieures.

[b] Il convient que la température maximale de la borne ne dépasse pas la température assignée de la borne et la température assignée de l'isolant du conducteur ou du câble spécifiée par le fabricant (voir 6.3.6.4).

[c] Les températures maximales autorisées sont déterminées par les limitations de température du matériau de support ou de l'isolant des câbles ou d'autres composants. Une température maximale de 140 °C est recommandée.

[d] Les températures maximales sur l'*isolation* des composants magnétiques considèrent l'application de thermocouples sur la surface des bobines, et ne sont par conséquent pas situées sur les points chauds. La méthode de résistance consiste à mesurer la température moyenne de l'enroulement.

[e] Ces limites sont issues des normes groupées de sécurité CEI 61558-1 et CEI 61558-2-16 (sécurité des transformateurs de puissance, alimentations, réactances et produits analogues). Pour les composants magnétiques non couverts par le domaine d'application de la série CEI 61558, les comités des normes de produits peuvent définir d'autres limites conformément à la CEI 60085 et à la CEI 60216.

[f] Pour un composant, il convient que la température maximale spécifiée par le fabricant ne soit pas dépassée.

[g] Il convient que la température maximale du boîtier soit la température maximale de boîtier pour la puissance à dissiper spécifiée par le fabricant du dispositif électronique de puissance.

[h] La température maximale de fonctionnement de la carte de circuit imprimé ne doit pas être dépassée. .

[i] Il convient que la température maximale du liquide de refroidissement spécifiée par le fabricant du liquide ou déterminée à partir des caractéristiques connues du liquide ne soit pas dépassée.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

La méthode de résistance pour les mesures de température telles que spécifiées dans le Tableau 14 consiste à calculer l'échauffement d'un enroulement en utilisant l'équation suivante:

$$\Delta t = \frac{r2}{r1}(k + t1) - (k + t2)$$

où:

Δt est l'échauffement;

r_2 est la résistance à la fin de l'essai, en ohms;

r_1 est la résistance au début de l'essai, en ohms;

t_1 est la température ambiante au début de l'essai (ºC);

t_2 est la température ambiante à la fin de l'essai (ºC);

k a pour valeur 234,5 pour le cuivre, 225,0 pour un conducteur électrique en aluminium de niveau (EC); les valeurs de la constante pour les autres conducteurs doivent être déterminées.

4.6.4.2 Parties accessibles

Afin de limiter les températures de contact des parties accessibles du *SECP* et d'assurer une protection contre la dégradation à long terme des matériaux de construction, la température maximale des parties accessibles du *SECP* doit être en conformité avec le Tableau 15.

Lorsque les surfaces du *SECP* dont les températures dépassent les limites données dans le Tableau 15 se trouvent à proximité des surfaces de montage, un avertissement selon 6.3.5 doit être prévu.

Il est permis que des parties accessibles nécessitant de la chaleur pour leur fonction prévue (par exemple, les radiateurs) aient des températures jusqu'à 100 °C, si les parties ne sont pas en contact avec les matériaux de construction à l'installation, et elles sont marquées d'un avertissement tel que mentionné en 6.4.3.4. Pour les produits destinés à n'être utilisés que dans une *zone d'accès limité*, la limite de 100 °C peut être dépassée.

Les comités de produits qui utilisent la présente norme comme un document de référence doivent considérer les limites de température en régime permanent pour les produits particuliers et les conditions environnementales spécifiques.

Ces limites complètent les limites applicables en 4.6.4.1.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Tableau 15 – Températures maximales mesurées pour les parties accessibles du *SECP*

Partie	Limite °C					
	Métal (revêtu) [b]				Verre, porcelaine et matière vitrifiée	Caoutchouc et matières plastiques
	1	2	3	4		
Dispositifs manipulés par un utilisateur (boutons, poignées, interrupteurs, afficheurs, etc.) tenus de façon continue en usage normal et en *condition de défaut unique* (approx. 10 s)	55	55	55	60	65	70
Dispositifs manipulés par un utilisateur (boutons, poignées, interrupteurs, afficheurs, etc.) tenus pendant de courtes périodes seulement, en usage normal et en *condition de défaut unique*. (approx. 1 s)	60	70	65	85	75	80
Parties de l'*enveloppe* accessibles à l'utilisateur occasionnellement (approx. 1 s) [a]	65	75	70	90	80	85
Parties de l'*enveloppe* en contact avec les matériaux de construction de l'installation (de façon continue)	90					

NOTE 1 Les valeurs du Tableau 15 pour les parties accessibles sont issues du Guide 117 de la CEI (seuil de brûlure). Pour le contact de courte durée avec les dispositifs manipulés par un utilisateur, les valeurs ont été réduites de 5°C pour permettre une certaine marge. Le Guide 117 de la CEI fournit également des valeurs de seuils de brûlure pour d'autres revêtements ou matériaux.

NOTE 2 Les principales figures du Guide 117 de la CEI sont reproduites dans l'Annexe J pour information.

[a] Pour les produits destinés à et prévus pour être utilisés par des enfants et des personnes âgées, il convient de tenir compte des périodes de contact spécifiées dans le Guide 117:2010 de la CEI, Article 6, Tableau 2.

[b] Revêtement des surfaces métalliques:

1: aucun (métal nu)

2: gomme-laque (50 μm)

3: émail vitrifié (160 μm) / poudre (60 μm)

4: polyamide 11 ou 12 (400 μm)

4.6.5 Sources à puissance limitée

Lorsqu'une source à puissance limitée est nécessaire, la source doit satisfaire aux spécifications du Tableau 16 ou du Tableau 17, selon le cas.

Une source à puissance limitée doit être conforme à l'une des exigences suivantes:

a) la puissance de sortie est limitée par construction conformément au Tableau 16; ou

b) une impédance linéaire ou non linéaire limite la puissance de sortie conformément au Tableau 16. Si un dispositif à coefficient de température positif est utilisé (par exemple PTC), il doit satisfaire aux essais spécifiés dans la CEI 60730-1; ou

c) un circuit de régulation limite la puissance de sortie conformément au Tableau 16, à la fois avec et sans premier défaut dans le circuit de régulation; ou

d) un dispositif de protection contre les surintensités limite la puissance de sortie conformément au Tableau 17.

Lorsqu'un dispositif de protection contre les surintensités est utilisé, ce doit être un élément fusible ou un dispositif électromécanique non réglable et non réarmable.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Une source à puissance limitée fonctionnant sur un *réseau* d'alimentation en courant alternatif ou une source à puissance limitée fonctionnant sur une batterie qui est rechargée sur un *réseau* d'alimentation en courant alternatif pendant qu'elle fournit l'alimentation doit comporter un transformateur d'isolement.

La conformité relative à la détermination de la puissance maximale disponible est vérifiée par l'essai de 5.2.3.9.

Tableau 16 – Limites des sources de puissance sans dispositif de protection contre les surintensités

Tension de sortie [a] U_{oc}		**Courant de sortie** [b d] I_{sc} A	**Puissance apparente** [c d] S VA
V courant alternatif	V courant continu		
≤ 30 V efficace	≤ 30 V c.c.	≤ 8	≤ 100
-	$30 < U_{oc} \leq 60$	≤ 150 / U_{oc}	≤ 100

[a] U_{OC}: Tension de sortie mesurée conformément à 5.1.5.3 avec tous les circuits de charge déconnectés. Les tensions sont pour du courant alternatif pratiquement sinusoïdal et du courant continu sans ondulation. Pour les courants alternatifs non sinusoïdaux et pour les courants continus avec une ondulation supérieure à 10 % crête, la tension crête ne doit pas dépasser 42,4 V.

[b] I_{sc}: Courant maximal de sortie avec une charge non capacitive quelconque, y compris un court-circuit.

[c] S (VA): Puissance de sortie maximale VA avec une charge non capacitive quelconque.

[d] La mesure de I_{sc} et de S est réalisée 5 s après l'application de la charge si la protection est assurée par un circuit électronique ou un dispositif à coefficient de température positif (par exemple PTC), et 60 s dans les autres cas.

Tableau 17 – Limites des sources de puissance avec dispositif de protection contre les surintensités

Tension de sortie[a] U_{oc}		**Courant de sortie** [b d] I_{sc} A	**Puissance apparente** [c d] S VA	**Valeur du courant assigné du dispositif de protection contre les surintensités** [e] A
V c.a.	V c.c.			
≤ 20	≤ 20	≤ 1 000/U_{oc}	≤ 250	≤ 5,0
$20 < U_{oc} \leq 30$	$20 < U_{oc} \leq 30$			≤ 100/U_{oc}
–	$30 < U_{oc} \leq 60$			≤ 100/U_{oc}

[a] U_{OC}: Tension de sortie mesurée conformément à 5.1.5.3 avec tous les circuits de charge déconnectés. Les tensions sont pour du courant alternatif pratiquement sinusoïdal et du courant continu sans ondulation. Pour les courants alternatifs non sinusoïdaux et pour les courants continus avec une ondulation supérieure à 10 % crête, la tension crête ne doit pas dépasser 42,4 V.

[b] I_{sc}: Courant de sortie maximal avec toute charge non capacitive, y compris un court-circuit, mesuré 60 s après avoir appliqué la charge.

[c] S (VA): Puissance de sortie maximale en VA, quelle que soit la charge non capacitive, mesurée 60 s après l'application de la charge.

[d] Les impédances de limitation de courant sont maintenues pendant la mesure mais tout dispositif de protection contre les surintensités est contourné.

NOTE La raison pour laquelle les mesures sont effectuées avec les dispositifs de protection contre les surintensités contournés est de déterminer la quantité d'énergie disponible qui pourrait provoquer un échauffement pendant le délai de fonctionnement des dispositifs de protection contre les surintensités.

[e] Les valeurs du courant assigné du dispositif de protection contre les surintensités qui coupent le circuit en moins de 120 s avec un courant égal à 210 % de la valeur du courant assigné spécifiée dans le tableau.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

4.7 Protection contre les dangers mécaniques

4.7.1 Généralités

La défaillance de n'importe quel composant à l'intérieur du *SECP* ne doit pas libérer l'énergie suffisante pour entraîner des dangers, comme par exemple l'expulsion de matière à l'intérieur d'une zone occupée par le personnel.

4.7.2 Exigences spécifiques pour le *SECP* refroidi par liquide

4.7.2.1 Généralités

NOTE Les *systèmes* de refroidissement par caloduc étanche, utilisés pour transférer la chaleur d'un composant chaud vers un radiateur, ne sont pas considérés comme des *systèmes* à refroidissement par liquide dans cette Norme. Toutefois, il convient que la défaillance possible de tels composants soit prise en compte pendant l'analyse du circuit de 4.2.

4.7.2.2 Liquide de refroidissement

Le liquide de refroidissement spécifié (voir 6.2) doit être adapté aux températures ambiantes prévues pendant le stockage et le fonctionnement. La température du liquide de refroidissement en fonctionnement ne doit pas dépasser la limite spécifiée dans le Tableau 14.

Le liquide de refroidissement utilisé dans un *système* de refroidissement doit être un fluide frigorigène éprouvé à cet effet, de l'eau, du glycol, un mélange d'eau et de glycol ou du pétrole de synthèse non inflammable.

La conformité est vérifiée par examen et l'essai de 5.2.3.10.

NOTE Les liquides de refroidissement inflammables utilisés dans les *systèmes* de refroidissement ne sont pas couverts par la présente norme.

4.7.2.3 Exigences de la conception

4.7.2.3.1 Généralités

Les composants du *système* de confinement de liquide doivent être compatibles avec le liquide à utiliser.

Les matériels utilisant des liquides doivent être construits de telle façon qu'il soit improbable qu'il y ait une concentration dangereuse de ces matières et qu'un danger au sens de la présente norme soit créé par la condensation, la vaporisation, les fuites, le débordement ou la corrosion pendant le fonctionnement normal, le stockage, le remplissage ou la vidange.

La conformité est vérifiée par examen.

Il convient que les tuyaux souples soient constitués de matériau exempt de contaminants conducteurs tels que le carbone.

4.7.2.3.2 Résistance à la corrosion

Tous les composants des *systèmes* de refroidissement doivent convenir au liquide de refroidissement spécifié. Ils doivent résister à la corrosion et ne doivent pas se corroder à l'issue d'une exposition prolongée au liquide de refroidissement et/ou à l'air.

La conformité est vérifiée par examen.

4.7.2.3.3 Tuyauterie, durites et joints d'étanchéité

La tuyauterie, les durites et les joints d'étanchéité du *système* de refroidissement doivent être conçus pour empêcher les fuites pendant les excursions de pression au cours de la vie du

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

matériel. Tout le *système* de refroidissement, tuyauterie comprise, doit satisfaire aux exigences de l'essai de pression hydrostatique de 5.2.7.

4.7.2.3.4 Disposition pour la condensation

Lorsqu'une condensation interne se produit pendant le fonctionnement normal ou la maintenance, des mesures doivent être prises pour empêcher la dégradation de l'*isolation*. Dans les zones où une condensation peut survenir, les distances d'isolement dans l'air et les lignes de fuite du Tableau 10 et du Tableau 11 doivent être évaluées pour un environnement à degré de pollution au moins égal à 3 (voir Tableau 8), et des dispositions doivent être prises pour empêcher une accumulation d'eau (par exemple en fournissant un drain).

La conformité est vérifiée par examen.

4.7.2.3.5 Fuite du liquide de refroidissement

Des mesures doivent être prises pour empêcher une fuite du liquide de refroidissement sur les *parties actives* au cours du fonctionnement normal, d'une réparation ou du desserrage des tuyaux ou d'autres parties du *système* de refroidissement pendant *la durée de vie prévue*. Si un mécanisme limiteur de pression est fourni, il doit être situé de telle manière qu'aucune fuite de liquide de refroidissement ne doit se produire sur les *parties actives* lorsqu'il est activé.

La fuite du liquide de refroidissement ne doit pas humidifier les *parties actives* ou l'*isolation* électrique susceptible d'être affectée par le liquide.

La conformité est vérifiée par examen.

4.7.2.3.6 Perte de liquide de refroidissement

La perte du liquide de refroidissement dans le *système* de refroidissement ne doit pas entraîner de dangers thermiques, d'explosion ou de choc électrique. Les exigences de l'essai concernant la perte de liquide de refroidissement décrites en 5.2.4.9.4 doivent être satisfaites.

4.7.2.3.7 Conductivité du liquide de refroidissement

Lorsque du liquide de refroidissement est intentionnellement en contact avec les *parties actives* (par exemple des radiateurs non connectés à la terre), la conductivité du liquide de refroidissement doit être continuellement surveillée et contrôlée, pour éviter une circulation de courant dangereuse dans le liquide de refroidissement.

4.7.2.3.8 Exigences d'*isolation* pour les tuyaux du liquide de refroidissement

Lorsque le liquide de refroidissement est intentionnellement en contact avec des *parties actives* (par exemple des radiateurs non connectés à la terre), les tuyaux du liquide de refroidissement font partie du *système d'isolation*. Selon l'emplacement de ces tuyaux, les exigences de 4.4.7 pour une *séparation fonctionnelle* ou *principale* ou *de protection* doivent être appliquées si nécessaire.

4.8 Matériels à plusieurs sources d'alimentation

Lorsque le matériel est muni de plus d'une possibilité de raccordement à l'alimentation (par exemple pour différentes tensions ou fréquences ou pour l'alimentation de secours), la conception doit être telle que toutes les conditions suivantes soient remplies:

- des moyens de raccordement séparés sont prévus pour les différents circuits; et
- les raccordements de la prise de courant de l'alimentation, s'il en existe, ne sont pas interchangeables, si un danger risque de survenir du fait d'un raccordement incorrect; et

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

- il ne doit exister aucun danger, au sens de la présente norme, en condition normale ou en *conditions de défaut unique* du fait de la présence de plusieurs sources d'alimentation. Des actions telles que la déconnexion ou la mise hors tension d'une alimentation sont considérées comme une condition normale.

La conformité est vérifiée par l'évaluation de 4.2.

Le matériel doit être accompagné d'informations indiquant la présence de plusieurs sources d'alimentation et les procédures de déconnexion (voir 6.5.5).

Exemples de types de dangers qu'il convient de prendre en compte:

a) Prévention de rétro-alimentation – prévention de toute rétro-alimentation de tension ou d'énergie disponible dans le *SECP* ou l'une de ses sources vers toute borne d'entrée d'une autre source, directement ou par le chemin de fuite.

b) Protection contre tout îlotage intempestif.

c) Les niveaux de *courant de contact* peuvent être plus élevés avec plusieurs sources connectées simultanément (s'il s'agit d'une condition normale pour le matériel).

d) Danger résultant de la détérioration d'une ou de plusieurs sources connectées (par exemple, un générateur) du fait de l'énergie provenant d'une autre source (par exemple, le réseau).

e) Détérioration du câblage du fait de courants plus élevés que ceux circulant d'une autre source pour lesquels le câblage est conçu.

4.9 Protection contre les contraintes environnementales

Le fabricant doit spécifier les conditions suivantes relatives au fonctionnement, au stockage et au transport:

- Température du liquide de refroidissement (min/max);
- température ambiante (min/max);
- humidité (min/max);
- degré de pollution;
- vibration;
- résistance au rayonnement UV;
- catégorie de surtension;
- altitude pour l'aspect thermique, si la caractéristique assignée de fonctionnement est supérieure à 1 000 m;
- altitude pour les aspects de coordination de l'*isolation*, si la caractéristique assignée de fonctionnement est supérieure à 2 000 m.

NOTE Les catégories environnementales indiquées dans la série de la CEI 60721 peuvent être utilisées le cas échéant.

Le fabricant doit spécifier la condition environnementale de service pour le *SECP* selon le Tableau 18.

Lorsque le *SECP* satisfait aux exigences de la présente norme uniquement aux conditions supérieures aux valeurs minimales ou inférieures aux valeurs maximales données dans le Tableau 18, ceci doit faire l'objet d'un accord entre le fournisseur et le client. Les conditions particulières doivent être identifiées dans le manuel de fonctionnement et sur le produit, comme spécifié en 6.3.3.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Tableau 18 – Conditions environnementales de service

Condition	À l'intérieur avec condition CEI 60721-3-3	À l'intérieur sans condition CEI 60721-3-3	À l'extérieur sans condition CEI 60721-3-4
Climatique	**classe 3K2** (Température: +15 °C à 30 °C) (Humidité: 10 % à 75 % HR sans condensation)	**classe 3K3** (Température: +5 °C à 40°C) (Humidité: 5 % à 85 % HR / sans condensation)	**classe 4K6** (Température: -20 °C à 55 °C) (Humidité: 4 % à 100 % HR / avec condensation)
Degré de pollution	**2**	**3**[b]	**4**[c]
Condition d'humidité de la peau	**sèche**	**humide**[a]	**humide salée**[a]
Substances chimiquement actives	**classe 3C1** (Pas de brouillard salin)	**classe 3C1** (Pas de brouillard salin)	**classe 4C2** (Brouillard salin) [a]
Substances mécaniquement actives	**classe 3S1** (Aucune exigence)	**classe 3S1** (Aucune exigence)	**classe 4S2** (Poussières et sable)
Mécanique	**classe 3M1** (Vibration: 1 m/s^2)	**classe 3M1** (Vibration: 1 m/s^2)	**classe 4M1** (Vibration: 1 m/s^2)
Biologique	**classe 3B1** (Aucune exigence)	**classe 3B1** (Aucune exigence)	**classe 4B2** (Moisissure/champignons/rongeurs /termites)

[a] Lorsqu'il est certain que le matériel ne sera pas utilisé dans une atmosphère humide ou de brouillard salin, le fabricant peut choisir d'assigner des caractéristiques au matériel correspondant à une condition moins sévère. Dans ce cas, les caractéristiques assignées doivent être indiquées dans la documentation selon 6.3.3.

[b] Le degré de pollution 2 peut être assuré si les conditions de 4.4.7.1.2 sont satisfaites.

[c] Le degré de pollution 2 ou 3 peut être assuré si l'*enveloppe* procure une protection suffisante contre la pollution conductrice et si les conditions de 4.4.7.1.2 sont satisfaites.

La conformité est vérifiée par l'essai de 5.2.6.

4.10 Protection contre les dangers dus à la pression acoustique

4.10.1 Généralités

Le matériel doit assurer une protection contre les effets de la pression acoustique. Les essais de conformité sont réalisés si le matériel est susceptible d'engendrer ce type de danger.

4.10.2 Pression acoustique et niveau de bruit

Lorsque le matériel génère du bruit à un niveau susceptible d'engendrer un danger, le bruit doit être mesuré pour déterminer le niveau de pression acoustique maximal que peut générer le matériel (sauf les bruits générés par les alarmes qui ne sont pas inclus). Si la pression acoustique mesurée dépasse 70 dBA, la documentation doit fournir des informations sur le niveau de bruit du matériel.

La conformité est vérifiée par examen, mesures et calcul du niveau de pression acoustique maximal conformément à l'ISO 3746 ou à l'ISO 9614-1.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

4.11 Câblage et raccordements

4.11.1 Généralités

Le câblage et les raccordements entre les parties du matériel et à l'intérieur de chaque partie doivent être protégés contre tous les dommages mécaniques pendant l'installation. L'*isolation*, les conducteurs et le cheminement de tous les fils électriques du matériel doivent être adaptés aux conditions d'utilisation électriques, mécaniques, thermiques et environnementales. Les conducteurs pouvant se toucher doivent posséder un niveau d'*isolation* répondant aux exigences de la *CTD* des circuits correspondants.

La conformité à 4.11.2 jusqu'à 4.11.8 doit être vérifiée par examen (voir 5.2.1) de toute la construction et de toutes les fiches techniques, selon le cas.

4.11.2 Cheminement

Le perçage dans la paroi en tôle de l'*enveloppe* du matériel par lequel passent les fils isolés doit posséder un manchon ou œillet lisse et bien arrondi ou doit avoir une surface lisse et bien arrondie là où reposent les câbles, pour réduire tout risque d'abrasion de l'*isolation*.

Le cheminement du câblage doit éviter tous bords aiguisés ou non ébarbés, tous filetages, ailettes, parties mobiles, tiroirs et parties similaires qui pourraient abraser l'*isolation* des fils. Le rayon de courbure minimal spécifié par le fabricant de câble ne doit pas être dépassé.

Les bords des étriers et guides fils, métalliques ou non, utilisés pour le cheminement du câblage interne fixe doivent être lisses et arrondis. L'action de blocage et la surface d'appui doivent être telles que tout frottement ou tout fluage à froid de l'*isolation* soit impossible. Si l'on utilise des étriers en métal pour des conducteurs dont l'*isolation* thermoplastique est inférieure à 0,8 mm d'épaisseur, une protection mécanique non conductrice doit être prévue.

4.11.3 Codage couleur

Les conducteurs isolés, autres que ceux faisant partie d'une nappe ou d'un câble signal multi-fils, identifiés par une couleur verte avec ou sans une ou plusieurs bandes jaunes ne doivent être utilisés que pour les *liaisons équipotentielles de protection*.

NOTE Le choix du vert ou vert/jaune pour les *liaisons équipotentielles de protection* est couvert par des dispositions réglementaires nationales.

4.11.4 Epissures et raccordements

Toutes les épissures et tous les raccordements doivent être assurés mécaniquement et doivent assurer la continuité électrique.

Les connexions électriques doivent être brasées, soudées, serties ou effectuées de façon sûre. Un joint soudé, autre qu'un composant sur une carte de circuit imprimé doit, de plus, être sécurisé mécaniquement.

NOTE Il convient de ne pas braser les câbles multibrin lorsqu'ils sont fixés à une borne qui dépend de la pression de contact ou équivalent.

Lorsqu'un câble interne multibrin est connecté par une vis de serrage, l'arrangement du câble doit être tel que des brins libres ne puissent pas faire contact:

- avec d'autres *parties actives* non isolées et n'ayant pas toujours le même potentiel que le fil;
- avec des parties métalliques hors tension.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Lorsque des connexions sont effectuées au moyen de bornes à vis, les connexions résultantes peuvent nécessiter un entretien périodique (serrage). Une référence appropriée doit être donnée dans le manuel de maintenance (voir 6.5.1).

4.11.5 Connexions accessibles

Outre les mesures données en 4.4.6.4, on doit s'assurer que ni une erreur d'insertion ni une inversion de polarité des connecteurs ne peuvent provoquer une tension sur une connexion accessible supérieure à la *CTD As* maximale. Cela s'applique, par exemple, aux sous-ensembles débrochables ou autres dispositifs débrochables qui peuvent être branchés sans l'aide d'un outil (clé) ou qui sont accessibles sans utiliser d'outil (clé). Cela ne s'applique pas à l'appareillage destiné à être installé dans des *zones d'accès limité*.

S'il y a lieu, la non-interchangeabilité et la protection contre l'inversion de polarité des connecteurs et des prises doivent être confirmées par examen ainsi que par des essais d'insertion.

4.11.6 Interconnexions entre les parties d'un *SECP*

Outre la conformité aux exigences données de 4.11.1 à 4.11.5, les moyens fournis pour l'interconnexion des parties d'un *SECP* doivent satisfaire aux exigences suivantes ou à celles de 4.11.7.

Les assemblages de câbles et les cordons flexibles fournis pour l'interconnexion entre les parties d'un matériel ou entre les parties d'un *système* doivent être adaptés au service ou à l'usage auquel ils sont destinés. Les câbles doivent être protégés des dommages physiques dès qu'ils sortent de l'*enveloppe* et ils doivent être fournis avec des supports d'attache.

Le mauvais alignement des connecteurs mâles et femelles, l'insertion d'un connecteur multipoint mâle dans un connecteur femelle autre que celui destiné à le recevoir et d'autres manipulations de parties qui sont accessibles à l'opérateur ne doivent pas pouvoir provoquer de dommages matériels ou de risques de dangers thermiques, de chocs électriques ou de blessures.

Lorsque des câbles externes d'interconnexion sont terminés par une prise qui se branche sur un réceptacle situé sur une surface externe de l'*enveloppe*, il ne doit pas y avoir de risque de choc électrique au niveau des contacts accessibles, ni sur la prise, ni sur le réceptacle, lors de la déconnexion.

NOTE Un circuit asservi au câble, mettant hors tension les contacts accessibles lorsque le câble est déconnecté satisfait aux intentions de ces exigences.

4.11.7 Raccordement de l'alimentation

Les points de raccordement prévus doivent être disposés de façon appropriée pour interdire toute possibilité de brins de fil libres réduisant l'espacement entre les conducteurs lorsque l'installation est effectuée avec la plus grande attention.

Voir 6.3.6.4 pour l'exigence de marquage et la documentation.

4.11.8 Bornes de connexion

4.11.8.1 Exigences de construction

Toutes les pièces qui maintiennent le contact et véhiculent le courant doivent être d'un métal ayant la solidité mécanique adéquate.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Les connexions des bornes doivent être telles que les conducteurs puissent être connectés au moyen de vis, de connexions à ressort ou d'autres moyens équivalents de façon à maintenir la pression de contact nécessaire.

Les bornes doivent être réalisées de façon telle que les conducteurs puissent être fixés entre les surfaces appropriées sans dommages significatifs tant sur les conducteurs que sur les bornes.

Les bornes ne doivent pas permettre un déplacement des conducteurs ou un déplacement d'elles-mêmes ayant pour effet de nuire au bon fonctionnement du matériel, et l'*isolation* ne doit pas être réduite au-dessous de ses valeurs assignées.

Les exigences de ce paragraphe sont satisfaites par l'utilisation de bornes conformes à la CEI 60947-7-1 ou à la CEI 60947-7-2, selon le cas.

4.11.8.2 Capacité de raccordement

Les bornes doivent pouvoir accueillir les conducteurs spécifiés dans les manuels d'installation et de réparation (voir 6.3.6.4) et les câbles conformément aux règles de câblage applicables à l'*installation*. Les bornes doivent satisfaire aux essais d'échauffement de 5.2.3.10.

Des informations concernant les calibres des câbles admis doivent être données dans le manuel d'installation.

Les valeurs normales de section des conducteurs en cuivre ronds sont indiquées à l'Annexe G, qui donne également la relation approximative entre les dimensions ISO métriques et les calibres AWG/MCM.

4.11.8.3 Connexion

Les bornes de raccordement des conducteurs externes doivent être facilement accessibles pendant l'installation.

Les ensembles de bornes de raccordement à la même entrée ou sortie doivent être regroupés et doivent être situés à proximité les uns des autres et de la *borne* principale *de terre de protection*, si elle existe. Si les instructions d'installation fournissent des informations détaillées sur la mise à la terre correcte du *système*, la borne *de terre de protection* n'a pas besoin d'être placée à proximité des bornes.

Les vis et écrous de serrage ne doivent pas servir à fixer d'autres composants, bien qu'ils puissent maintenir les bornes en place ou empêcher leur rotation.

4.11.8.4 Espace de courbure des câbles de 10 mm^2 et plus

La distance entre une borne de raccordement au réseau d'alimentation ou entre les parties principales du *SECP* (par exemple, transformateur) et l'obstacle vers lequel est dirigé le fil partant de la borne doit être au moins celle spécifiée dans le Tableau 19.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Tableau 19 – Espace de courbure des fils des bornes à l'*enveloppe*

Section du fil mm^2	Espace de courbure minimal, borne à *enveloppe* mm		
	Nombre de fils par borne		
	1	2	3
10 à 16	40	-	-
25	50	-	-
35	65	-	-
50	125	125	180
70	150	150	190
95	180	180	205
120	205	205	230
150	255	255	280
185	305	305	330
240	305	305	380
300	355	405	455
350	355	405	510
400	455	485	560
450	455	485	610

4.12 *Enveloppes*

4.12.1 Généralités

Les exigences suivantes complètent les exigences relatives aux *enveloppes* données dans d'autres sections concernant des dangers particuliers, par exemple, le danger de chocs électriques en 4.4 et le danger d'incendie en 4.6.

Les *enveloppes* doivent être adaptées à une utilisation dans leurs environnements prévus. Le fabricant doit spécifier l'environnement prévu (voir 6.3.3) et le degré IP de l'*enveloppe* (voir 5.2.2.3 pour les essais).

Les matériels doivent avoir une résistance mécanique appropriée et doivent être construits de façon à éviter tout danger lorsqu'ils sont manipulés dans des conditions attendues.

Les essais de résistance mécanique ne sont pas exigés sur une barrière interne, un écran interne ou un dispositif analogue, prévu pour satisfaire aux exigences de 4.6.3, si l'*enveloppe* assure la protection mécanique.

Une *enveloppe* doit être suffisamment complète pour contenir ou détourner des parties qui, à cause d'une défaillance ou pour toute autre raison, pourraient se relâcher, se séparer ou être projetées à partir d'une partie mobile.

La conformité doit être vérifiée par les essais applicables de 5.2.2.4 à 5.2.2.7 comme spécifié. Si l'*enveloppe* satisfait à l'exigence d'épaisseur applicable de 4.12.3 ou 4.12.4, l'essai en 5.2.2.4.2 et 5.2.2.4.3 peut être ignoré.

Pour le matériel de *type ouvert,* les essais de 5.2.2.4 à 5.2.2.7 ne sont pas exigés.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

4.12.2 Poignées et organes de commande manuels

Les poignées, les boutons, les manettes, les leviers et les organes analogues doivent être fixés de façon sûre de sorte qu'ils ne se desserrent pas en usage normal si cela peut créer un danger. Les matières de remplissage et les matières analogues autres que les résines durcissant à l'air ne doivent pas être utilisées pour éviter le desserrage. Si les poignées, les boutons et les organes analogues sont utilisés pour indiquer la position des interrupteurs ou de composants analogues, ils ne doivent pas pouvoir être montés dans une position incorrecte si cela peut créer un danger.

La conformité doit être vérifiée par examen, et le cas échéant par les essais de 5.2.2.7.

4.12.3 Métaux coulés

L'épaisseur des métaux coulés sous pression, sauf dans le cas des trous taraudés pour conduit qui requiert une épaisseur minimale de 6,4 mm, doit:

- ne pas être inférieure à 2,0 mm pour une surface supérieure à 155 cm^2 ou dont l'une des dimensions est supérieure à 150 mm;
- ne pas être inférieure à 1,2 mm pour une surface inférieure ou égale à 155 cm^2 et dont aucune dimension n'est supérieure à 150 mm.

La surface soumise à évaluation peut être délimitée par des nervures de renforcement qui subdivisent une plus grande surface.

L'épaisseur de la fonte malléable ou de l'aluminium, du laiton, du bronze ou du zinc coulés en coquille, sauf dans le cas des trous taraudés pour conduit qui requiert une épaisseur minimale de 6,4 mm, doit être:

- d'au moins 2,4 mm pour une surface supérieure à 155 cm^2 ou dont l'une des dimensions est supérieure à 150 mm;
- d'au moins 1,5 mm pour une surface inférieure ou égale à 155 cm^2 et dont aucune dimension n'est supérieure à 150 mm.

L'épaisseur minimale d'une *enveloppe* en métal coulé dans du sable doit être de 3,0 mm, sauf à l'emplacement des trous taraudés pour conduit, qui requiert une épaisseur minimale de 6,4 mm.

4.12.4 Tôle

L'épaisseur d'une *enveloppe* en tôle aux points où le *système* de câblage doit être raccordé ne doit pas être inférieure à 0,8 mm pour de l'acier nu, à 0,9 mm pour de l'acier zingué et à 1,2 mm pour des métaux non ferreux.

L'épaisseur de l'*enveloppe* en des points autres que ceux où doit être raccordé le *système* de câblage ne doit pas être inférieure à celle spécifiée dans le Tableau 20 ou dans le Tableau 21.

En ce qui concerne le Tableau 20 ou le Tableau 21, un châssis support est une structure de tôle à profil angulaire, en U ou replié, fixée et ayant les mêmes encombrements extérieurs que la surface de l'*enveloppe* ainsi que la rigidité en torsion suffisante pour résister aux moments de flexion exercés par la surface de l'*enveloppe*, lorsqu'elle est soumise à une flexion. Une structure dont la rigidité est celle d'une structure pourvue d'un châssis comportant des angles ou des profilés en U dispose d'un renfort équivalent.

Les constructions ne comportant pas de châssis sont les suivantes:

- les tôles à brides et bords profilés uniques;
- les tôles ondulées ou nervurées;

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

- les surfaces d'*enveloppes* non fermement fixées à un châssis, par exemple à l'aide d'attaches à ressort; et
- les surfaces d'*enveloppes* dont l'un des bords ne repose pas sur le châssis.

Voir la Figure 8 pour les surfaces d'*enveloppe* avec et sans châssis support.

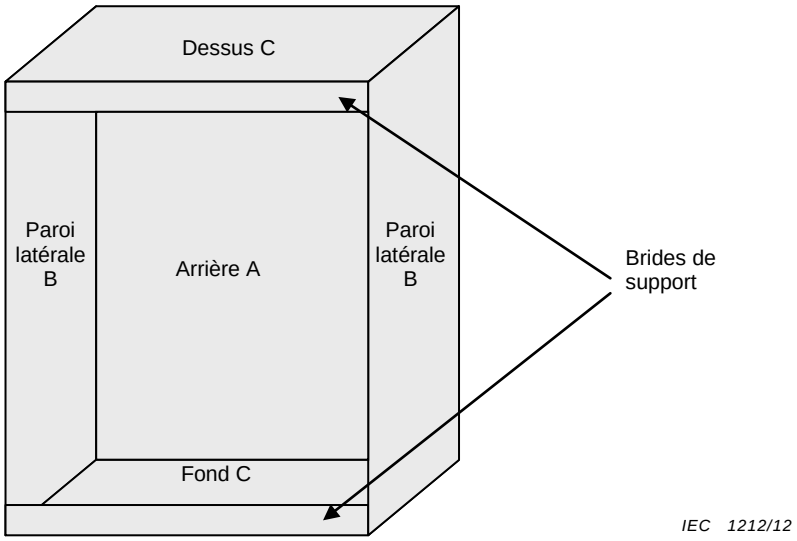


Figure 8 – Parties d'*enveloppe* avec et sans châssis support

Chaque surface d'*enveloppe* est évaluée individuellement sur la base des dimensions de longueur et de largeur. Pour chaque ensemble de dimensions de surface, A, B ou C, la largeur représente la plus petite dimension indépendamment de son orientation par rapport aux autres surfaces. Le Tableau 20 et le Tableau 21 comprennent deux ensembles de dimensions qui correspondent à une seule exigence d'épaisseur de métal. La description suivante concerne la procédure applicable permettant de déterminer l'épaisseur minimale de métal pour chaque surface.

Pour une surface avec châssis support, toutes les dimensions du tableau, y compris les longueurs "non limitées", peuvent s'appliquer. La surface arrière "A", les surfaces de dessus et de fond "C", comportent un châssis support constitué soit par les surfaces adjacentes de l'*enveloppe* ou par une bride de 12,7 mm (1/2 inch) de large. Afin de déterminer l'épaisseur de métal requise pour les surfaces avec châssis support, la largeur doit être mesurée et comparée à la valeur du tableau dans la colonne "largeur maximale" qui est égale ou supérieure à la largeur mesurée. Lorsque la longueur correspondante dans la colonne "longueur maximale" est "Non limitée", l'épaisseur minimale indiquée dans la colonne la plus à droite doit être utilisée. Lorsque la longueur correspondante dans la colonne "longueur maximale" est une valeur numérique et que la longueur mesurée de la paroi latérale ne dépasse pas cette valeur, l'épaisseur minimale indiquée dans la colonne la plus à droite doit être utilisée. Lorsque la longueur mesurée de la paroi latérale dépasse la valeur numérique, la ligne suivante dans le Tableau 20 et le Tableau 21 doit être utilisée.

Pour une surface sans châssis support, seules les dimensions du tableau qui comportent une exigence de longueur particulière sont appliquées. Les dimensions données dans une longueur "non limitée" ne s'appliquent pas. Les bords avant des surfaces de gauche et de droite "B", ne comportent pas de châssis support constitué par une surface adjacente ou par une bride. Afin de déterminer l'épaisseur de métal requise pour les surfaces sans châssis support, la longueur doit être mesurée et comparée à la valeur du tableau dans la colonne "longueur maximale" qui n'est pas inférieure à la longueur mesurée, sans tenir compte des entrées "non limitée". Lorsque la largeur correspondante dans la colonne "largeur maximale" n'est pas inférieure à la

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

largeur mesurée, l'épaisseur minimale indiquée dans la colonne la plus à droite doit être utilisée. Lorsque la largeur mesurée de la surface dépasse la valeur dans la colonne "largeur maximale", la ligne suivante dans le Tableau 20 et le Tableau 21 doit être utilisée.

Tableau 20 – Epaisseur des tôles d'*enveloppes*: acier au carbone ou acier inoxydable

Sans châssis support [a]		**Avec châssis support** [a]		**Epaisseur minimale**
Largeur maximale mm [b]	**Longueur maximale** mm [c]	**Largeur maximale** mm [c]	**Longueur maximale** mm [c]	mm
100	Non limitée	160	Non limitée	0,6 [d]
120	150	170	210	
150	Non limitée	240	Non limitée	0,75 [d]
180	220	250	320	
200	Non limitée	310	Non limitée	0,9
230	290	330	410	
320	Non limitée	500	Non limitée	1,2
350	460	530	640	
460	Non limitée	690	Non limitée	1,4
510	640	740	910	
560	Non limitée	840	Non limitée	1,5
640	790	890	1 090	
640	Non limitée	990	Non limitée	1,8
740	910	1 040	1 300	
840	Non limitée	1 300	Non limitée	2,0
970	1 200	1 370	1 680	
1 070	Non limitée	1 630	Non limitée	2,5
1 200	1 500	1 730	2 130	
1 320	Non limitée	2 030	Non limitée	2,8
1 520	1 880	2 130	2 620	
1 600	Non limitée	2 460	Non limitée	3,0
1 850	2 290	2 620	3 230	

[a] Voir 4.12.4

[b] La largeur représente la plus petite cote d'une pièce rectangulaire en tôle faisant partie d'une *enveloppe*. Les surfaces voisines d'une *enveloppe* peuvent avoir des supports communs et n'être faites que d'une seule feuille de tôle.

[c] "Non limitée" ne s'applique que si la surface possède un bord tombé d'au moins 12,7 mm ou lorsqu'elle est fixée aux surfaces voisines qui ne sont normalement pas démontées en cours d'utilisation.

[d] Il convient que l'épaisseur de la tôle d'une *enveloppe* destinée à un usage en extérieur ne soit pas inférieure à 0,86 mm.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Tableau 21 – Epaisseur des tôles d'*enveloppes*: aluminium, cuivre ou laiton

Sans châssis support [a]		Avec châssis support [a]		Epaisseur minimale
Largeur maximale mm [b]	**Longueur maximale** mm [c]	**Largeur maximale** mm [b]	**Longueur maximale** mm [c]	mm
75 90	Non limitée 100	180 220	Non limitée 240	0,6 [d]
100 125	Non limitée 150	250 270	Non limitée 340	0,75
150 165	Non limitée 200	360 380	Non limitée 460	0,9
200 240	Non limitée 300	480 530	Non limitée 640	1,2
300 350	Non limitée 400	710 760	Non limitée 950	1,5
450 510	Non limitée 640	1 100 1 150	Non limitée 1 400	2,0
640 740	Non limitée 1 000	1 500 1 600	Non limitée 2 000	2,4
940 1 100	Non limitée 1 350	2 200 2 400	Non limitée 2 900	3,0
1 300 1 500	Non limitée 1 900	3 100 3 300	Non limitée 4 100	3,9

[a] Voir 4.12.4

[b] La largeur représente la plus petite cote d'une pièce rectangulaire en tôle faisant partie d'une *enveloppe*. Les surfaces voisines d'une *enveloppe* peuvent avoir des supports communs et n'être faites que d'une seule feuille de tôle.

[c] "Non limité" ne s'applique que si la surface possède un bord tombé d'au moins 12,7 mm ou lorsqu'elle est fixée aux surfaces voisines qui ne sont normalement pas démontées en cours d'utilisation.

[d] Il convient que l'épaisseur des parois en aluminium, cuivre ou laiton d'une *enveloppe* destinée à un usage en extérieur ne soit pas inférieure à 0,74 mm.

4.12.5 Essai de stabilité pour *enveloppe*

Dans les conditions d'utilisation normale, les unités et matériels ne doivent pas devenir mécaniquement instables au point de risquer de présenter un danger pour un opérateur ou le personnel de maintenance.

Lorsque des unités sont prévues pour être attachées l'une à l'autre sur le site et non pour être utilisées individuellement, la stabilité des unités individuelles est exemptée des exigences de 4.12.5.

Les exigences de 4.12.5 ne s'appliquent pas lorsque les instructions d'installation d'une unité spécifient que le matériel doit être fixé à la structure du bâtiment avant la mise en fonctionnement.

Lorsque des moyens de stabilisation sont nécessaires dans des conditions d'utilisation par l'opérateur, ils doivent automatiquement fonctionner lors de l'ouverture des portes, des tiroirs, etc.

Pendant les interventions du personnel de maintenance, les moyens de stabilisation, s'ils sont nécessaires, doivent fonctionner automatiquement, ou alors un marquage doit être fourni pour indiquer au personnel de maintenance de déployer ces moyens de stabilisation.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

La conformité est vérifiée par l'essai de 5.2.2.5

5 Exigences d'essai

5.1 Généralités

5.1.1 Objectifs et classification des essais

Les essais, tels que définis dans le présent Article 5, sont nécessaires pour démontrer que le *SECP* est entièrement conforme aux exigences de la présente norme. Les essais peuvent être évités si le paragraphe approprié de l'Article 4 relatif aux exigences l'autorise.

Les paragraphes du présent Article 5 décrivent les procédures à adopter pour les essais propres au *SECP*. Les essais sont classés comme suit:

- essais de type;
- essais individuels de série;
- essais sur prélèvement.

Le fabricant et/ou le laboratoire d'essai doivent s'assurer que les valeurs d'environnement (ou d'essai) maximales et/ou minimales spécifiées sont imposées, en ayant déjà pris totalement en compte les tolérances et les incertitudes de mesure.

AVERTISSEMENT ! Ces essais peuvent créer des situations dangereuses. Les précautions nécessaires doivent être prises pour éviter toute blessure.

5.1.2 Sélection des échantillons pour les essais

Lors des essais d'une gamme ou d'une série de produits similaires, il n'est pas forcément nécessaire de soumettre à essai tous les modèles de la gamme. Il convient d'effectuer chaque essai sur un ou plusieurs modèles possédant des caractéristiques mécaniques et électriques qui représentent de façon adéquate toute la gamme pour cet essai particulier.

NOTE Par exemple, les essais réalisés sur des *enveloppes* constituées du même matériau mais ayant différentes tailles peuvent être représentés par une seule *enveloppe*, mais les essais réalisés sur des composants de puissance n'ayant pas les mêmes caractéristiques assignées ne peuvent souvent pas être représentés par des essais sur un modèle particulier.

5.1.3 Séquence d'essais

En général, il n'y a aucune exigence pour que les essais soient effectués dans un ordre donné et il n'est pas non plus nécessaire qu'ils soient tous réalisés sur le même échantillon de matériel. Toutefois, les critères de réussite de certains essais requièrent qu'ils soient suivis par un ou plusieurs essais supplémentaires.

5.1.4 Conditions de mise à la terre

Les exigences d'essai doivent être déterminées en utilisant le *système* de mise à la terre le plus défavorable (avec le maximum de contraintes) autorisé par le fabricant. Ces *systèmes* peuvent inclure:

- neutre à la terre;
- phase à la terre;
- neutre à la terre par une forte impédance;
- isolé (non mis à la terre).

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

5.1.5 Conditions générales d'essai

5.1.5.1 Application des essais

Sauf indication contraire, il n'est pas nécessaire que le matériel soit en état de fonctionner à l'issue des essais.

5.1.5.2 Echantillons d'essai

Sauf indication contraire, l'échantillon ou les échantillons à l'essai doivent être représentatifs du matériel que l'utilisateur recevrait ou doivent être le véritable matériel prêt à être expédié à l'utilisateur.

Comme variante à l'exécution des essais sur le matériel complet, des essais peuvent être effectués séparément sur des circuits, des composants ou des sous-ensembles à l'extérieur du matériel, à condition qu'un examen du matériel et des dispositions des circuits montre que le résultat de tels essais sera représentatif des résultats de l'essai du matériel assemblé. Si l'un quelconque de ces essais montre qu'il y a un risque de non-conformité dans le matériel complet, l'essai doit être répété dans le matériel.

Lorsque dans la présente norme la conformité des matériaux, des composants ou des sous-ensembles est vérifiée par examen ou par essai des propriétés, il est permis de confirmer la conformité par l'examen de toute donnée applicable ou des résultats de l'essai précédent qui seraient disponibles, au lieu d'effectuer les *essais de type* spécifiés. Voir également 4.1.

5.1.5.3 Paramètres de fonctionnement pour les essais

À moins que des conditions particulières d'essai ne soient indiquées ailleurs dans la présente norme, et lorsqu'il est clair que cela a un impact significatif sur les résultats de l'essai, les essais doivent être effectués suivant la combinaison la plus défavorable des paramètres suivants, dans les limites des spécifications de fonctionnement du fabricant:

- tension d'alimentation;
- fréquence d'alimentation;
- température de fonctionnement en tenant compte des caractéristiques de déclassement et de contrôle du refroidissement;
- emplacement physique du matériel et position des parties mobiles;
- mode de fonctionnement;
- conditions de charge;
- réglage des thermostats, des dispositifs de régulation ou des dispositifs de commande similaires situés dans *zone d'accès limité*, et qui sont:
  - réglables sans l'aide d'un outil (clé); ou
  - réglables par un moyen tel qu'une clé ou un outil, délibérément fourni à l'opérateur.

NOTE En déterminant la fréquence la plus défavorable pour l'alimentation d'un matériel à l'essai, il convient de prendre en compte différentes fréquences assignées à l'intérieur de la plage assignée de fréquences (par exemple 50 Hz et 60 Hz) mais il n'est pas, normalement, nécessaire de prendre en considération la tolérance sur une fréquence assignée (par exemple 50 Hz ± 0,5 Hz).

5.1.6 Conformité

La conformité avec la présente norme doit être vérifiée en effectuant les essais appropriés spécifiés dans le présent Article 5.

La conformité ne peut être affirmée que lorsque tous les essais appropriés donnent des résultats satisfaisants.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

La conformité aux exigences de construction et aux informations devant être fournies par le fabricant doit être vérifiée par un examen, une inspection visuelle et/ou des mesures appropriées.

Dès que des modifications de conception ou de composant ont un impact potentiel sur la conformité, de nouveaux *essais de type* doivent être effectués pour confirmer la conformité. Il convient que le produit modifié soit identifié, par exemple en utilisant un code de date ou un numéro de série adapté comme décrit en 6.2.

5.1.7 Vue d'ensemble des essais

Le Tableau 22 donne une vue d'ensemble des *essais de type*, des *essais individuels de série* et des *essais sur prélèvement* des composants/dispositifs électroniques et des *SECP*.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Tableau 22 – Vue d'ensemble des essais

Essai	*De type*	*Individuel de série*	*Sur prélèvement*	Exigence(s)	Spécification
Inspection visuelle	X	X	X		5.2.1
Essais mécaniques					5.2.2
Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite	X			4.4.7.1, 4.4.7.5	5.2.2.1
Non-accessibilité	X			4.4.3.3, 4.5.1.1, 4.6.3.3.2	5.2.2.2
Essai d'intégrité de l'enveloppe (Classification IP)	X			4.12.1	5.2.2.3
Intégrité de l'*enveloppe*	X			4.12.1	5.2.2.4
Flexion	X			4.12.1	5.2.2.4.2
Force constante, 30 N	X			4.12.1	5.2.2.4.2.2
Force constante, 250 N	X			4.12.1	5.2.2.4.2.3
Choc	X			4.12.1	5.2.2.4.3
Essai de chute	X			4.12.1	5.2.2.4.4
Relâchement des contraintes	X			4.12.1	5.2.2.4.5
Stabilité	X			4.12.1,	5.2.2.5
Matériels fixés au mur ou au plafond	X			4.12.1	5.2.2.6
Fixation des poignées et organes de contrôle	X			4.12.1	5.2.2.7
Essais électriques				4.4.7.10	5.2.3
Tension de choc	X		X	4.4.3.2, 4.4.5.4, 4.4.7.1, 4.4.7.10.1, 4.4.7.10.2, 4.4.7.8.3	5.2.3.2
Tension alternative ou continue	X	X		4.4.3.2, 4.4.5.4, 4.4.7.1, 4.4.7.10.1, 4.4.7.10.2, 4.4.7.8.4.2	5.2.3.4
Décharge partielle	X		X	4.4.7.1, 4.4.7.10.2, 4.4.7.8.3	5.2.3.5
Impédance de protection	X	X		4.4.5.4	5.2.3.6
Mesure du c*ourant de contact*	X			4.4.4.3.3	5.2.3.7
Décharge de condensateurs	X			4.4.9	5.2.3.8
Essai de source de puissance limitée	X			4.5.1.2; 4.6.5	5.2.3.9
Échauffement	X			4.6.4	5.2.3.10
Liaison équipotentielle de protection	X	X		4.4.4.2.2	5.2.3.11
Essais de fonctionnement anormal				4.2	5.2.4
Essai de court-circuit en sortie	X			4.3	5.2.4.4
Essai de surcharge en sortie	X			4.3	5.2.4.5
Défaillance des composants	X			4.2	5.2.4.6
Court-circuit des cartes de circuit imprimé	X			4.4.7.7	5.2.4.7
Perte de phase	X			4.2	5.2.4.8
Essais de défaillance du système de refroidissement	X			4.2; 4.7.2.3.6	5.2.4.9
Ventilateur inopérant	X			4.2	5.2.4.9.2
Filtre colmaté	X			4.2	5.2.4.9.3
Perte du liquide de refroidissement	X			4.7.2.3.6	5.2.4.9.4

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Tableau 22 *(suite)*

Essai	*De type*	*Individuel de série*	*Sur prélèvement*	Exigence(s)	Spécification
Essais de matériaux					5.2.5
Allumage d'un arc à forte intensité	X			4.4.7.8.2	5.2.5.2
Fil incandescent	X			4.4.7.8.2	5.2.5.3
Allumage avec fil chaud	X			4.4.7.8.2	5.2.5.4
Inflammabilité	X			4.6.3	5.2.5.5
Essai à l'huile chaude enflammée	X			4.6.3.3.3	5.2.5.6
Essai des joints scellés	X			4.4.7.9	5.2.5.7
Essais environnementaux	X			4.9	5.2.6
Chaleur sèche	X			4.9	5.2.6.3.1
Chaleur humide	X			4.9	5.2.6.3.2
Essai de vibration	X			4.9	5.2.6.4
Essai au brouillard salin	X			4.9	5.2.6.5
Essai aux poussières et sable	X			4.9	5.2.6.6
Essai de pression hydrostatique	X	X		4.7.2.3.3	5.2.7

5.2 Spécifications des essais

5.2.1 Inspections visuelles (*essai de type*, *essai sur prélèvement* et *essai individuel de série*)

Des inspections visuelles doivent être effectuées:

- comme *essais individuels de série*, pour vérifier les fonctionnalités telles que l'adéquation de l'étiquetage, des avertissements et d'autres aspects relatifs à la sécurité;
- comme critères d'acceptation des *essais de type* individuels, *des essais sur prélèvement* ou *des essais individuels de série*, pour vérifier que les exigences de cette norme ont été satisfaites.

Les inspections individuelles de série peuvent faire partie du processus de production ou d'assemblage.

Avant les *essais de type*, il doit être vérifié que le *SECP* fourni pour l'essai est tel que prévu eu égard à la tension d'alimentation, aux gammes d'entrée et de sortie, etc.

5.2.2 Essais mécaniques

5.2.2.1 Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite (*essai de type*)

La conformité des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite avec 4.4.7.4 et 4.4.7.5. doit être vérifiée par mesures ou inspection visuelle. Voir l'Annexe D pour des exemples de mesures. Lorsque cette vérification est impossible à effectuer, un essai de tension de choc (voir 5.2.3.2) doit être réalisé entre les circuits concernés.

5.2.2.2 Essai de non-accessibilité (*essai de type*)

Cet essai est destiné à montrer que les *parties actives* protégées par des *enveloppes* et autres barrières conformes à 4.4.3.3 ne sont pas accessibles.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Cet essai doit être effectué comme un *essai de type* de l'*enveloppe* d'un *SECP*, tel que spécifié dans la CEI 60529 pour la classification de l'*enveloppe* dans le cadre d'une protection contre l'accès aux parties dangereuses. Exception:

- le doigt d'épreuve pour le degré de protection IP3X (Ø 2,5 mm) ne doit pas pénétrer la surface supérieure de l'*enveloppe* lorsque sa pénétration par rapport à l'axe vertical est de ±5 ° uniquement.

Les doigts d'essai sont reproduits à l'Annexe M pour des raisons pratiques.

5.2.2.3 Essai d'intégrité de l'*enveloppe* (classification IP) (*essai de type*)

La classification IP assignée de l'*enveloppe* doit être vérifiée. Cet essai doit être effectué comme un *essai de type* de l'*enveloppe* d'un *SECP* tel que spécifié dans la CEI 60529 pour la classification de l'*enveloppe*.

5.2.2.4 Essai d'intégrité de l'*enveloppe* (essai de type)

5.2.2.4.1 Généralités

Les essais d'intégrité s'appliquent aux *SECP* ainsi qu'aux *SECP* destinés à fonctionner sans *enveloppe* supplémentaire dans des *zones d'accès limité*. À l'issue de l'essai d'intégrité, le *SECP* doit satisfaire aux essais de 5.2.3.2 et 5.2.3.4 et doit être examiné pour confirmer:

- l'absence de dégradation de tout composant lié à la sécurité du *SECP;*
- que les *parties actives dangereuses* ne sont pas devenues accessibles (voir 4.4.3.3);
- que les *enveloppes* ne présentent pas de fissures ou d'ouvertures susceptibles d'entraîner un danger;
- que les distances d'isolement dans l'air ne sont pas inférieures aux valeurs minimales autorisées et que les autres *isolations* sont intactes;
- que les barrières ne sont pas endommagées ou desserrées;
- qu'aucune partie mobile susceptible d'entraîner un danger n'est exposée.

Les essais d'intégrité doivent être effectués sur le point le plus défavorable du ou des côtés accessibles représentatifs de l'*enveloppe*.

Il n'est pas nécessaire que le *SECP* soit opérationnel après les essais et l'*enveloppe* peut être tellement déformée que sa classification IP originale ne sera pas maintenue.

5.2.2.4.2 Essai de déformation (*essai de type*)

5.2.2.4.2.1 Généralités

Si cela est requis par 4.12.1, l'essai de 5.2.2.4.2.2 et de 5.2.2.4.2.3 s'applique, pour l'*enveloppe* métallique, selon le cas.

L'*enveloppe* doit être solidement maintenue contre un support rigide.

Les essais ne sont pas effectués sur les poignées, leviers, boutons ni sur les couvercles transparents ou translucides des dispositifs indicateurs ou des dispositifs de mesure, à moins que des parties sous tension dangereuses ne soient accessibles au moyen du doigt d'essai de la Figure 2, doigt d'essai B de la CEI 61032:1997, si la poignée, le levier, le bouton ou le couvercle est enlevé.

Pendant les essais de 5.2.2.4.2.2 et de 5.2.2.4.2.3, les *enveloppes* conductrices, mises à la terre ou non, ne doivent pas réduire les distances d'isolement dans l'air et les lignes de fuite requises pour l'*isolation principale* ou résister à l'essai de tension de choc approprié de 5.2.3.2.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

5.2.2.4.2.2 Essai de force constante, 30 N

Les parties d'une *enveloppe* située dans une *zone d'accès limité*, qui sont protégées par un couvercle ou une porte satisfaisant aux exigences de 5.2.2.4.2.3, sont soumises pendant une durée de 5 s à une force constante de 30 N ± 3 N, appliquée au moyen d'une version droite et sans articulation du doigt d'essai de la Figure 2, doigt d'essai B de la CEI 61032:1997, à la partie sur ou dans le matériel.

5.2.2.4.2.3 Essai de force constante, 250 N

Les *enveloppes* externes sont soumises pendant une durée de 5 s à une force constante de 250 N ± 10 N appliquée tour à tour sur le dessus, le fond et les côtés de l'*enveloppe* fixée au matériel, au moyen d'un outil d'essai convenable assurant un contact sur une surface plane circulaire de 30 mm de diamètre. Cependant, cet essai n'est pas applicable au fond d'une *enveloppe* des matériels de masse supérieure à 18 kg ou aux surfaces qui sont montées sur un mur.

Pour les surfaces qui ne sont ni horizontales ni verticales, l'essai doit être réalisé en inclinant de manière appropriée le matériel de sorte que la surface soit horizontale ou verticale.

5.2.2.4.3 Essai de choc (*essai de type*)

Les surfaces extérieures polymères des *enveloppes* dont la défaillance risquerait de donner accès à des parties dangereuses, sont soumises à essai comme suit.

Un échantillon, constitué de l'*enveloppe* complète ou d'une partie de celle-ci représentant la plus grande surface non renforcée, est fixé dans sa position normale. Une sphère massive d'acier poli, d'environ 50 mm de diamètre et d'une masse de 500 g ± 25 g, tombe librement sur l'échantillon d'une hauteur (H) de 1,3 m (voir Figure 9) en partant du repos. Les surfaces verticales sont exemptées de cet essai.

De plus, la sphère d'acier est suspendue par une corde et balancée comme un pendule tombant d'une distance verticale (H) de 1,3 m dans le but d'appliquer un choc horizontal (voir Figure 9). Les surfaces horizontales sont exemptées de cet essai. En variante, l'échantillon est tourné de 90° autour de chacun de ses axes horizontaux et la sphère est lâchée comme dans l'essai du choc vertical.

L'essai n'est pas appliqué aux moniteurs à écran plat ou à la glace d'un matériel.

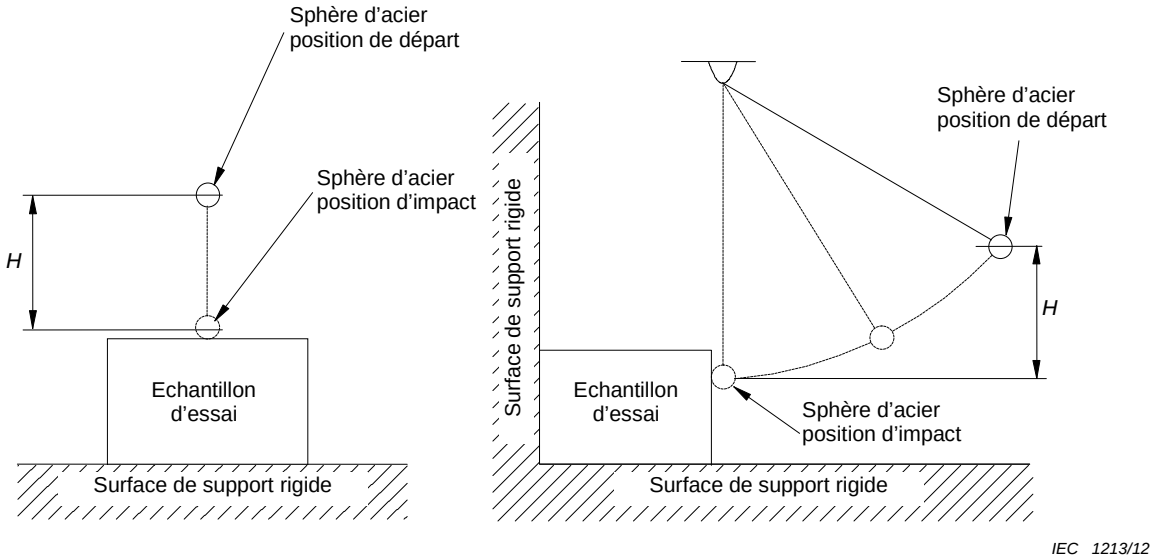


Figure 9 – Essai de choc utilisant la sphère d'acier

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

5.2.2.4.4 Essai de chute

Le matériel enfichable, portatif et transportable d'une masse ne dépassant pas 18 kg est soumis à l'essai suivant.

Un échantillon du matériel complet est soumis à trois impacts provoqués par leur chute sur une surface horizontale rigide dans les positions susceptibles d'entraîner les résultats les plus défavorables.

La hauteur de chute doit être de 1 000 mm.

5.2.2.4.5 Relâchement des contraintes

Les *enveloppes* réalisées en matières plastiques thermomoulées ou thermoformées doivent être construites de façon que toute contraction ou déformation du matériau due au relâchement des contraintes internes entraînées par les opérations de moulage ou de formage ne risque pas de provoquer l'exposition de parties dangereuses ou de réduire les lignes de fuite ou les distances d'isolement dans l'air en dessous des valeurs minimales requises.

La conformité doit être vérifiée par l'essai décrit ci-dessous ou, le cas échéant, par examen de la construction et des données disponibles.

Un échantillon constitué du matériel complet, ou de l'*enveloppe* complète avec toutes les structures de support, est placé dans une étuve à circulation d'air (conformément à la CEI 60216-4-1) et porté pendant 7 h à une température supérieure de 10 K à la température maximale observée sur l'*enveloppe* pendant l'essai de 5.2.3.10, mais en aucun cas inférieure à 70 °C, puis on le laisse refroidir jusqu'à la température ambiante.

Avec l'accord du fabricant, il est permis d'augmenter la durée d'essai ci-dessus. Pour les matériels dont l'encombrement rend impossible l'essai de l'*enveloppe* complète, il est permis d'utiliser la partie de l'*enveloppe* représentative de l'assemblage complet quant à l'épaisseur, à la forme et à la présence éventuelle de pièces mécaniques de support.

5.2.2.5 Essai de stabilité

Afin de démontrer la stabilité du matériel, les essais suivants doivent être réalisés, le cas échéant. Chaque essai est effectué individuellement. Pendant les essais, les récipients doivent contenir la quantité de liquide, dans la limite de leur capacité assignée, produisant les conditions les plus défavorables. Toutes les roulettes et tous les vérins, s'ils sont utilisés lors du fonctionnement normal, sont mis dans leur position la plus défavorable, avec les roues et les organes analogues fermés ou bloqués. Cependant, si les roulettes sont destinées uniquement au transport de l'unité et s'il est exigé dans les instructions d'installation que les vérins doivent être baissés après l'installation, alors les vérins (et pas les roulettes) sont utilisés dans cet essai; les vérins sont mis dans leur position la plus défavorable, compatible avec une mise à niveau raisonnable de l'unité.

Une unité d'une masse supérieure ou égale à 7 kg ne doit pas se renverser lorsqu'elle est inclinée de 10° par rapport à sa position verticale normale. Les portes, tiroirs, etc., sont fermés pendant cet essai. Une unité dont les caractéristiques permettent des positions multiples doit être soumise à l'essai dans la position la plus défavorable permise par la construction.

Une unité reposant sur le sol, d'une masse au moins égale à 25 kg, ne doit pas se renverser lorsqu'une force égale à 20 % de son poids, mais ne dépassant pas 250 N, est appliquée dans n'importe quelle direction, sauf vers le haut, à la hauteur ne dépassant pas 2 m au-dessus du sol. Les portes, les tiroirs, etc., qui peuvent être déplacés pour la maintenance par l'opérateur ou par le personnel de maintenance, sont placés dans la position la plus défavorable, compatible avec les instructions d'installation.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Une unité reposant sur le sol ne doit pas se renverser lorsqu'une force constante de 800 N, dirigée vers le bas, est appliquée au point de moment maximal, sur n'importe quelle surface horizontale d'au moins 12,5 cm par 20 cm, située à une hauteur jusqu'à 1 m au-dessus du sol. Les portes, tiroirs, etc. sont fermés pendant cet essai. La force de 800 N est appliquée avec un outil d'essai approprié ayant une surface plane d'environ 12,5 cm par 20 cm. La force dirigée vers le bas est appliquée avec la totalité de la surface plane de l'outil d'essai et en contact avec le matériel à l'essai; il n'est pas nécessaire que l'outil d'essai soit entièrement en contact avec des surfaces irrégulières (par exemple des surfaces ondulées ou courbes).

5.2.2.6 Matériels fixés au mur ou au plafond

Le matériel est fixé conformément aux instructions du fabricant. En plus du poids du matériel, une force supplémentaire est appliquée vers le bas pendant 1 min à travers le centre de gravité du matériel. La force supplémentaire doit être égale à trois fois le poids du matériel mais pas moins de 50 N. Pendant l'essai, le matériel et ses moyens de fixation associés ne doivent pas se dissocier.

5.2.2.7 Fixation des poignées et organes de contrôle manuels

Les poignées et organes de contrôle manuels doivent être vérifiés par un essai à la main et en essayant d'enlever la poignée, le bouton, la manette ou le levier par application pendant 1 min d'une force axiale comme indiqué dans le Tableau 23.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Tableau 23 – Valeurs de l'effort de traction pour la fixation des poignées et organes de contrôle manuels

	Effort de traction axial improbable N			Effort de traction axial probable N		
Destiné à être actionné par	Doigts	1 main	2 mains	Doigts	1 main	2 mains
Organes de manœuvre des composants [a]	15	100	200	30	150	300
Autre	20	150	300	50	200	450
[a] Les poignées, boutons, leviers et organes analogues destinés à manœuvrer des composants, tels qu'organes de commandes de valve, leviers de manœuvre électrique, etc.						

Dans le cadre des essais ci-dessus, les poignées, boutons, manettes, leviers et organes analogues doivent rester fixés au matériel comme prévu.

5.2.3 Essais électriques

5.2.3.1 Généralités

Les essais électriques décrits de 5.2.3.2 à 5.2.3.5 s'appliquent aux *isolations principale, supplémentaire* et *renforcée*. Avant de réaliser ces essais, il est nécessaire de procéder au conditionnement préalable selon 5.2.6.3.1 et 5.2.6.3.2.

Lors de la réalisation des essais électriques et de conditionnement préalable, la procédure privilégiée consiste à soumettre à essai le matériel dans sa totalité, cependant il est acceptable de soumettre à essai les composants ou sous-ensembles assurant l'*isolation principale* et *l'isolation renforcée*. Lorsque les composants ou sous-ensembles sont soumis à essai, les conditions d'essai doivent simuler les conditions les plus défavorables survenant à l'intérieur du matériel sur le lieu de l'*installation*.

5.2.3.2 Essai de tension de choc (*essai de type* et *essai sur prélèvement*)

L'essai de tension de choc est réalisé avec une tension ayant une forme d'onde de 1,2/50 µs (voir 6.1 et 6.2 de la CEI 61180-1:1992) et il est destiné à simuler des surtensions d'origine atmosphérique. Il couvre également les surtensions dues aux commutations d'appareillages. Voir le Tableau 24 pour les conditions de l'essai de tension de choc.

Les essais sur les distances d'isolement dans l'air inférieures à celles requises par 4.4.7.4 et 4.4.7.8 sur l'*isolation* solide sont effectués comme des *essais de type* en utilisant des tensions appropriées du Tableau 25.

Les essais sur les composants et dispositifs pour la *séparation de protection* sont effectués comme un *essai de type* et un *essai sur prélèvement* avant que lesdits composants et dispositifs ne soient intégrés au *SECP*, en utilisant les tensions de tenue aux chocs énumérées à la colonne 3 ou la colonne 5 du Tableau 25.

Afin de s'assurer que les *dispositifs de protection contre les surtensions* (voir 4.4.7.2.2, 4.4.7.2.3, 4.4.7.3) sont capables de réduire la surtension, les valeurs des colonnes 2 ou 4 du Tableau 25, sont appliquées au *SECP* comme un *essai de type*. La tension de crête mesurée ne doit pas dépasser la valeur de la tension inférieure suivante de la même colonne du tableau.

S'il est nécessaire de soumettre à essai une distance d'isolement dans l'air conçue selon 4.4.7.4.1 pour des altitudes comprises entre 2 000 m et 20 000 m (au moyen du Tableau A.2 de la CEI 60664-1:2007, reproduit au Tableau E.1) ou de soumettre à essai une distance d'isolement dans l'air conçue selon 4.4.7.11 pour des fréquences supérieures à 30 kHz, la

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

tension d'essai appropriée peut être déterminée à partir de la distance d'isolement dans l'air, en utilisant le Tableau 10 à l'envers.

Tableau 24 – Essai de tension de choc

<table>
<tr><th>Objet</th><th colspan="2">Conditions d'essai</th></tr>
<tr><td>Référence de l'essai</td><td colspan="2">CEI 61180-1:1992, 6.1 et 6.2; CEI 60664-1:2007: 6.1.3.3 1</td></tr>
<tr><td>Référence des exigences</td><td colspan="2">Selon 4.4.3.2, 4.4.5.4 et 4.4.7</td></tr>
<tr><td>Conditionnement préalable</td><td colspan="2">Condition préalable selon 5.2.3.1.
Les parties actives appartenant au même circuit doivent être reliées entre elles. Les impédances de protection peuvent être déconnectées à moins qu'elles ne doivent être soumises à l'essai. La tension de choc est à appliquer 1) entre le circuit en essai et l'environnement, et 2) entre les circuits à soumettre à essai. Les circuits en essai ne sont pas mis sous tension</td></tr>
<tr><td>Mesure initiale</td><td colspan="2">Selon spécification du SECP, du composant ou de l'appareil</td></tr>
<tr><td>Appareillage d'essai</td><td colspan="2">Générateur d'impulsion 1,2/50 μs avec une impédance de sortie inférieure ou égale à:
• 2 Ω pour des dispositifs de protection contre les surtensions;
• 2 Ω pour l'essai des distances d'isolement dans l'air, de l'isolation solide et des composants. Une impédance supérieure, ne dépassant toutefois pas 500 Ω, peut être choisie si la tension de choc est vérifiée au niveau de l'objet en essai.</td></tr>
<tr><td>Mesure et vérification</td><td>a)
Distances d'isolement dans l'air inférieures aux exigences du Tableau 10
Distances d'isolement dans l'air réduites par un dispositif de protection contre les surtensions ou par les caractéristiques du circuit
Isolation principale ou supplémentaire solide</td><td>b)
Composants et appareils pour la séparation de protection
Isolation renforcée solide</td></tr>
<tr><td>Tension d'essai</td><td colspan="2">Trois impulsions de 1,2/50 μs de chaque polarité dans un intervalle ≥ 1 s, tension crête (± 5 %) selon:</td></tr>
<tr><td></td><td>Colonne 2 ou colonne 4 du Tableau 25,</td><td>Colonne 3 ou colonne 5 du Tableau 25,</td></tr>
<tr><td>Correction d'altitude</td><td colspan="2">Quand l'essai est réalisé sur une distance d'isolement dans l'air à une altitude inférieure à 2 000 m, la tension d'essai doit être augmentée selon le Tableau F.5 (6.1.2.2.1.1) de la CEI 60664-1:2007, qui est reproduit comme Tableau E.2 de la présente norme.
Le facteur de correction d'altitude ne s'applique pas à l'essai de tension de choc sur l'isolation solide selon 6.1.3.3.1 de la CEI 60664-1:2007.</td></tr>
</table>

L'essai de tension de choc est satisfaisant si aucun claquage d'*isolation*, aucun contournement ou aucune décharge disruptive ne se produit. Concernant les composants et dispositifs qui utilisent une *isolation* solide pour la *séparation de protection*, un essai ultérieur de décharge partielle (voir 5.2.3.5) doit également être effectué avec succès.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Tableau 25 – Tension d'essai de choc

Colonne 1	2	3	4	5
Tension système **(voir 4.4.7.1.6)**	**Tension de tenue aux chocs pour l'*isolation* entre les circuits non connectés au *réseau* et leur environnement selon la catégorie de surtension II**		**Tension de tenue aux chocs pour l'*isolation* entre les circuits connectés au *réseau* et leur environnement selon la catégorie de surtension III**	
	Isolation principale ou supplémentaire	**Renforcée**	**Isolation principale ou supplémentaire**	**Renforcée**
V	V	V	V	V
≤ 50	500	800	800	1 500
100	800	1 500	1 500	2 500
150	1 500	2 500	2 500	4 000
300	2 500	4 000	4 000	6 000
600	4 000	6 000	6 000	8 000
1 000	6 000	8 000	8 000	12 000
-	Interpolation admise		Interpolation non admise	
NOTE 1 Les tensions d'essai pour les catégories de surtension I et III peuvent être trouvées de façon similaire à partir du Tableau 9.				
NOTE 2 Les tensions d'essai pour les catégories de surtension II et IV peuvent être trouvées de façon similaire à partir du Tableau 9.				

5.2.3.3 Variante à l'essai de tension de choc (*essai de type* et *essai sur prélèvement*)

Un essai de tension en courant alternatif ou en courant continu selon 5.2.3.4 peut être utilisé comme variante à l'essai de tension de choc de 5.2.3.2.

Pour un essai de tension alternative, la valeur de crête de la tension d'essai alternative doit être égale à la tension d'essai de choc du Tableau 25 et appliquée pendant trois cycles de la tension d'essai alternative.

Pour un essai de tension continue, la valeur moyenne de la tension d'essai continue doit être égale à la tension d'essai de choc du Tableau 25 et appliquée trois fois pendant 10 ms pour chaque polarité.

Voir CEI 60664-1:2007, 6.1.2.2.2 pour de plus amples informations.

5.2.3.4 Essai de tension en courant alternatif ou en courant continu (*essai de type* et *essai individuel de série*)

5.2.3.4.1 But de l'essai

L'essai est utilisé pour vérifier que les distances d'isolement dans l'air et l'*isolation* solide des composants et des *SECP* assemblés possèdent une rigidité diélectrique appropriée permettant de résister aux conditions de *surtension temporaire*.

5.2.3.4.2 Valeur et type de la tension d'essai

Les valeurs de la tension d'essai pour les circuits connectés au *réseau* sont déterminées dans la colonne 2 ou 3 du Tableau 26.

La tension d'essai de la colonne 2 est utilisée pour soumettre à l'essai les circuits ayant une *isolation principale*.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

La tension d'essai de la colonne 3 doit être appliquée entre les circuits avec une *séparation de protection* (*double isolation* ou *isolation renforcée*) pour les *essais de type*. Pour les *essais individuels de série* entre les circuits avec *séparation de protection*, les valeurs de la colonne 2 doivent être appliquées afin de prévenir tout endommagement de l'*isolation solide* par décharge partielle.

Les valeurs de la colonne 3 doivent s'appliquer au *SECP* avec une *protection renforcée* selon 4.4.3.

Pour les circuits non connectés au *réseau*, la tension d'essai doit être:

- Pour les *essais de type* des circuits avec *séparation simple*, et pour tous les *essais individuels de série*: la *surtension temporaire* (c.a. efficace ou c.c.) comme déterminée en 4.4.7.2.3.
- Pour les *essais de type* des circuits avec *séparation de protection*, et entre les circuits et les surfaces accessibles (non conductrices ou conductrices mais non raccordées à la terre de protection, *protection de classe II* selon 4.4.6.3): deux fois la *surtension temporaire* (c.a. efficace ou c.c.) comme déterminée en 4.4.7.2.3.

Pour les circuits non connectés au *réseau*, et en l'absence de *surtensions temporaires*, les tensions d'essai sont déterminées à partir du Tableau 27, sur la base de la *tension de fonctionnement*.

L'essai est réalisé entre les circuits et les surfaces accessibles du *SECP*, qui sont non conductrices ou conductrices mais non raccordées au *conducteur de mise à la terre de protection*.

L'essai de tension doit être effectué avec une tension sinusoïdale de 50 Hz ou 60 Hz. Si le circuit contient des condensateurs, l'essai peut être effectué avec une tension continue égale à la valeur de crête de la tension alternative spécifiée.

Tableau 26 – Tension d'essai alternative ou continue pour circuits raccordés directement au *réseau*

Colonne 1	**2**		**3** [b]	
Tension système **(voir 4.4.7.1.6)**	**Tension pour *essais de type* des circuits avec *séparation simple*, et pour tous les *essais individuels de série***		**Tension pour *essais de type* des circuits avec *séparation de protection*, et entre les circuits et les surfaces accessibles (non conductrices ou conductrices mais non raccordées à la terre de protection, *protection de classe II* selon 4.4.6.3)**	
	alternative efficace [a]	**continue**	**alternative efficace**	**continue**
V	V	V	V	V
≤ 50	1 250	1 770	2 500	3 540
100	1 300	1 840	2 600	3 680
150	1 350	1 910	2 700	3 820
300	1 500	2 120	3 000	4 240
600	1 800	2 550	3 600	5 090
1 000	2 200	3 110	4 400	6 220
L'interpolation est admise.				

[a] Correspondant à 1 200 V + *tension système*.

[b] Une source de tension avec un courant de court-circuit d'au moins 0,1 A selon 5.2.2.2 de la CEI 61180-1:1992 est utilisée pour cet essai.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Tableau 27 – Tension d'essai alternative ou continue pour circuits non raccordés au *réseau* sans surtensions temporaires

Colonne 1	2 [a]		3 [a]	
Tension de fonctionnement **(crête répétitive) (voir 4.4.7.1.6.2)**	**Tension pour *essais de type* des circuits avec *séparation simple*, et pour tous les *essais individuels de série***		**Tension pour *essais de type* des circuits avec *séparation de protection,* et entre les circuits et les surfaces accessibles (non conductrices ou conductrices mais non raccordées à la terre de protection, *protection de classe II* selon 4.4.6.3)**	
	alternative efficace	**continue**	**alternative efficace**	**continue**
V	V	V	V	V
≤71	80	110	160	220
141	160	225	320	450
212	240	340	480	680
330	380	530	760	1 100
440	500	700	1 000	1 400
600	680	960	1 400	1 900
1 000	1 100	1 600	2 200	3 200
1 600	1 800	2 600	2 900	4 200
2 300	2 600	3 700	4 200	5 900
3 000	3 400	4 800	5 400	7 700
4 600	5 200	7 400	8 300	11 800
7 600	8 500	12 000	14 000	19 000
16 000	18 000	26 000	29 000	42 000
23 000	26 000	37 000	42 000	59 000
30 000	34 000	48 000	54 000	77 000
38 000	43 000	61 000	69 000	98 000
50 000	57 000	80 000	91 000	130 000
60 000	70 000	99 000	109 000	154 000

L'interpolation est admise.

NOTE Les tensions d'essai de ce tableau sont basées sur 80 % de la tension de tenue pour la distance d'isolement dans l'air correspondante du Tableau 10 comme indiqué par le Tableau A.1 de la CEI 60664-1:2007.

[a] Une source de tension avec un courant de court-circuit d'au moins 0,1 A selon 5.2.2.2 de la CEI 61180-1:1992 est utilisée pour cet essai.

Les *essais individuels de série* sont exécutés pour vérifier que les distances d'isolement dans l'air n'ont pas été réduites pendant les opérations de fabrication. Les dispositifs de protection conçus pour réduire les tensions de choc sur les circuits soumis à des essais (voir 4.4.7.2.2 et 4.4.7.2.3), et les circuits appartenant aux circuits de surveillance ou de protection, qui ne sont pas conçus pour supporter la surtension d'essai pendant la durée de l'essai, doivent être déconnectés pour éviter les dommages et pour garantir que la tension d'essai peut être appliquée sans fausse indication de défaut.

5.2.3.4.3 Exécution de l'essai de tension

L'essai doit être appliqué comme suit, selon la Figure 10:

a) Essai (1) entre la partie conductrice accessible (reliée à la terre) et chaque circuit de manière séquentielle (excepté les circuits *CTD As*). La tension d'essai est conforme au Tableau 26 ou Tableau 27, colonne 2, et correspond à la tension du circuit concerné soumis à l'essai.

   Essai (2) entre la surface accessible (non conductrice ou conductrice mais non reliée à la terre) et chaque circuit de manière séquentielle (excepté les circuits *CTD As*). La tension

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

d'essai est conforme au Tableau 26 ou Tableau 27, colonne 3 (pour l'*essai de type*) ou colonne 2 (pour l'*essai individuel de série*), et correspond à la tension du circuit concerné soumis à l'essai.

b) Essai entre chaque circuit concerné de manière séquentielle et les autres *circuits adjacents* reliés entre eux. La tension d'essai est conforme au Tableau 26 ou Tableau 27, colonne 2, et correspond à la tension du circuit concerné soumis à l'essai.

c) Essai entre un circuit de *CTD As* et chaque *circuit adjacent* de manière séquentielle. La tension d'essai est conforme au Tableau 26 ou Tableau 27, colonne 3 (pour les *essais de type*) ou colonne 2 (pour les *essais individuels de série*), et correspond au circuit ayant la plus forte tension. Le *circuit adjacent* ou le circuit de *CTD As* peut être relié à la terre pour cet essai. Il est nécessaire de soumettre à essai l'*isolation principale* entre les *circuits TBTP* et *TBTS*, mais il n'est pas nécessaire de soumettre à essai l'*isolation fonctionnelle* entre les circuits *TBTP adjacents* ou les *circuits TBTS adjacents*.

Comme les *circuits TBTP* / *TBTS* et les circuits de *CTD C* sont généralement séparés du châssis (terre) par l'*isolation principale*, il est généralement impossible de soumettre à essai la *double isolation* ou l'*isolation renforcée* séparant les circuits basse tension des circuits haute tension dans un *SECP* entièrement assemblé sans surcharger l'*isolation principale*. De ce fait, il peut être nécessaire de démonter le *SECP*, ou il peut être impossible d'effectuer des *essais de type* sur l'*isolation* de protection à des tensions conformes à la colonne 3 du Tableau 26 ou du Tableau 27. Dans ces cas, l'*essai de type* de l'*isolation* utilisée pour la *séparation de protection* doit être effectué à des tensions conformes à la colonne 2 du tableau approprié.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

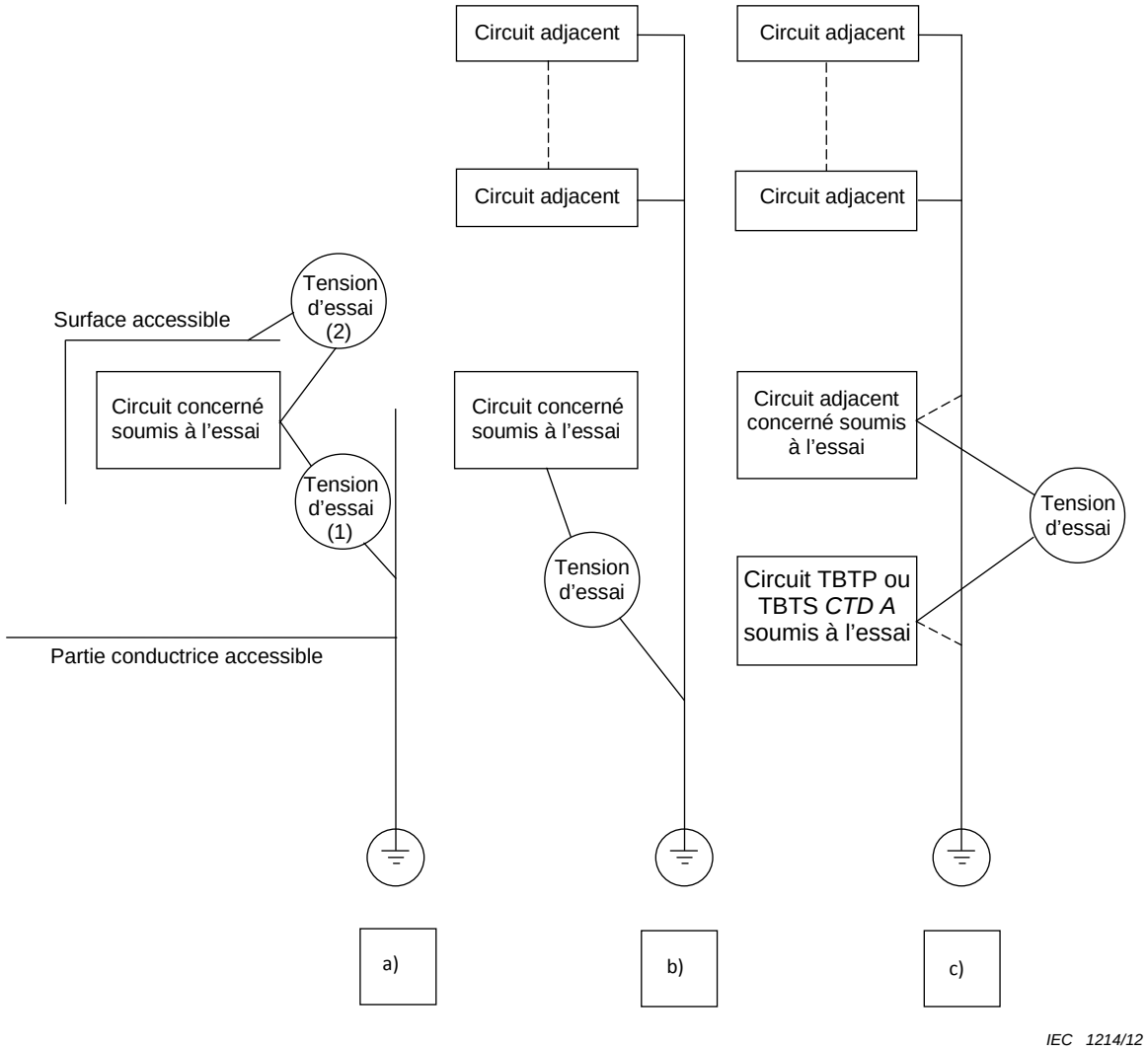


Figure 10 – Procédures d'essai de tension

Les essais doivent être effectués avec les portes de l'*enveloppe* fermées.

Lorsque le circuit est connecté électriquement aux parties conductrices accessibles, l'essai de tension n'est pas pertinent et peut être omis.

Pour créer un circuit continu pour la tension d'essai sur le *SECP*, les bornes, les contacts ouverts de commutateurs ainsi que les dispositifs à semi-conducteurs, etc. doivent être pontés si nécessaire. Avant de procéder à l'essai, les dispositifs à semi-conducteurs et autres composants vulnérables à l'intérieur d'un circuit peuvent être déconnectés et/ou leurs bornes peuvent être pontées pour éviter qu'ils ne soient endommagés pendant l'essai.

Dans tous les cas réalisables, il convient que les composants individuels formant partie intégrante de l'*isolation* soumise à l'essai, par exemple les condensateurs de suppression d'interférences, ne soient pas déconnectés ou pontés avant l'essai. Dans ce cas, il est recommandé d'utiliser la tension d'essai en courant continu selon 5.2.3.4.2.

Lorsque le *SECP* est couvert totalement ou partiellement par une surface accessible non conductrice, une feuille conductrice, à laquelle est appliquée la tension d'essai, doit être enroulée autour de cette surface d'essai. Dans ce cas, l'essai d'*isolation* entre un circuit et une

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

surface accessible non conductrice peut être effectué comme *essai sur prélèvement* en lieu et place d'un *essai individuel de série*.

L'*essai individuel de série* du *SECP* assemblé n'est pas nécessaire si:

- *l'essai individuel de série* pour tous les sous-ensembles liés au *système* d'isolement du *SECP* est réalisé; et
- il peut être démontré que l'assemblage final ne compromettra pas le *système* d'isolement; et
- les *essais de type* de tout le *SECP* assemblé ont été effectués avec succès.

Les *impédances de protection* selon 4.4.5.4 doivent être incluses dans les essais, ou la liaison avec la partie séparée et protégée du circuit doit être ouverte avant de procéder aux essais. Dans ce dernier cas, la connexion doit être rétablie à l'issue de l'essai de tension avec la plus grande prudence afin d'éviter tout endommagement de l'*isolation*. Les écrans de protection selon 4.4.4.7 doivent rester reliés aux parties conductrices accessibles pendant l'essai de tension.

5.2.3.4.4 Durée de l'essai de tension en courant alternatif ou en courant continu

La durée de l'essai doit être au moins de 60 s pour l'*essai de type* et de 1 s pour l'*essai individuel de série*. La tension d'essai peut être appliquée avec une rampe de tension croissante et/ou décroissante mais la tension maximale doit être maintenue pendant 60 s et 1 s respectivement pour les *essais de type* et *individuels de série*.

5.2.3.4.5 Vérification de l'essai de tension en courant alternatif ou en courant continu

L'essai est satisfaisant si aucun *claquage électrique* n'intervient pendant l'essai.

5.2.3.5 Essai de décharge partielle (*essai de type*, *essai sur prélèvement*)

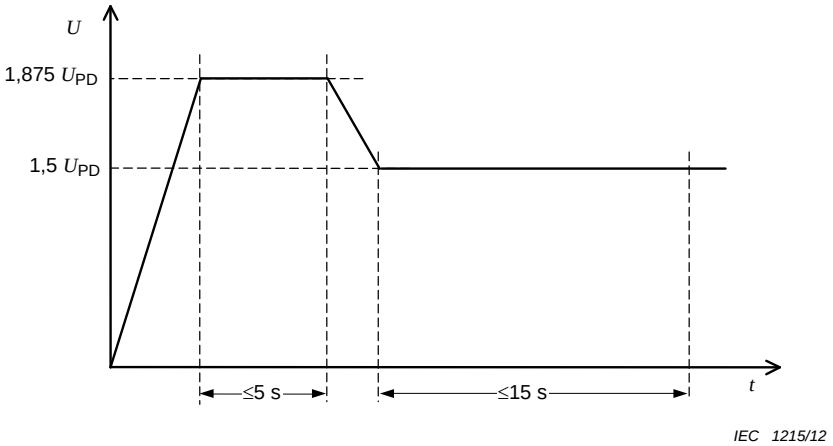
L'essai de décharge partielle doit confirmer que l'*isolation* solide (voir 4.4.7.8) utilisée dans les composants et les sous-ensembles pour la *séparation de protection* des circuits électriques demeure exempte de toute décharge partielle dans la plage de tensions spécifiée (voir Tableau 28).

Cet essai doit être effectué comme *essai de type* et *essai sur prélèvement*. Il peut être supprimé pour les matériaux isolants qui ne sont pas abîmés par des décharges partielles, par exemple la céramique.

Les tensions d'inception et d'extinction de décharge partielle sont influencées par les facteurs climatiques (par exemple température et humidité), l'auto-échauffement des appareillages et la tolérance de fabrication. Ces variables d'influence peuvent être importantes dans certaines conditions et doivent par conséquent être prises en compte au cours des *essais de type*.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Tableau 28 – Essai de décharge partielle

Objet	Conditions d'essai
Référence d'essai	6.1.3.5 de la CEI 60664-1:2007
Référence des exigences	4.4.7.8
Conditionnement préalable	*Condition préalable selon 5.2.3.1*. Les *parties actives* appartenant au même circuit doivent être reliées entre elles. Il est recommandé d'effectuer l'essai de décharge partielle après l'essai de tension de choc (voir 5.2.3.1) afin que tout dommage dû à l'essai de tension de choc soit visible. Il est recommandé de réaliser l'essai de décharge partielle avant d'intégrer les composants ou les dispositifs à l'appareillage, du fait que l'essai de décharge partielle n'est normalement pas possible lorsque l'appareillage est assemblé.
Mesure initiale	Selon spécification du composant ou dispositif
Appareillage d'essai Circuit d'essai Tension d'essai Méthode d'essai Etalonnage de l'appareillage d'essai	Dispositif de mesure de la charge calibrée ou appareil de mesure des interférences radioélectriques sans filtres de pondération C.1 de la CEI 60664-1:2007. La valeur crête de la tension alternative 50 Hz ou 60 Hz. 6.1.3.5 de la CEI 60664-1:2007: F_1 = 1,2; F_2, F_3 = 1,25. Procédure d'essai 6.1.3.5.3 de la CEI 60664-1:2007. C.4 de la CEI 60664-1:2007.
Mesure Vérification	En commençant avec une valeur inférieure à la tension de décharge assignée U_{PD}[a], la tension doit être augmentée de façon linéaire jusqu'à 1,875 fois U_{PD} et maintenue pendant une durée maximale de 5 s. La tension doit être diminuée de façon linéaire jusqu'à 1,5 fois U_{PD} (± 5 %) et maintenue pendant une durée maximale de 15 s, au cours de laquelle on mesure la décharge partielle. L'essai doit être considéré satisfaisant si la décharge partielle est inférieure à 10 pC pendant la période de mesure  IEC 1215/12
NOTE Les essais de décharge partielle de l'*isolation solide* avec une *tension de fonctionnement* continue selon A.6.2 peuvent être omis.	
[a] La tension d'essai de décharge partielle assignée U_{PD} est la somme des tensions de crête répétitives dans chacun des circuits séparés par l'*isolation*.	

5.2.3.6 *Impédance de protection* (*essai de type* et *essai individuel de série*)

Un *essai de type* doit être effectué pour vérifier que le courant circulant dans une *impédance de protection* dans des conditions normales de fonctionnement ou des conditions de défaut

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

unique ne dépasse pas les valeurs indiquées en 4.4.3.4. L'essai doit être exécuté en utilisant le circuit de la Figure 4 de la CEI 60990:1999.

Le circuit d'essai de la Figure 4 de la CEI 60990:1999 est reproduit à l'Annexe L.

NOTE La CEI 60990 indique que l'utilisation d'un réseau unique pour les mesures d'un courant alternatif associé à un courant continu n'a pas été étudiée mais aucune suggestion n'est faite pour les mesures dans de tels cas.

La valeur de l'*impédance de protection* doit être vérifiée par un *essai individuel de série*.

5.2.3.7 Mesure du *courant de contact* (*essai de type*)

Le *courant de contact* doit être mesuré pour déterminer si les mesures de protection ne sont pas nécessaires (voir 4.4.4.3.3). Le *SECP* doit être isolé sans aucune connexion à la terre et doit être utilisé à la tension assignée. Dans ces conditions, le *courant de contact* doit être mesuré entre le dispositif de raccordement du *conducteur de mise à la terre de protection* et le *conducteur de mise à la terre de protection* lui-même, avec le circuit d'essai de la Figure 4 de la CEI 60990:1999.

- Pour un *SECP* à relier à un *système* avec neutre mis à la terre, le neutre du réseau du site d'essai doit être directement relié au *conducteur de mise à la terre de protection*.
- Pour un *SECP* à relier à un *système* isolé ou à un *système* à impédance, le neutre doit être relié par une résistance de 1 kΩ au *conducteur de mise à la terre de protection* qui doit être relié à chaque phase d'entrée tour à tour. La valeur la plus élevée sera considérée comme le résultat définitif.
- Pour un *SECP* devant être relié à un *système* avec une phase mise à la terre, le *conducteur de mise à la terre de protection* doit être relié à chaque phase d'entrée tour à tour. La valeur la plus élevée est considérée comme le résultat définitif.
- Pour un *SECP* avec un *système* de mise à la terre spécifique, ce *système* doit fonctionner comme cela a été prévu pendant l'essai.
- Si un *SECP* est destiné à être connecté à plusieurs *systèmes*, chacun de ces *systèmes* différents (ou le cas le plus défavorable, si cela peut être déterminé) doit être utilisé pour effectuer les mesures du *courant de contact*.

Cela s'effectue sous forme d'*essai de type*.

Il convient que les comités de normes de produits considèrent les effets applicables des dangers potentiels résultant du *courant de contact*, haute fréquence et tiennent compte des exigences d'essai appropriées.

5.2.3.8 Décharge de condensateurs (*essai de type*)

La vérification du temps de décharge des condensateurs tel que requis en 4.4.3.4 peut être faite par un *essai de type* et/ou par calcul en tenant compte des tolérances applicables.

5.2.3.9 Essai de source de puissance limitée (*essai de type*)

Lorsque requis par 4.6.5, le circuit de puissance limitée doit être soumis à essai comme indiqué ci-dessous avec le matériel fonctionnant dans des conditions normales de fonctionnement.

Lorsque l'exigence de source de puissance limitée dépend d'un ou de dispositifs de protection contre les surintensités, le ou les dispositifs doivent être court-circuités.

Le matériel étant dans les conditions normales de fonctionnement, une charge résistive variable est connectée entre les parties considérées et réglées pour obtenir le niveau requis de la limite de puissance VA. Si nécessaire, on effectue un réglage supplémentaire pour maintenir la limite de puissance VA pendant une période spécifiée par 4.6.5.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Une charge résistive variable est connectée au circuit considéré et réglée pour obtenir la limite de puissance apparente indiquée dans le Tableau 16 ou le Tableau 17 selon le cas. Un réglage ultérieur est réalisé, si nécessaire, pour maintenir la limite de puissance apparente pendant la durée indiquée dans le Tableau 16 ou le Tableau 17 selon le cas.

L'essai est satisfaisant si à l'issue de la durée de l'essai la puissance apparente disponible ne dépasse pas les limites indiquées dans le Tableau 16 ou le Tableau 17 selon le cas.

Lorsque l'exigence de source de puissance limitée dépend du ou des dispositifs de protection contre les surintensités, la caractéristique assignée de courant d'au moins un des dispositifs de protection dans le chemin de courant ne doit pas dépasser la limite indiquée dans le Tableau 17.

5.2.3.10 Essai d'échauffement (*essai de type*)

L'essai est destiné à s'assurer que les parties et les surfaces accessibles du *SECP* ne dépassent pas les limites de température spécifiées en 4.6.4 et que les limites de température du fabricant des parties liées à la sécurité ne sont pas dépassées.

Si possible, le *SECP* doit être soumis à essai dans les conditions les plus défavorables de puissance assignée et de courant de sortie du *SECP*, en tenant compte des caractéristiques de déclassement et de contrôle du refroidissement.

Pour les matériels dans lesquels l'échauffement ou le refroidissement est conçu pour dépendre de la température (par exemple le matériel comporte un ventilateur dont la vitesse est plus élevée à haute température), la mesure de la température doit être effectuée à la température ambiante la plus défavorable dans la plage de fonctionnement spécifiée par le fabricant.

Si cela n'est pas possible, il est permis de simuler l'échauffement, si la validité de la simulation peut être démontrée par des essais à des niveaux de puissance inférieurs.

Le *SECP* doit être soumis à l'essai avec au moins 1,2 m de fil électrique relié à chaque *borne de câblage sur site*. Le fil doit avoir le plus petit calibre destiné à être relié au *SECP* tel que spécifié par le fabricant pour l'installation. Lorsqu'il est prévu uniquement la connexion de jeux de barres au *SECP*, celles-ci doivent être du calibre minimal destiné à être relié au *SECP* tel que spécifié par le fabricant, et leur longueur doit être au moins égale à 1,2 m.

L'essai doit être maintenu jusqu'à ce que la stabilisation thermique soit atteinte. C'est-à-dire lorsque trois lectures successives, prises à intervalles de 10 % de la durée précédemment écoulée de l'essai et non inférieures à 10 min, n'indiquent aucun changement de température, soit ± 1 °C entre les trois lectures successives par rapport à la température ambiante.

La température de l'*isolation* électrique (non pas celle des enroulements), dont la défaillance pourrait entraîner un danger, est mesurée à la surface de l'*isolation* en un point proche de la source de chaleur. Si les températures des enroulements sont mesurées par la méthode de thermocouple, le thermocouple doit être placé sur la surface de l'enroulement présentant la partie la plus chaude du fait des composants environnants émettant de la chaleur. Voir également les notes du Tableau 14.

La température maximale atteinte doit être corrigée à la température ambiante assignée du *SECP* en ajoutant la différence entre la température ambiante au cours de l'essai et la température ambiante assignée maximale.

Aucune température corrigée ne doit dépasser la température assignée du matériau ou du composant mesuré.

Pendant l'essai, le coupe-circuit thermique et les fonctions et dispositifs de protection contre les surcharges ne doivent pas s'activer.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

5.2.3.11 Essai de la *liaison équipotentielle de protection* (*essai de type* et *essai individuel de série*)

5.2.3.11.1 Généralités

Chaque partie conductrice accessible considérée doit être soumise à essai séparément afin de déterminer si le chemin de la *liaison équipotentielle de protection* pour cette partie est susceptible de supporter le courant d'essai auquel la liaison pourrait être soumise dans des conditions de défaut.

Le circuit considéré doit être sélectionné parmi les circuits adjacents à la partie accessible considérée et séparée d'elle par uniquement une *isolation principale* ou *fonctionnelle*.

Tous ces circuits sélectionnés doivent être analysés quant au *courant de court-circuit présumé* et le ou les éléments de protection associés:

- Si le circuit considéré ne satisfait pas à l'exigence du temps de déconnexion de 5 s de la CEI 60364-4-41, l'essai d'impédance de la *liaison équipotentielle de protection* de 5.2.3.11.2 et l'essai de court-circuit de la *liaison équipotentielle de protection* de 5.2.3.11.3 doivent être réalisés.

  NOTE 1 Exemples de circuits à temps de déconnexion supérieurs à 5 s: circuits non alimentés par le réseau dans lesquels le courant de court-circuit est limité par des impédances internes, des limiteurs de courant ou par des caractéristiques de charge tels que des panneaux solaires.

- Si le circuit considéré satisfait à l'exigence du temps de déconnexion de 5 s de la CEI 60364-4-41 l'essai de court-circuit de la *liaison équipotentielle de protection* de 5.2.3.11.3 doit être réalisé.

  NOTE 2 Exemples de circuits à temps de déconnexion ne dépassant pas 5 s: circuits réseau dans lesquels le *courant de court-circuit présumé* est limité par l'impédance du réseau.

- Si le circuit considéré satisfait à l'exigence du temps de déconnexion de la CEI 60364-4-41:2005, Tableau 41.1, selon le cas, en fonction du système de mise à la terre de l'*installation*, aucun *essai de type* n'est nécessaire.

Pour le *matériel enfichable de type A uniquement, l'essai d'impédance de la liaison équipotentielle de protection* de 5.2.3.11.2 doit être réalisé.

Les essais doivent comprendre un essai individuel du chemin de la *liaison équipotentielle de protection* de chaque partie conductrice accessible à moins qu'une analyse démontre que la capacité de tenue au court-circuit du chemin est appropriée ou que les résultats d'une combinaison sont représentatifs des résultats prévus d'une autre combinaison.

5.2.3.11.2 Essai d'impédance de la *liaison équipotentielle de protection*

5.2.3.11.2.1 Conditions d'essai

Lorsque cela est requis par 4.4.4.2.2 et 5.2.3.11.2.1, l'impédance du circuit de *liaison équipotentielle de protection* doit être vérifiée en faisant circuler un courant d'essai par la liaison pendant une certaine durée. Le courant d'essai est fondé sur la caractéristique assignée de la protection contre les surintensités du matériel ou partie du matériel à l'étude, comme suit:

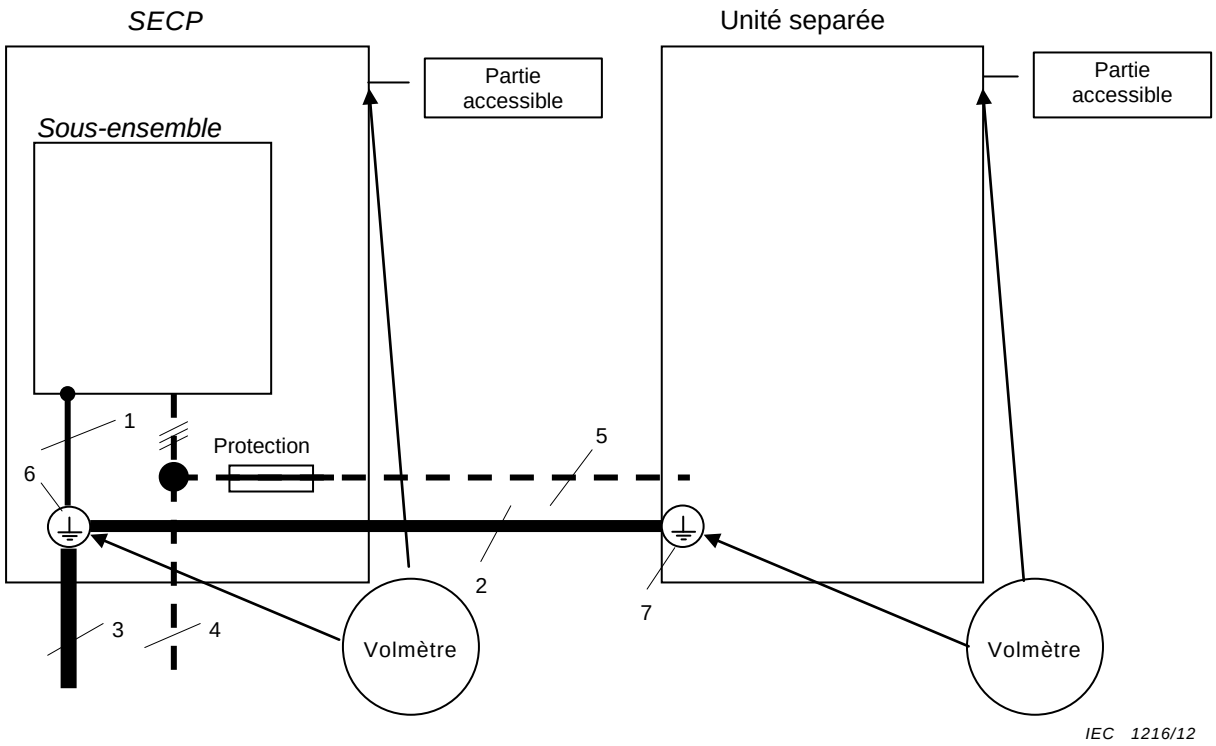
- pour le *matériel enfichable de type A*, le dispositif de protection contre les surintensités est celui fourni à l'extérieur du matériel (par exemple dans le câblage du bâtiment, dans la fiche réseau ou dans un rack du matériel);
- pour le *matériel enfichable de type B* et *connecté en permanence*, la valeur assignée maximale du dispositif de protection contre les surintensités spécifiée dans les instructions d'installation du matériel à prévoir à l'extérieur du matériel;
- la caractéristique assignée du dispositif de protection contre les surintensités fourni pour un circuit ou une partie du matériel pour qui un dispositif de protection contre les surintensités est fourni comme partie du matériel.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Les tensions sont mesurées entre la borne de *terre de protection* et tous les points appropriés de chaque circuit de *liaison équipotentielle de protection*. L'impédance du *conducteur de mise à la terre de protection* n'est pas incluse dans la mesure. Cependant, si le *conducteur de mise à la terre de protection* est fourni avec le matériel, il est permis de l'inclure dans le circuit d'essai, mais la mesure de la chute de tension est effectuée uniquement entre la borne principale de *mise à la terre de protection* et la partie accessible qu'il est exigé de mettre à la terre.

Dans un matériel où la liaison à la terre de protection à un sous-ensemble ou à une unité séparée est réalisée au moyen d'un conducteur d'un câble assurant également l'alimentation de ce sous-ensemble ou de cette unité, la résistance du conducteur de *liaison équipotentielle de protection* dans ce câble n'est pas comprise dans la mesure de l'impédance de la *liaison équipotentielle de protection* pour le sous-ensemble ou l'unité séparée, comme illustré à la Figure 11. Cependant, cette option est seulement permise si le câble est protégé par un dispositif de protection aux caractéristiques assignées appropriées qui tient compte de la taille du conducteur. Sinon, l'impédance du conducteur de *liaison équipotentielle de protection* entre les unités séparées doit être incluse, en mesurant à la *borne de terre de protection* le point où la source de puissance pénètre dans la première unité dans le *système*, comme illustré à la Figure 12.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe



Légende

1 = *liaison équipotentielle de protection*

2 = *conducteur de mise à la terre de protection* pour l'unité séparée

3 = *conducteur de mise à la terre de protection* pour le *SECP*

4 = alimentation en énergie depuis le réseau

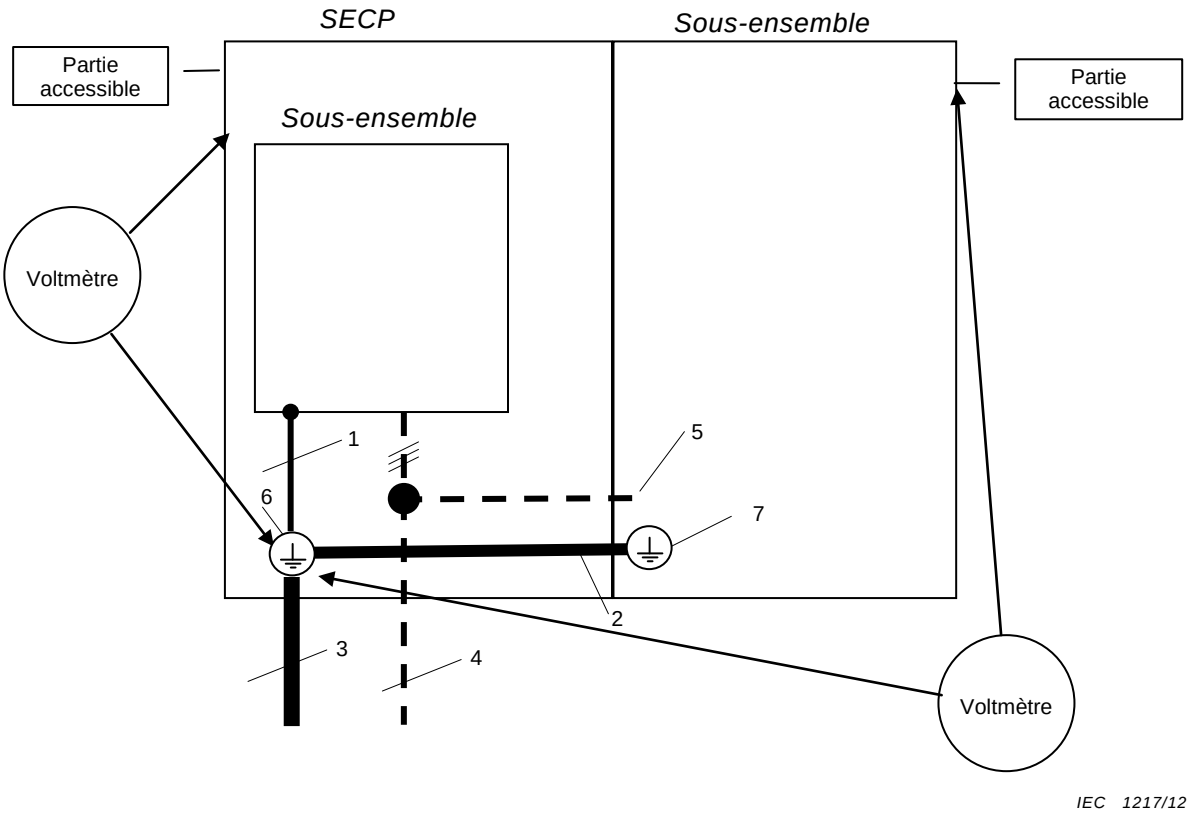
5 = alimentation en énergie du *SECP* à l'unité séparée

6 = terminaison du *conducteur de mise à la terre de protection* externe

7 = terminaison du *conducteur de mise à la terre de protection* pour l'unité séparée

Figure 11 – Essai d'impédance de la liaison équipotentielle de protection pour unité séparée alimentée par le *SECP* avec protection du câble d'alimentation

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe



Légende

1 = *liaison équipotentielle de protection*

2 = *liaison équipotentielle de protection* pour le sous-ensemble

3 = *conducteur de mise à la terre de protection* pour le *SECP*

4 = alimentation en énergie depuis le réseau

5 = alimentation en énergie du *SECP* au sous-ensemble

6 = terminaison du *conducteur de mise à la terre de protection* externe

7 = point de raccordement de la liaison au sous-ensemble (peut être >1)

Figure 12 – Essai d'impédance de la liaison équipotentielle de protection pour sous-ensemble avec parties accessibles et alimenté par le *SECP*

Le courant d'essai est issu d'une source d'alimentation en courant alternatif ou en courant continu, dont la sortie n'est pas mise à la terre.

NOTE Pour la protection de la personne réalisant l'essai, il convient que la source ait une tension à vide maximale inférieure aux limites de la *CTD A*.

5.2.3.11.2.2 Courant d'essai, durée de l'essai et critères d'acceptation

Le courant d'essai, la durée de l'essai et les critères d'acceptation sont les suivants.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Tableau 29 – Durée de l'essai de liaison équipotentielle de protection

Caractéristiques assignées du dispositif de protection contre les surintensités A	**Durée de l'essai** min
jusqu'à 32	2
33 à 63	4
64 à 100	6
101 à 200	8
201 à 460	10

a) Pour un *SEC*P dont la caractéristique assignée du dispositif de protection contre les surintensités est inférieure ou égale à 16 A, cet essai peut être omis s'il peut être démontré que l'impédance ne dépasse pas 0,1 Ω.

b) Comme variante au Tableau 29, lorsque la caractéristique de temps/courant du dispositif de protection contre les surintensités qui limite le courant de défaut dans le dispositif de *liaison équipotentielle de protection* est connue car le dispositif est soit prévu à l'intérieur du matériel soit spécifié dans les instructions d'installation, la durée de l'essai peut dépendre de la caractéristique de temps/courant du dispositif particulier. Les essais sont réalisés pendant une durée correspondant à 200 % de la caractéristique temps/courant.

c) Pour un *SECP* dont la caractéristique assignée du dispositif de protection contre les surintensités dépasse 460 A, on doit utiliser le calcul ou la simulation conformément à la CEI 60949 pour démontrer l'aptitude du courant de court-circuit présumé à satisfaire aux exigences. L'*essai individuel de série* de continuité de la *liaison équipotentielle de protection* de 5.2.3.11.4 doit être réalisé pour démontrer que l'impédance du dispositif de *liaison équipotentielle de protection* pendant et à la fin de l'essai ne doit pas dépasser la valeur prévue.

Critères d'acceptation:

Le courant d'essai est égal à 200 % de la valeur de la caractéristique assignée du dispositif de protection contre les surintensités et la durée de l'essai est telle qu'indiquée au Tableau 29. La chute de tension dans le circuit de *liaison équipotentielle de protection*, pendant et à la fin de l'essai, ne doit pas dépasser *CTD As*, comme déterminé à partir du Tableau 2 et du Tableau 5 par rapport à la surface accessible de l'*enveloppe*.

À l'issue des essais, l'inspection visuelle doit révéler l'absence de détérioration du dispositif de *liaison équipotentielle de protection*.

5.2.3.11.3 Essai de tenue au court-circuit de la *liaison équipotentielle de protection* (*essai de type*)

Comme demandé en 5.2.3.11.2.1, l'essai de tenue au court-circuit du 5.2.4.3 doit être réalisé pour s'assurer que la *liaison équipotentielle de protection* a la capacité de supporter le *courant de court-circuit présumé* auquel elle pourrait être soumise en cas de défaut.

L'essai doit inclure un essai individuel du chemin de *liaison équipotentielle de protection* pour chacune des parties conductrices accessibles à moins qu'une analyse ne démontre que la capacité de tenue au court-circuit du chemin est suffisante, ou que les résultats sur une combinaison d'équipement sont représentatifs des résultats estimés sur une autre combinaison d'équipement.

5.2.3.11.4 Essai de continuité de la *liaison équipotentielle de protection* (*essai individuel de série*)

L'*essai individuel de série* de continuité de la *liaison équipotentielle de protection* doit être réalisé lorsque:

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

- la continuité de la *liaison équipotentielle de protection* est obtenue par un seul moyen (par exemple, un seul conducteur ou une seule attache); ou
- le *SECP* est assemblé à l'emplacement de l'*installation*; ou
- si requis par 5.2.3.11.2.2 c)

Le courant d'essai peut avoir toute valeur appropriée et suffisante pour permettre les mesures ou le calcul de la résistance du dispositif de *liaison équipotentielle de protection*.

NOTE L'utilisation de courants plus importants pour l'essai de continuité augmente la précision du résultat d'essai, notamment avec de faibles valeurs d'impédance, c'est-à-dire des sections plus grandes et/ou une longueur plus faible du conducteur. En général, une valeur de 25 A est considérée comme suffisante pour la plupart des produits.

La valeur prévue de la résistance est le résultat du calcul ou de la simulation selon 5.2.3.11.2.2 tenant compte de la longueur, de la section et du matériau du ou des conducteurs de liaison de protection associés.

Critères d'acceptation: la résistance mesurée doit être comprise entre 90 % et 110 % de la valeur prévue.

5.2.4 Essais de fonctionnement anormal et de défauts simulés

5.2.4.1 Généralités

La protection contre les risques de dangers thermiques ou liés à l'énergie et de chocs électriques en cas de condition de fonctionnement anormal d'un *SECP* combiné avec son *installation* doit être évaluée par:

a) les essais définis dans cet article; ou

b) un calcul ou une simulation basé(e) sur des essais tels que définis en 5.2.4.4 et 5.2.4.6 sur un modèle représentatif de *SECP*, où aucun dommage autre que l'ouverture des dispositifs de protection contre les surintensités ne s'est produit sur l'échantillon d'essai.

NOTE Un modèle représentatif contient un *SECP* avec des éléments de puissance similaires (par exemple des *semi-conducteurs de puissance*, des fusibles, des disjoncteurs, des condensateurs, des circuits de détections de courts-circuits et des inductances de sortie) et des topologies de circuits similaires à ceux du *SECP* à l'étude.

Avant de réaliser l'ensemble des essais de fonctionnement anormal, l'échantillon d'essai doit être monté, raccordé et mis en fonctionnement comme décrit dans l'essai d'échauffement.

Les défauts simulés ou les conditions de fonctionnement anormal doivent être appliqués un par un et l'un après l'autre. Les défauts qui sont la conséquence directe d'un défaut simulé ou de conditions de fonctionnement anormal sont considérés comme une partie de ce défaut simulé ou de la condition de fonctionnement anormal.

Pour le cas d'un *SECP* livré sans *enveloppe*, une cage en treillis métallique d'une fois et demi les dimensions linéaires de la partie du *SECP* à l'étude doit être utilisée pour simuler l'*enveloppe* prévue.

Le *SECP* et la cage en treillis métallique (s'il y a lieu), doivent être mis à la terre conformément aux exigences de 4.4.4.2.2.

Du coton hydrophile doit être disposé sur toutes les ouvertures, poignées, brides, tous les joints et autres emplacements similaires sur les côtés extérieurs de l'*enveloppe* et de la cage en treillis métallique (s'il y a lieu), de manière à ne pas affecter sensiblement le refroidissement.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Lorsque le *SECP* soumis à l'essai fait état, dans son manuel d'installation, d'exigences de moyens externes de protection contre les défauts, ces moyens spécifiques doivent être fournis pour l'essai.

Les tensions des circuits *TBTS*, *TBTP* et *CTD As* accessibles ainsi que les parties accessibles mises à la terre et les parties conductrices non mises à la terre doivent être surveillées.

L'alimentation doit être capable de fournir le *courant de court-circuit présumé* spécifié (voir 4.3.1) au point de raccordement du *SECP*, sauf si l'analyse du circuit de 4.2 montre qu'une valeur inférieure peut être utilisée.

Les essais individuels doivent être réalisés jusqu'à l'activation d'un dispositif ou mécanisme de protection (interne ou externe), la défaillance d'un composant qui interrompt la condition de défaut ou la stabilisation des températures.

5.2.4.2 Critères de réussite

A la suite des essais de fonctionnement anormal, le *SECP* doit satisfaire aux conditions suivantes:

- il ne doit y avoir aucune émission de flamme, de particules incandescentes ou de métal fondu;
- l'indicateur en coton hydrophile ne doit pas s'être enflammé;
- le raccordement à la terre et la *liaison équipotentielle de protection* du *SECP* ne doivent pas être ouverts;
- les portes ou le capot de protection ne doivent pas être ouverts;
- pendant et après l'essai, les circuits *CTD As*, *TBTS* et *TBTP* accessibles et les parties conductrices accessibles ne doivent pas présenter des tensions supérieures aux tensions temporelles de la Figure 1, Figure 2 ou Figure 3, selon le cas et ils doivent être séparés des *parties actives* à des tensions supérieures à la *CTD As* par au moins une *isolation principale*. La conformité doit être vérifiée par l'essai d'*isolation* en courant alternatif/courant continu de 5.2.3.4 pour l'*isolation principale*;
- pendant et après l'essai, les *parties actives* à des tensions supérieures à la *CTD As* ne doivent pas devenir accessibles.

Il n'est pas nécessaire que le *SECP* fonctionne après les essais et il est possible que l'*enveloppe* se déforme. Le dispositif de protection contre les surintensités intégré au *SECP*, ou devant être utilisé avec le *SECP*, peut être ouvert.

5.2.4.3 Essai de tenue au court-circuit de la *liaison équipotentielle de protection* (*essai de type*)

5.2.4.3.1 Généralités

Quand cela est demandé en 5.2.3.11.2.1, un chemin de *liaison équipotentielle de protection* doit être soumis aux essais de tenue aux courts-circuits suivants.

5.2.4.3.2 Conditions d'essai

Le matériel en essai doit être alimenté en puissance et l'*accès* de sortie doit fonctionner comme prévu au 5.2.4.1 avant fermeture du dispositif de coupure qui établit le court-circuit, à moins que l'alimentation du matériel, avec un court-circuit déjà établi, ne soit plus sévère.

L'essai de court-circuit de la *liaison équipotentielle de protection* doit être réalisé avec le *SECP* fonctionnant à faible charge, à moins qu'une analyse ne démontre qu'un courant de court-circuit plus important apparaît lorsque les conditions de charge sont plus importantes.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Un nouvel échantillon peut être utilisé pour chaque essai de court-circuit.

5.2.4.3.3 Méthode d'essai de court-circuit de la *liaison équipotentielle de protection*

Le courant d'essai est appliqué en raccordant la partie accessible considérée à un des conducteurs du circuit de la source d'essai par l'intermédiaire d'un dispositif de coupure qui ne limite pas la valeur du courant de court-circuit. Le commutateur doit être inséré de telle sorte que la source soit mise en court-circuit à travers la partie accessible et son chemin de *liaison équipotentielle de protection* à la borne de *terre de protection* du circuit source considéré. Le raccordement du commutateur de court-circuitage doit se faire avec des câbles de la section spécifiée pour le *conducteur de mise à la terre de protection* de l'*installation*, et la longueur des câbles doit être limitée à 2 m. Si la dimension du *SECP* nécessite une longueur plus grande, la longueur doit être aussi courte que possible pour permettre de réaliser l'essai et le courant de court-circuit doit être étalonné à l'entrée du produit.

5.2.4.3.4 Critères d'acceptation

Pendant et après l'essai, les *CTD As* accessibles, les *circuits TBTP* et *TBTS* ainsi que les parties conductrices accessibles ne doivent pas développer de tensions supérieures à la tension dépendante du temps de la Figure 1, Figure 2 ou Figure 3 selon 4.4.2.2.3 et doivent rester isolées des *parties actives* de tension supérieure à la *CTD As* par au moins une *isolation principale*. La conformité doit être vérifiée par l'essai de tension c.a. ou c.c. selon 5.2.3.4 pour une *isolation principale*.

À la fin de l'essai, il ne doit y avoir aucun dommage sur les dispositifs de *liaison équipotentielle de protection* en essai. La conformité doit être vérifiée par examen, et si nécessaire, par l'essai de continuité de la *liaison équipotentielle de protection* (*essai individuel de série*) selon 5.2.3.11.4.

5.2.4.4 Essai de court-circuit en sortie (*essai de type*)

5.2.4.4.1 Conditions de charge

L'essai de court-circuit doit être effectué avec le *SECP* à pleine charge ou plus faible, selon celle qui génère la condition la plus sévère.

5.2.4.4.2 Méthode d'essai de court-circuit

Les bornes d'*accès* de sortie d'alimentation doivent être munies d'un câble d'une section spécifiée pour l'*installation* raccordé à un dispositif de coupure approprié qui ne limite pas le courant de court-circuit. La longueur de chaque boucle doit être d'environ 2 m, à moins que la dimension du *SECP* ne nécessite une longueur supérieure, auquel cas la longueur doit être aussi courte que possible pour réaliser l'essai.

Le matériel en essai doit être alimenté en énergie et l'*accès* de sortie doit fonctionner comme prévu avant de fermer le dispositif de coupure qui applique le court-circuit, à moins que la mise sous tension du matériel avec le court-circuit déjà appliqué ne représente une condition plus sévère.

Les essais doivent comprendre des essais individuels de chaque *accès* de sortie lorsque des combinaisons d'au moins deux bornes, y compris la terre, sur chaque *accès* individuel sont soumises aux essais de court-circuit sur les bornes considérées. Une analyse peut être utilisée pour réduire le nombre d'essais s'il est démontré que les résultats d'une combinaison sont représentatifs des résultats prévus d'une autre combinaison.

Un nouvel échantillon peut être utilisé pour chaque essai de court-circuit.

En complément à la détermination de la conformité avec les critères de 5.2.4.2, cet essai est utilisé pour déterminer la caractéristique assignée du *courant de court-circuit en sortie* de

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

l'*accès* à l'étude, selon 4.3.2.3. Un oscilloscope ou autre instrument approprié doit être utilisé pour mesurer le courant de crête pendant l'essai, et pour mesurer ou calculer la valeur efficace du courant.

La ou les valeurs à consigner et à fournir avec les instructions du *SECP*, selon 6.2, sont le courant de crête et la valeur la plus élevée des valeurs efficaces du courant mesurées ou calculées pendant une durée donnée, comme suit:

a) pour les signaux en courant alternatif, trois cycles de la fréquence nominale en courant alternatif pour l'*accès* à l'étude, auquel cas la valeur doit être spécifiée comme la valeur efficace de trois cycles;

b) pour tous les signaux, la durée du court-circuit entre le moment où le court-circuit est appliqué et celui où il est interrompu par un dispositif de protection ou autre mécanisme, auquel cas la valeur spécifiée doit comprendre la valeur efficace et la durée en secondes;

c) pour les essais de court-circuit donnant lieu à une valeur continue non nulle, la valeur efficace en régime permanent, auquel cas la valeur doit être spécifiée comme une valeur efficace continue.

Pour le *SECP* à protection contre le court-circuit interne selon 4.3.2.3, qui protège l'*accès* de sortie dans une marge de quelques μs, les exigences spécifiées en a), b) et c) ne s'appliquent pas.

5.2.4.5 Essai de surcharge en sortie (*essai de type*)

L'essai de surcharge doit être réalisé après avoir fait fonctionner le *SECP* à pleine charge jusqu'à obtention des températures de fonctionnement normal. Chaque sortie du *SECP*, et chaque section d'une sortie à prises, doivent être surchargées tour à tour, une à la fois. Les autres sorties et enroulements sont chargés ou non, selon la condition de charge la plus défavorable en usage normal.

La surcharge est réalisée en raccordant une charge variable par la sortie ou l'enroulement. La charge est ajustée aussi rapidement que possible, et réajustée, si nécessaire, 1 min après pour maintenir la surcharge applicable. Aucun réajustement ultérieur n'est ensuite autorisé.

Si une protection contre les surintensités est assurée par un dispositif ou circuit sensible au courant, le courant d'essai de surcharge est le courant maximal que le dispositif de protection contre les surintensités est en mesure de faire passer pendant 1 h. Avant de procéder à l'essai, le dispositif de protection contre les surintensités est rendu inopérant ou remplacé par une liaison d'impédance négligeable.

Pour le matériel dont la tension de sortie est conçue pour chuter lorsqu'un courant de surcharge spécifié est atteint, la surcharge est lentement augmentée jusqu'au point de puissance de sortie maximale avant le point à l'origine de la chute de la tension de sortie.

Dans tous les autres cas, la charge est la valeur maximale de la sortie de puissance qu'il est possible d'obtenir de la sortie.

5.2.4.6 Essai de défaillance de composants (*essai de type*)

5.2.4.6.1 Conditions de charge

La défaillance d'un composant, identifiée suite à l'analyse des circuits de 4.2, doit être soumise à essai avec le *SECP* à pleine charge ou plus faible, selon celle qui génère la condition la plus sévère.

5.2.4.6.2 Application d'un court-circuit ou d'un circuit ouvert

Le court-circuit doit être appliqué à l'aide d'un câble d'une section appropriée au courant qui circule normalement dans le composant sans toutefois être inférieure à 2,5 mm^2. La longueur

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

de la boucle doit être aussi courte que possible pour réaliser l'essai. Les courts-circuits et circuits ouverts sont appliqués avec un dispositif de coupure approprié.

Chaque composant identifié ne doit être soumis qu'à un seul essai de défaillance de composants à moins que les modes de défaillance en circuit ouvert et en court-circuit soient probables dans le composant considéré.

5.2.4.6.3 Séquence des essais

Pour l'essai de défaillance des composants, les composants identifiés doivent être mis en court-circuit ou en circuit ouvert, selon ce qui génère le danger le plus important, l'un après l'autre.

5.2.4.7 Essai de court-circuit des cartes de circuit imprimé (*essai de type*)

Sur les cartes de circuit imprimé, une *isolation fonctionnelle* fournie par des distances plus faibles que celles spécifiées au Tableau 10 et au Tableau 11 (voir 4.4.7.7) doit être soumise à *l'essai de type* tel que décrit ci-dessous.

Les distances d'isolement réduites doivent être court-circuitées une par une, sur des échantillons représentatifs, et le court-circuit doit être maintenu jusqu'à ce qu'aucun autre dommage ne survienne.

5.2.4.8 Perte de phase (*essai de type*)

Un *SECP* multi-phase doit fonctionner avec chacune des lignes (y compris la ligne neutre, si elle est utilisée) déconnectées à tour de rôle à l'entrée. L'essai doit être effectué en déconnectant une ligne, le *convertisseur de puissance* fonctionnant à la charge normale maximale et doit être répété en alimentant initialement le *SECP* avec un conducteur débranché.

L'essai doit se poursuivre jusqu'à l'activation d'un mécanisme de protection, une défaillance de composant ou la stabilisation de la température.

La conformité peut être simulée pour un *SECP* avec un courant d'entrée assigné supérieur à 500 A.

5.2.4.9 Essais de défaillance du système de refroidissement (*essais de type*)

5.2.4.9.1 Généralités et critères d'acceptation

Pour un *SECP* associant plusieurs mécanismes de refroidissement, tous les essais appropriés doivent être effectués. Il n'est pas nécessaire d'effectuer les essais simultanément.

L'essai doit se poursuivre

- jusqu'à stabilisation de la température, auquel cas les limites de température de 4.6.4.2 s'appliquent;

ou

- jusqu'à l'activation d'un mécanisme de protection ou une défaillance de composant, auquel cas les limites de température de 4.6.4.2 ne peuvent être dépassées de plus de 5°C. Si cela n'est pas réalisable, un avertissement doit être mentionné dans la documentation d'utilisation.

NOTE L'augmentation de température de 5°C pour ce qui concerne les limites en régime permanent reflète la répartition du seuil de brûlure donné dans le Guide 117 de la CEI.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

5.2.4.9.2 Moteur de ventilateur inopérant

Un *SECP* disposant d'une ventilation forcée doit être utilisé à la charge assignée avec un ou plusieurs moteurs de ventilateur rendus inopérants, séparément ou ensemble pour un seul défaut, en empêchant physiquement leur rotation.

5.2.4.9.3 Filtre colmaté

Les *SECP* en enveloppe disposant d'ouvertures de ventilation filtrées doivent être utilisés à la charge assignée avec leurs ouvertures fermées afin de simuler des filtres colmatés. L'essai doit d'abord être effectué avec les ouvertures de ventilation fermées à 50 %. L'essai doit être répété avec les ouvertures de ventilation totalement fermées.

5.2.4.9.4 Perte du liquide de refroidissement

Un *SECP* refroidi par liquide doit fonctionner à la charge assignée. La perte du liquide de refroidissement doit être simulée en vidangeant le liquide de refroidissement, en bloquant le flux ou en désactivant la pompe du liquide de refroidissement du *système*.

Si le *SECP* est arrêté par suite du fonctionnement d'un dispositif thermique situé dans le liquide de refroidissement, l'essai doit alors être répété après avoir purgé le liquide de refroidissement du *système*.

NOTE Il est supposé que le dispositif thermique sera inopérant s'il n'est pas immergé dans le liquide de refroidissement.

5.2.5 Essais de matériaux

5.2.5.1 Généralités

Lorsque requis par 4.4.7.8.2, le fabricant doit soumettre à essai les propriétés d'inflammabilité des matériaux utilisés aux fins d'isolation, comme défini en 5.2.5.2, 5.2.5.3 et 5.2.5.4.

Lorsque requis par 4.6.3.2, le fabricant doit soumettre à essai les propriétés d'inflammabilité des matériaux utilisés pour l'*enveloppe contre le feu*, comme défini en 5.2.5.5.

5.2.5.2 Essai d'inflammation par formation d'arc sous courant électrique élevé (*essai de type*)

Cinq échantillons de chaque matériau isolant (Figure 13) à soumettre à essai sont utilisés. Les échantillons ont une longueur minimale de 130 mm, une largeur de 13 mm et une épaisseur uniforme représentant la section la plus mince de la partie. Les arêtes doivent être exemptes de toutes bavures, etc.

Chaque essai est effectué avec une paire d'électrodes et une charge à impédance inductive variable reliée en série à une source de courant de 220 V à 240 V c.a., 50 Hz ou 60 Hz (voir Figure 13).

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

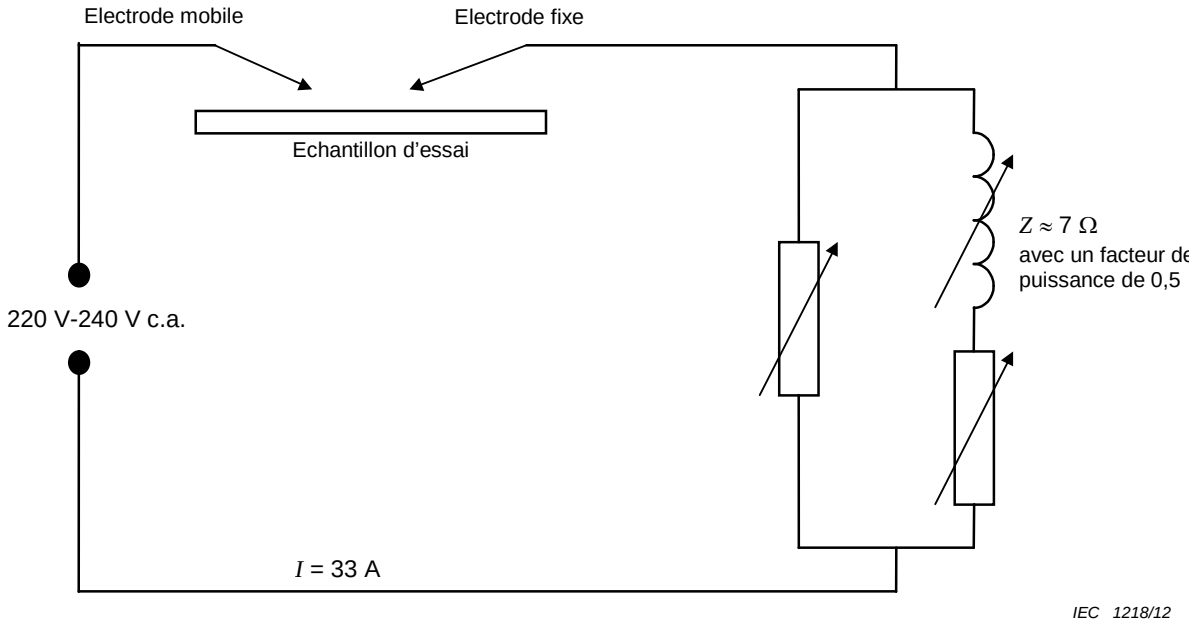


Figure 13 – Circuit pour essai de formation d'arc à courant élevé

Il est admis d'utiliser un circuit équivalent.

Une électrode est fixe et l'autre est mobile. L'électrode fixe se compose d'un conducteur en cuivre massif d'un diamètre de 3,5 mm avec une pointe formant un angle de 30°. L'électrode mobile est une tige d'acier inoxydable de 3 mm de diamètre avec une pointe conique symétrique ayant un angle total de 60° et qui peut être déplacée le long de son axe. Le rayon de courbure des extrémités des électrodes ne dépasse pas 0,1 mm au début d'un essai donné. Les électrodes sont disposées l'une en face de l'autre, dans le même plan, à un angle de 45° par rapport à l'horizontale. Avec les électrodes en court-circuit, l'impédance inductive variable est réglée jusqu'à ce que le courant soit de 33 A avec un facteur de puissance de 0,5.

L'échantillon soumis à l'essai repose sur un plan horizontal à l'air libre ou sur une surface non conductrice de sorte que les électrodes, lorsque l'une touche l'autre, sont en contact avec la surface de l'échantillon. L'électrode mobile est commandée de façon manuelle ou par tout autre moyen de sorte qu'elle puisse être désolidarisée de l'électrode fixe afin de rompre le circuit, et abaissée afin de le rétablir, afin que se produise une série d'arcs à un rythme d'environ 40 arcs/min, avec une vitesse de séparation de 250 mm/s ± 25 mm/s.

L'essai se poursuit jusqu'à ce que l'échantillon s'enflamme, qu'un trou se forme dans l'échantillon ou qu'un nombre total de 200 arcs ait eu lieu.

Le nombre moyen d'arcs nécessaires à l'inflammation des échantillons soumis à l'essai ne doit pas être inférieur à 15 pour les matériaux de classe V-0 et à 30 pour les autres matériaux.

5.2.5.3 Essai au fil incandescent (*essai de type*)

L'essai au fil incandescent doit être effectué selon la CEI 60695-2-10 et la CEI 60695-2-13 aux conditions spécifiées en 4.4.7.8.2.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

5.2.5.4 Essai d'inflammation au fil chaud (*essai de type* – variante à l'essai au fil incandescent)

Cinq échantillons de matériau isolant (voir la Figure 14) sont soumis à essai. Les échantillons ont une longueur minimale de 130 mm, une largeur de 13 mm et une épaisseur uniforme représentant la section la plus mince de la partie. Les arêtes doivent être exemptes de toutes bavures, etc.

Un fil de nichrome d'une longueur de 250 mm ± 5 mm (composition nominale de 80 % de nickel, 20 % de chrome, sans fer) d'un diamètre d'environ 0,5 mm et ayant une résistance à froid proche de 5 Ω/m est utilisé. Le fil est relié sur toute sa longueur à une source de puissance variable qui est réglée afin de générer une puissance de 0,25 W/mm ± 0,01 W/mm dans le fil pendant une durée de 8 s à 12 s. Après refroidissement, le fil est enroulé autour d'un échantillon afin de constituer cinq tours complets séparés de 6 mm.

L'échantillon enroulé repose sur un plan horizontal (voir la Figure 14) et les extrémités du fil sont reliées à la source de puissance variable, qui fait de nouveau l'objet d'un réglage pour générer une puissance de 0,25 W/mm ± 0,01 W/mm dans le fil.

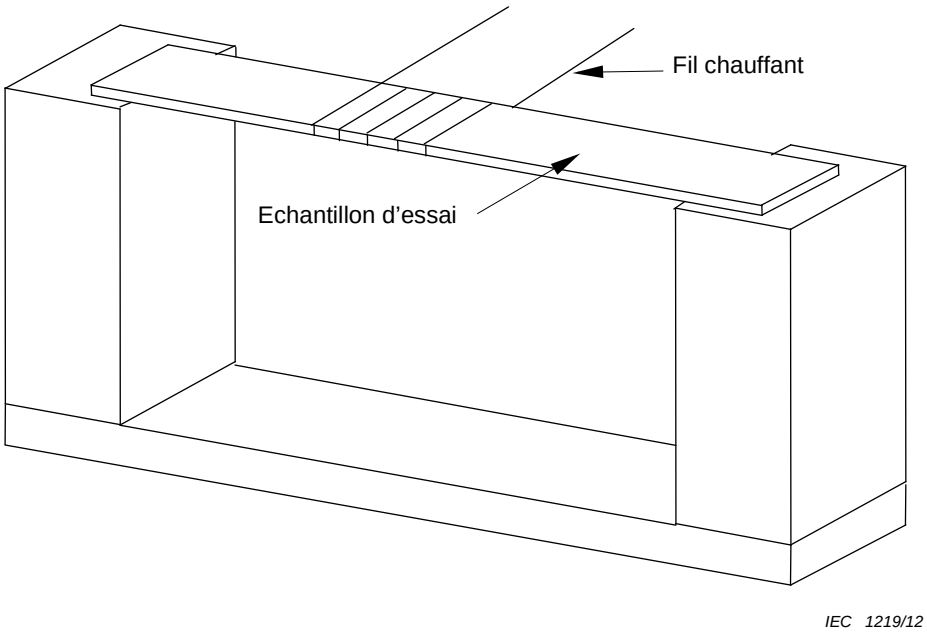


Figure 14 – Montage pour essai d'inflammation au fil chaud

L'essai se poursuit jusqu'à ce que l'échantillon s'enflamme ou que 120 s se soient écoulées. Lorsque l'inflammation se produit ou que 120 s se sont écoulées, l'essai est interrompu et la durée de l'essai est consignée. Pour les échantillons qui fondent sous le fil sans s'enflammer, l'essai est interrompu lorsque l'échantillon n'est plus entièrement en contact avec l'ensemble des cinq tours de fil chauffant.

L'essai est répété avec les échantillons restants.

Le temps d'inflammation moyen des échantillons soumis à l'essai ne doit pas être inférieur à 15 s.

5.2.5.5 Essai d'inflammabilité (*essai de type*)

Trois échantillons du matériel complet ou trois échantillons d'essai de son *enveloppe* constitutive (voir 4.6.3) doivent être soumis à l'essai d'inflammabilité. Les composants et

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

autres parties susceptibles d'exercer une influence sur les performances du matériel doivent être laissés en place. Les échantillons d'essai doivent être conditionnés dans un four à circulation d'air entièrement ventilé pendant une durée de sept jours à une température supérieure de 10 °C à la température d'utilisation maximale, comme déterminé par l'essai d'échauffement de 5.2.3.10, mais en aucun cas inférieure à 70 °C. Avant l'essai, les échantillons doivent être conditionnés pendant une durée minimale de 4 h à une température de 23 °C ± 2 °C et une humidité relative de 50 % ± 5 %. La flamme doit être appliquée sur une surface interne de l'échantillon en un point jugé susceptible de s'enflammer du fait de sa proximité immédiate avec une source d'inflammation y compris les surfaces comportant des orifices d'aération. Lorsque plusieurs parties se trouvent à proximité immédiate d'une source d'inflammation, chaque échantillon doit être soumis à l'essai en appliquant la flamme en un point différent.

Les trois échantillons d'essai doivent présenter les performances acceptables décrites ci-dessous. En cas de non-conformité de l'un des échantillons, l'essai doit être répété sur un ensemble de trois nouveaux échantillons, la flamme étant appliquée dans les mêmes conditions que celles utilisées pour l'échantillon n'ayant pas satisfait à l'essai. Le matériau est déclaré acceptable si tous les nouveaux échantillons sont conformes aux exigences décrites ci-dessous.

Le brûleur de laboratoire, le réglage et l'étalonnage doivent être identiques à ceux décrits dans la CEI 60695-11-20.

Lorsqu'une *enveloppe* complète est utilisée pour réaliser l'essai à la flamme, l'échantillon doit être monté tel que prévu lors de son utilisation, dans la mesure où cela n'affecte pas l'essai à la flamme, à savoir dans une enceinte ou une *enveloppe* d'essai, voire une hotte de laboratoire, non ventilées. Une couche de coton hydrophile pur doit être placée à une distance de 305 mm en dessous du point d'application de la flamme d'essai. La flamme de 127 mm doit être appliquée en tout point de la surface interne de la partie jugée susceptible de s'enflammer (du fait de sa proximité immédiate avec des parties actives ou participant à la formation de l'arc, des bobines, des câblages et éléments similaires) à un angle, dans la mesure du possible, d'environ 20° par rapport à la verticale de façon à ce que la pointe du dard bleu touche l'échantillon. La flamme d'essai doit être appliquée en trois points différents sur chacun des trois échantillons soumis à l'essai. Un dispositif d'alimentation en gaz méthane de qualité technique doit être utilisé en association avec un régulateur et un compteur permettant d'assurer un débit de gaz uniforme. Il s'est avéré qu'un gaz naturel dont l'enthalpie est approximativement de 37 MJ/m^3 à une température de 23 °C fournit des résultats similaires et peut être utilisé.

La durée d'application et la durée de retrait de la flamme doivent être de 5 s. L'opération doit être répétée jusqu'à ce que l'échantillon ait été soumis à cinq applications de la flamme d'essai.

Les conditions suivantes doivent être remplies à l'issue de cet essai:

- la combustion du matériau ne doit pas se poursuivre au-delà de 1 min au terme de la cinquième application d'une durée de 5 s de la flamme d'essai, avec un intervalle de 5 s entre chaque application de la flamme;

  et

- l'échantillon ne doit émettre, pendant toute la durée de l'essai, aucune goutte (lette) ni particule enflammée ou incandescente qui enflamme le coton hydrophile situé 305 mm en dessous.

Après l'essai, le matériel doit satisfaire aux exigences relatives à la *protection principale* au moyen d'*enveloppes* ou de barrières de 4.4.3.3.

5.2.5.6 Essai à l'huile chaude enflammée (*essai de type*)

Lorsque requis par 4.6.3.3.3, la conformité est vérifiée par l'essai à l'huile chaude enflammée comme suit.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Un échantillon du fond de l'*enveloppe contre le feu* complet et apprêté, est disposé sur un support sur lequel il est solidement fixé, dans une position horizontale. De l'étamine blanchie d'environ 40 g/m^2 est tendue en une seule épaisseur au-dessus d'un bac peu profond à fond plat, placé à environ 50 mm au-dessous de l'échantillon; elle a des dimensions telles qu'elle puisse recouvrir complètement l'ensemble des ouvertures dans l'échantillon sans être toutefois suffisamment large pour recueillir une portion quelconque de l'huile qui déborde de l'échantillon ou ne passe pas par les ouvertures.

NOTE Il est recommandé d'entourer la zone d'essai d'un écran métallique ou d'une séparation en verre armé.

Une petite louche métallique (de préférence n'ayant pas plus de 65 mm de diamètre) munie d'un bec verseur et d'une longue poignée dont l'axe longitudinal reste à l'horizontale durant le déversement est remplie partiellement avec 10 ml de mazout distillé, c'est-à-dire un distillat semi volatil ayant une masse volumique comprise entre 0,845 g/ml et 0,865 g/ml, un point d'éclair compris entre 43,5 °C et 93,5 °C, et une valeur calorifique moyenne de 38 MJ/l. La louche contenant l'huile est chauffée; on enflamme l'huile et on la laisse brûler pendant 1 min, après quoi on déverse toute l'huile chaude enflammée, à un débit constant de 1 ml/s approximativement, sur le centre géométrique de l'ensemble des ouvertures à partir d'une position située à environ 100 mm au-dessus de celles-ci.

L'essai est répété deux fois à 5 min d'intervalle, en utilisant de l'étamine propre.

Au cours de l'essai, l'étamine ne doit pas s'enflammer.

5.2.5.7 Essai des joints scellés (essai de type)

Lorsque requis par 4.4.7.9, des échantillons représentatifs de joints scellés assurant une protection de type 1 ou de type 2 comme défini dans la CEI 60664-3:2003 doivent être soumis à essai comme un *essai de type* comme suit.

Les échantillons doivent être soumis à la procédure de conditionnement spécifiée en 5.7 de la CEI 60664-3:2003, en utilisant les paramètres suivants: pour l'essai à basse température (5.7.1), une température de -25°C doit être utilisée et pour l'essai de changement rapide de température (5.7.3): une température comprise entre -25°C et +125°C.

Après le conditionnement, les échantillons doivent satisfaire aux essais suivants réalisés dans l'ordre spécifié:

a) La résistance mécanique du joint doit être évaluée par chargement du joint avec les forces prévisibles en conditions normales. Aucune séparation des parties ne doit se produire.

b) La résistance d'isolement entre les parties conductrices séparées par le joint doit être mesurée selon 5.8.3 de la CEI 60664-3:2003.

c) Les joints scellés doivent être traités comme un matériau pelliculé et doivent être soumis à essai selon 4.4.7.8.3.

d) Le sectionnement du joint ne doit présenter aucune fissure, vide ou séparation.

5.2.6 Essais environnementaux (*essais de type*)

5.2.6.1 Généralités

Des essais environnementaux sont requis pour établir la sécurité des *SECP* aux extrêmes de la classification environnementale à laquelle ils seront soumis.

Si des considérations de taille ou de puissance entravent les performances de ces essais sur le *SECP* complet, des essais sur les parties individuelles liées à la sécurité du *SECP* sont autorisés.

Lors des essais des composants ou sous-ensembles réalisés séparément, la température pendant l'essai de chaleur sèche doit être choisie de manière à simuler l'utilisation réelle dans

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

le produit fini. Le composant ou sous-ensemble doit être mis sous tension en simulant les mêmes conditions que celles applicables au produit fini.

Le Tableau 30 indique les essais type à réaliser pour les différentes conditions environnementales.

La conformité est démontrée en réalisant les essais de 5.2.6.3, 5.2.6.4, 5.2.6.5 et 5.2.6.6 selon le Tableau 30 en fonction des conditions environnementales spécifiées par le fabricant.

Lorsque le *SECP* doit fonctionner dans des conditions en dehors de la plage de valeurs donnée dans la présente norme, les conditions d'essai doivent alors faire l'objet d'un accord entre le fournisseur et le client, comme défini dans la demande de renseignements individuelle particulière ou la spécification d'achat. Dans tous les cas, les exigences d'essai ne doivent pas être moins sévères que les conditions fonctionnelles spécifiées.

Tableau 30 – Essais environnementaux

Condition d'essai	**À l'intérieur avec condition CEI 60721-3-3**	**À l'intérieur sans condition CEI 60721-3-3**	**À l'extérieur sans condition CEI 60721-3-4**
Climatique	Chaleur sèche (voir 5.2.6.3.1) Chaleur humide (voir 5.2.6.3.2)	Chaleur sèche (voir 5.2.6.3.1) Chaleur humide (voir 5.2.6.3.2)	Chaleur sèche (voir 5.2.6.3.1) Chaleur humide (voir 5.2.6.3.2)
Substances chimiquement actives	**Aucune exigence d'essai**	**Aucune exigence d'essai**	**Essai Kb de la CEI 60068-2-52** Brouillard salin [a] (voir 5.2.6.5)
Substances mécaniquement actives	**Aucune exigence d'essai**	**Aucune exigence d'essai**	**Essai Lc de la CEI 60068-2-68** Poussières et sable (voir 5.2.6.6)
Mécanique	**Essai Fc de la CEI 60068-2-6** Vibration (voir 5.2.6.4)	**Essai Fc de la CEI 60068-2-6** Vibration (voir 5.2.6.4)	**Essai Fc de la CEI 60068-2-6** Vibration (voir 5.2.6.4)
Biologique	**Aucune exigence d'essai**	**Aucune exigence d'essai**	**Aucune exigence d'essai**
[a] Se reporter à la Note de bas de tableau [a] du Tableau 18.			

Lorsque des conditions environnementales particulières sont spécifiées, des essais supplémentaires (par exemple pour les substances chimiquement actives) doivent être pris en compte.

5.2.6.2 Critères d'acceptation

Les critères d'acceptation suivants doivent être satisfaits:

- aucune dégradation de composant lié à la sécurité du *SECP;*
- aucun comportement potentiellement dangereux du *SECP* pendant l'essai;
- aucun signe de surchauffe des composants;
- aucune *partie active dangereuse* supérieure à *As* ne doit devenir accessible;
- aucune fissure dans l'*enveloppe* et aucun isolant endommagé ou desserré;
- réussite de l'essai de tension en courant alternatif ou en courant continu de 5.2.3.4;
- réussite de l'essai de *liaison équipotentielle de protection* de 5.2.3.11.2;
- aucun comportement potentiellement dangereux lors de l'utilisation du *SECP* après l'essai.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

5.2.6.3 Essais climatiques

5.2.6.3.1 Essai de chaleur sèche (régime permanent)

Afin de démontrer l'aptitude des composants et matériels à être utilisés, transportés ou stockés à des températures élevées, l'essai de chaleur sèche (régime permanent) doit être réalisé selon les conditions spécifiées dans le Tableau 31.

Tableau 31 – Essai de chaleur sèche (régime permanent)

Objet	Conditions d'essai
Référence d'essai	Essai Bd de la CEI 60068-2-2
Référence des exigences	4.9
Conditionnement préalable	Selon 5.1.2 et 5.2.1
Conditions fonctionnelles	Fonctionnement aux conditions assignées
Température	Classification des températures selon le Tableau 18 ou, pour les essais séparés des composants et sous-ensembles selon 5.2.3.1, température maximale spécifiée par le fabricant, selon celle qui est la plus élevée des deux
Précision	± 2 °C (voir CEI 60068-2-2)
Humidité	Selon la CEI 60068-2-2, Essai Bd
Durée de l'exposition	(16 ± 1) h
Procédure de recouvrement	
– Temps	1 h minimum
– Conditions climatiques	
– Température	15 °C à 35 °C
– Humidité relative	25 % à 75 %
– Pression barométrique	86 kPa à 106 kPa
– Alimentation	Alimentation non connectée

5.2.6.3.2 Essai de chaleur humide (régime permanent)

Pour prouver la résistance à l'humidité, le *SECP* doit être soumis à un essai de chaleur humide (régime permanent) selon les conditions spécifiées dans le Tableau 32.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Tableau 32 – Essai de chaleur humide (régime permanent)

Objet	Conditions d'essai
Référence d'essai	Essai Cab de la CEI 60068-2-78:2001
Référence des exigences	4.9
Conditionnement préalable	Selon 5.1.2 et 5.2.1
Conditions fonctionnelles	Alimentation non connectée
Précautions particulières	Les sources internes de tension peuvent rester connectées si la chaleur qu'elles produisent dans l'échantillon est négligeable
Température	Température maximale spécifiée par le fabricant ou, pour les essais séparés des composants et sous-ensembles, selon 5.2.3.1, selon celle qui est la plus élevée des deux
Précision	± 2 °C (voir Article 5 de la CEI 60068-2-78:2001)
Humidité	Humidité maximale spécifiée par le fabricant
Précision	± 3 % (voir Article 5 de la CEI 60068-2-78:2001)
Durée de l'exposition	4 jours
Procédure de recouvrement	
– Temps	1 h minimum
– Conditions climatiques	
– Température	15°C à 35°C
– Humidité relative	25% à 75%
– Pression barométrique	86 kPa à 106 kPa
– Alimentation	Alimentation non connectée
– Condensation	Toute condensation interne ou externe doit être retirée par un flux d'air avant d'effectuer l'essai de tension en courant alternatif ou en courant continu ou de reconnecter le *CEP* à l'alimentation

5.2.6.4 Essai de vibration (*essai de type*)

Pour vérifier la résistance mécanique aux vibrations, le *SECP* avec son *installation* doit être évalué par:

a) les essais définis dans le présent article selon les conditions spécifiées dans le Tableau 33; ou

b) un calcul ou une simulation sur la base d'essais, comme défini dans le présent article, sur un modèle représentatif de *SECP*.

Pour un *SECP* dont la masse est supérieure à 100 kg, cet essai peut être effectué sur des sous-ensembles.

NOTE Pour les grands matériels, la possibilité d'utiliser un essai de choc à la place d'un essai de vibration est à l'étude.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Tableau 33 – Essai de vibration

Objet	Conditions d'essai
Référence d'essai	Essai Fc de la CEI 60068-2-6
Référence des exigences	4.9
Conditionnement préalable	Selon 5.1.2 et 5.2.1
Conditions	Alimentation non connectée
Mouvement	Sinusoïdal
Amplitude/accélération de la vibration	
10 Hz ≤ f ≤ 57 Hz	0,075 mm d'amplitude
57 Hz < f ≤ 150 Hz	10 m/s^2 (1 g)
Durée de la vibration	10 cycles de balayage par axe sur chacun des trois axes mutuellement perpendiculaires
Détail du montage	Selon les spécifications du fabricant
Lorsque le fabricant spécifie des niveaux de vibration plus élevés que ceux ci-dessus, ces niveaux supérieurs doivent être utilisés pour l'essai. Les critères d'acceptation ne doivent pas être changés. Lorsque les conditions environnementales sont réputées inférieures, les comités de produits qui utilisent la présente norme comme un document de référence peuvent spécifier des niveaux de vibration plus faibles que ceux spécifiés dans ce tableau. Les critères d'acceptation ne doivent pas être changés. NOTE Cet essai est un essai accéléré qui implique que le niveau est supérieur à celui indiqué dans le Tableau 18.	

5.2.6.5 Brouillard salin (*essai de type*)

Pour vérifier la résistance mécanique au brouillard salin, le *SECP* avec son *installation* doit être évalué par les essais définis dans le présent article selon les conditions spécifiées dans le Tableau 34.

Pour un *SECP* dont la masse est supérieure à 100 kg, cet essai peut être effectué sur des sous-ensembles.

Tableau 34 – Essai au brouillard salin

Objet	Conditions d'essai
Référence d'essai	Essai Kb de la CEI 60068-2-52
Référence des exigences	Tableau 18
Conditionnement préalable	Selon 5.1.2 et 5.2.1
Conditions	Alimentation non connectée
Niveau de sévérité	Niveau de sévérité 2
Lorsque le fabricant spécifie des niveaux de brouillard salin plus élevés que ceux ci-dessus, ces niveaux supérieurs doivent être utilisés pour l'essai. Les critères d'acceptation ne doivent pas être changés. Lorsque les conditions environnementales sont réputées inférieures, les comités de produits qui utilisent la présente norme comme un document de référence peuvent spécifier des niveaux de brouillard salin plus faibles que ceux spécifiés dans ce tableau. Les critères d'acceptation ne doivent pas être changés.	

5.2.6.6 Poussières et sable (*essai de type*)

Pour vérifier la résistance mécanique aux poussières et sable, le *SECP* avec son *installation* doit être évalué par les essais définis dans le présent article selon les conditions spécifiées dans le Tableau 35.

Pour un *SECP* dont la masse est supérieure à 100 kg, cet essai peut être effectué sur des sous-ensembles.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Tableau 35 – Essai aux poussières et sable

Objet	Conditions d'essai
Référence d'essai	Essai Lc1 de la CEI 60068-2-68
Référence des exigences	Tableau 18
Conditionnement préalable	Selon 5.1.2 et 5.2.1
Conditions Granulométrie Concentration de poussière Vitesse de l'air Pression de l'air dans l'échantillon Durée de l'essai	Alimentation non connectée Poussière fine 2 g/m^3 5 m/s La pression de l'air dans l'échantillon correspond à celle de la pression de l'air ambiant. 24 h
Lorsque le fabricant spécifie des niveaux de poussières et de sable plus élevés que ceux ci-dessus, ces niveaux supérieurs doivent être utilisés pour l'essai. Les critères d'acceptation ne doivent pas être changés. Lorsque les conditions environnementales sont réputées inférieures, les comités de produits qui utilisent la présente norme comme un document de référence peuvent spécifier des niveaux de poussières et de sable plus faibles que ceux spécifiés dans ce tableau. Les critères d'acceptation ne doivent pas être changés.	

5.2.7 Pression hydrostatique (*essai de type* et *essai individuel de série*)

Pour les *essais de type*, la pression dans le *système* de refroidissement d'un *SECP* refroidi par liquide (voir 4.7.2.3.3) doit être augmentée progressivement jusqu'à ce qu'un limiteur de pression (s'il est fourni) fonctionne, ou jusqu'à ce qu'une pression égale à deux fois la pression de fonctionnement ou 1,5 fois la pression assignée maximale du *système*, selon la valeur la plus grande des deux, soit atteinte.

NOTE Pour les besoins de cet essai, la pompe du liquide de refroidissement peut être désactivée.

Pour les *essais individuels de série*, la pression doit être augmentée pour atteindre la pression assignée maximale du *système*.

La pression doit être maintenue pendant au moins une minute.

L'essai ne doit entraîner aucun danger thermique, choc électrique ou autre dégât. Il ne doit y avoir aucune fuite importante de liquide de refroidissement ou aucune perte de pression pendant l'essai, autre que celle d'un limiteur de pression pendant un *essai de type*.

Après l'*essai de type* de pression hydrostatique, le *SECP* doit satisfaire à l'essai de tension en courant alternatif ou en courant continu de 5.2.3.4.

6 Exigences relatives aux informations et au marquage

6.1 Généralités

Le présent Article 6 se propose de définir les informations nécessaires au choix, à l'installation et à la mise en service, au fonctionnement et à la maintenance du *SECP* en toute sécurité. Ces informations sont décrites dans le Tableau 36, qui indique également où elles doivent apparaître. Le tableau est suivi de paragraphes explicatifs.

Sauf indication contraire, les exigences du présent Article 6 s'appliquent à tous les *SECP*.

Dans la mesure où tout matériel électrique peut être installé ou utilisé de telle manière que des conditions dangereuses sont possibles, la conformité aux exigences de conception de la présente norme ne garantit pas d'elle-même une *installation* en toute sécurité. Toutefois,

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

lorsque des matériels conformes à ces exigences sont correctement sélectionnés, installés et utilisés, les dangers sont minimisés.

Toutes les informations doivent être rédigées dans la langue appropriée, et les documents doivent disposer de références d'identification. Les symboles des schémas doivent être conformes à la CEI 60417 ou la CEI 60617, selon le cas. Les symboles non indiqués dans la CEI 60417 ou la CEI 60617 doivent être identifiés lorsqu'ils sont utilisés.

NOTE De plus amples indications sont fournies par la CEI 61082-1 pour la préparation de la documentation, et par la CEI 62079 pour la préparation des instructions et des manuels.

Tableau 36 – Exigences d'informations

Informations	Référence de paragraphe	Emplacement [a, b]					Référence de paragraphe technique
		1	2	3	4	5	
Pour le choix	**6.2**						
Nom du fabricant et numéro de catalogue	6.2	X	X	X	X	X	
Numéro de catalogue	6.2	X		X	X	X	
Tension assignée	6.2	X		X	X	X	
Courant / puissance assigné(e)	6.2	X		X		X	
Puissance assignée	6.2	X		X		X	
Fréquence et nombres de phases	6.2	X		X		X	
Protection de classe (I, II ou III)	6.2, 6.3.7.3	X		X		X	4.4.6, 4.4.4.3.2, 4.4.6.3
Type de *système* d'alimentation électrique	6.2, 6.3.7.2			X			6.3.7.2
Courts-circuits assignés	6.2			X			4.3
Classification IP de l'*enveloppe*	6.2	X		X		X	4.4.3.3, 4.12.1
Référence aux normes	6.2			X			
Exigences d'alimentation pour la charge	6.2			X			
Type de liquide de refroidissement et pression d'emploi	6.2			X		X	4.7.2
Référence aux instructions	6.2			X	X	X	
Pour l'installation et la mise en service	**6.3**						
Dimensions (unités SI)	6.3.2			X		X	
Masses (unités SI)	6.3.2		X	X		X	
Détails de montage (unités SI)	6.3.2			X		X	
Conditions de fonctionnement et de stockage	6.3.3			X		X	4.9
Exigences relatives à la manutention	6.3.4		X	X		X	
Température de l'*enveloppe*	6.3.5			X		X	4.6.4.2, 4.6.3.1
Schémas d'interconnexion et de câblage	6.3.6.2			X		X	
Exigences concernant les câbles	6.3.6.3			X		X	4.11
Détails relatifs aux bornes	6.3.6.4	X		X		X	4.11.8
Exigences concernant la protection	6.3.7			X		X	4.3
Parties et circuits accessibles	6.3.7.1			X		X	4.4.3.3, 4.4.6.4.2
Courant de contact	6.3.7.4	X		X		X	4.4.4.3.3
Compatibilité avec DDR	6.3.7.5	X		X		X	4.4.8

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Informations	Référence de paragraphe	Emplacement [a, b]					Référence de paragraphe technique
		1	2	3	4	5	
Exigences particulières	6.3.7.6			X		X	
Dispositifs de protection externes	6.3.7.7			X		X	4.3.2, 4.3.3, 5.2.4
Informations relatives à la mise en service	6.3.8			X			
Pour utilisation	**6.4**						
Généralités	6.4.1				X		
Réglage	6.4.2			X	X	X	
Etiquettes, panneaux et signaux	6.4.3	X		X	X	X	
Pour la maintenance	**6.5**						
Code de date ou numéro de série	6.5.1	X					
Procédures de maintenance	6.5.1					X	4.4.3.3
Programmes de maintenance	6.5.1				X	X	
Emplacements des sous-ensembles et composants	6.5.1					X	
Procédures de réparation et de remplacement	6.5.1					X	
Procédures de réglage	6.5.1			X	X	X	
Liste des outils spéciaux	6.5.1			X		X	
Décharge des condensateurs	6.5.2	X		X		X	4.4.3.4
Redémarrage automatique/dérivation	6.5.3			X	X	X	
Autres dangers	6.5.4	X		X		X	

[a] Emplacement: 1. Sur le produit (voir 6.4.3); 2. Sur l'emballage; 3. Dans le manuel d'installation; 4. Dans le manuel d'utilisation; 5. Dans le manuel de maintenance.

[b] Les manuels d'installation, d'utilisation et de maintenance peuvent être combinés selon le cas et, si c'est acceptable pour le client, peuvent être fournis au format électronique. Lorsque plusieurs produits sont fournis à un seul client, il n'est pas nécessaire de fournir un manuel avec chaque produit, si cela est acceptable pour le client.

6.2 Informations pour le choix

Chaque partie d'un *SECP* qui est fournie comme produit séparé doit être accompagnée des informations relatives à sa fonction, ses caractéristiques électriques et son environnement d'utilisation prévu de sorte que l'on puisse déterminer son aptitude à l'emploi et sa compatibilité avec les autres parties du *SECP*. Ces informations comprennent, sans toutefois s'y limiter:

- le nom ou la marque du fabricant, du fournisseur ou de l'importateur;
- le numéro de catalogue ou son équivalent;
- les caractéristiques assignées électriques pour chaque *accès* de puissance:
  - la tension d'entrée nominale maximale;
  - la tension de sortie nominale maximale;
  - le courant assigné de sortie nominal maximal ou la puissance assignée de sortie nominale;
  - la valeur efficace du courant d'entrée nominal maximal pour le dimensionnement des éléments de protection contre la surcharge et le câblage;
  - le nombre de phases (par exemple, 3 c.a.);

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

  - la plage nominale de fréquences; (par exemple, 50–60 Hz) – la *protection de classe* (I, II, III);
- le type de *système* d'alimentation électrique (par exemple TN, IT, etc.) auquel les *SECP* peuvent être raccordés;
- la ou les valeurs assignées du *courant de court-circuit présumé* selon 4.3.2.2 et 5.2.4.4;
- le *courant de court-circuit en sortie* selon 4.3.2.3;
- les caractéristiques du dispositif de protection selon 4.3.2 et 5.2.4.4;
- les exigences d'alimentation de la charge (s'il y a lieu);
- le type de liquide de refroidissement et la pression d'emploi pour un *SECP* refroidi par liquide;
- la classification IP pour l'*enveloppe*;
- les conditions de fonctionnement et de stockage;
- la ou les références à la ou aux normes appropriées pour la fabrication, l'essai ou l'utilisation;
- la référence aux instructions d'installation, d'utilisation et de maintenance.

Les informations doivent se limiter à l'essentiel pour une sélection appropriée et il convient qu'elles soient propres à un matériel spécifique. Si les informations couvrent un grand nombre de variantes de produits, il doit être possible de les différencier facilement.

6.3 Informations pour l'installation et la mise en service

6.3.1 Généralités

Une installation sûre et fiable relève de la responsabilité de l'installateur, du constructeur de la machine et/ou de l'utilisateur. Le fabricant de toute partie du *SECP* doit fournir des informations afin de soutenir cette tâche. Ces informations ne doivent pas être ambiguës et peuvent se présenter sous forme schématique.

6.3.2 Considérations d'ordre mécanique

Les schémas suivants doivent être préparés par le fabricant:

- schéma des dimensions, incluant les informations relatives aux masses;
- schéma de montage.

Les dimensions, masses, etc. doivent être données en unités SI.

6.3.3 Environnement

Selon 4.9, les conditions environnementales suivantes doivent être spécifiées pour le fonctionnement, le transport et le stockage:

- conditions climatiques (température, humidité, altitude, pollution, rayons ultraviolets, etc.);
- conditions mécaniques (vibrations, choc, chute, basculement, etc.);
- conditions électriques (catégorie de surtension).

NOTE Les catégories environnementales spécifiées dans la CEI 60721 peuvent être utilisées le cas échéant.

6.3.4 Manutention et montage

Afin de prévenir toute blessure ou tout dommage, les documents d'installation doivent inclure des avertissements relatifs à tous les dangers susceptibles d'apparaître au cours de l'installation. Lorsque cela est nécessaire, des instructions doivent être prévues pour:

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

- l'emballage et le déballage;
- le déplacement;
- le levage;
- la solidité et la rigidité de la surface de montage;
- la fixation;
- les dispositions d'accès appropriées pour le fonctionnement, le réglage et la maintenance.

6.3.5 Température de l'*enveloppe*

Lorsque les surfaces du *SECP* dont les températures dépassent la limite spécifiée en 4.6.4.2 se trouvent à proximité des surfaces de montage, le manuel d'installation doit contenir un avertissement concernant la combustibilité de la surface de montage.

Lorsque cela est exigé par 4.6.3.1, le marquage suivant doit être apposé sur le *SECP* et figurer dans les instructions d'installation: "convient à un montage uniquement sur des surfaces en béton ou autres surfaces non combustibles".

6.3.6 Connexions

6.3.6.1 Généralités

Des informations doivent être fournies pour permettre à l'installateur de procéder à une connexion électrique sécurisée du *SECP*. Cela doit inclure les informations concernant la protection contre les dangers (par exemple, choc électrique ou disponibilité de l'énergie) qui peuvent être rencontrés pendant l'installation, le fonctionnement ou la maintenance.

6.3.6.2 Schémas d'interconnexion et de câblage

Les manuels d'installation et de maintenance doivent comporter des informations détaillées sur toutes les connexions nécessaires ainsi qu'un schéma d'interconnexion recommandé.

6.3.6.3 Choix des conducteurs (câbles)

Le manuel d'installation doit définir les niveaux de tension et de courant pour toutes les connexions au *SECP*, accompagnés des exigences d'*isolation* des câbles. Ces niveaux doivent être les valeurs des cas les plus défavorables, compte tenu des conditions de court-circuit et de surcharge, et des effets possibles des courants non sinusoïdaux.

6.3.6.4 Capacité de raccordement et identification des bornes

Les manuels d'installation et de maintenance doivent indiquer la gamme des calibres et des types de conducteurs acceptables (mono ou multibrins) pour toutes les bornes, ainsi que le nombre maximal de conducteurs pouvant être reliés simultanément.

Pour les *bornes de câblage sur site*, les manuels doivent préciser les exigences concernant les valeurs de couple de serrage ainsi que les caractéristiques assignées de température de l'*isolation* pour le conducteur ou le câble.

L'identification de toutes les *bornes de câblage sur site* doit être apposée sur les *SECP*, soit directement, soit par une étiquette fixée à proximité des bornes.

Les manuels d'installation et de maintenance doivent identifier toutes les bornes externes des circuits protégés par l'une des méthodes décrites de 4.4.6.4.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

6.3.7 Exigences de protection

6.3.7.1 Parties et circuits accessibles

Les manuels d'installation et de maintenance doivent identifier toutes les parties accessibles ayant des tensions supérieures à la *CTD As* et doivent décrire les dispositions en matière d'*isolation* et de séparation requises pour la protection.

Les manuels doivent également indiquer les précautions à prendre pour garantir le maintien de la sécurité des connexions *CTD As* pendant l'installation.

Lorsque l'enlèvement d'un capot donne lieu à un danger réel, une étiquette d'avertissement doit être apposée sur le matériel. L'étiquette doit être visible avant le retrait du capot.

Le manuel d'un *SECP* doit indiquer la tension maximale pouvant être reliée à chaque *accès*.

Les manuels doivent fournir les instructions concernant l'utilisation de *circuits TBTP* à l'intérieur d'une *zone de liaison équipotentielle.*

6.3.7.2 Type de *système* d'alimentation électrique

Le manuel d'installation des *SECP* doit spécifier les exigences d'une mise à la terre sécurisée, y compris le *système* de mise à la terre autorisé de l'*installation* (voir 4.4.7.1.4).

Les *systèmes* de mise à la terre non acceptables doivent être indiqués de la manière suivante:

- systèmes interdits; ou
- systèmes avec modification des valeurs et/ou des niveaux de sécurité qui doivent être quantifiés par un *essai de type.*

6.3.7.3 Protection de classe

6.3.7.3.1 Généralités

Le manuel d'installation du *SECP* doit préciser la protection de classe spécifiée pour le SECP et le produit doit être marqué conformément aux exigences de 6.3.7.3.2, 6.3.7.3.3 et 6.3.7.3.4.

6.3.7.3.2 Matériel de *protection de classe I*

Les bornes de raccordement au *conducteur de mise à la terre de protection* doivent comporter un marquage clair et indélébile comprenant un ou plusieurs des éléments suivants:

- le symbole CEI 60417-5019 (2011-01) (voir Annexe C); ou
- les lettres PE; ou
- le codage couleur vert ou vert-jaune.

6.3.7.3.3 Matériel de *protection de classe II*

Les matériels de *protection de classe II* doivent être marqués du symbole CEI 60417-5172 (2011-01) (voir Annexe C). Lorsqu'un tel matériel permet la connexion d'un conducteur de mise à la terre pour des raisons fonctionnelles (voir 4.4.6.3), il doit être marqué du symbole CEI 60417-5018 (2011-01) (voir Annexe C).

6.3.7.3.4 Matériel de *protection de classe III*

Aucun marquage n'est exigé sur le produit.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

6.3.7.4 Marquage du *courant de contact*

Lorsque le *courant de contact* dans le *conducteur de mise à la terre de protection* dépasse les limites données en 4.4.4.3.3, cela doit être défini dans les manuels d'installation et de maintenance. De plus, un symbole d'avertissement ISO 7010-W001 (2011-06) (voir Annexe C) doit être apposé sur le produit et une remarque doit être intégrée au manuel d'installation informant l'utilisateur que le calibre minimal du *conducteur de mise à la terre de protection* doit satisfaire aux réglementations locales en matière de sécurité pour des matériels à courant de *conducteur de mise à la terre de protection* élevé.

6.3.7.5 Compatibilité avec le marquage DDR

Les manuels d'installation et de maintenance doivent indiquer la compatibilité avec les DDR (voir 4.4.8). Lorsque 4.4.8 b) s'applique, un avertissement et le symbole ISO 7010-W001 (2011-06) (voir Annexe C) doivent être fournis dans le manuel d'utilisation, et le symbole doit être apposé sur le produit. L'avertissement doit être le suivant ou un avertissement équivalent: "*Ce produit peut générer un courant continu dans le conducteur de mise à la terre de protection. Lorsqu'un dispositif à courant différentiel résiduel (DDR) est utilisé pour la protection contre les chocs électriques, seul un DDR de type B est admis du côté de l'alimentation du produit.*" (Voir 6.4.3 pour les exigences générales concernant les étiquettes, les panneaux et les signaux).

6.3.7.6 Câble et connexion

Toutes les exigences particulières concernant les câbles et les connexions doivent être identifiées dans les manuels d'installation et de maintenance.

6.3.7.7 Dispositifs de protection externes

Lorsque des dispositifs de protection externes sont nécessaires pour protéger contre les dangers, le manuel d'installation et de maintenance doit spécifier les caractéristiques requises (voir également 5.2.4 et 4.3.2.1).

6.3.8 Mise en service

Si des *essais de mise en service* sont nécessaires pour assurer la sécurité électrique et thermique d'un *SECP*, des informations pour la prise en charge de ces essais doivent être fournies pour chaque partie du *SECP*. Ces informations peuvent dépendre de l'*installation* spécifique, d'où la nécessité d'une coopération étroite entre le fabricant, l'installateur et l'utilisateur.

Les informations de mise en service doivent comprendre les références aux dangers qui peuvent être rencontrés lors de la mise en service, par exemple, ceux mentionnés en 6.4 et 6.5.

6.4 Informations pour l'utilisation

6.4.1 Généralités

Le manuel d'utilisation doit inclure toutes les informations relatives au fonctionnement en toute sécurité des *SECP*. En particulier, il doit identifier toutes les matières dangereuses ainsi que les risques de choc électrique, de surchauffe, d'explosion, de bruit excessif, etc.

Il convient que le manuel mentionne également tous les dangers potentiels occasionnés par une mauvaise utilisation raisonnablement prévisible du *SECP.*

6.4.2 Réglage

Le manuel d'utilisation doit donner des détails sur tous les réglages utilisateur liés à la sécurité. Le marquage de l'identification ou de la fonction de chaque dispositif de commande

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

ou indicateur et de chaque dispositif de protection contre les surintensités doit être apposé à proximité de l'entité. Lorsque cela s'avère impossible à réaliser sur le produit, les informations doivent être données sous forme picturale dans le manuel.

Les réglages de maintenance peuvent également être décrits dans ce manuel, mais il doit être parfaitement clair qu'il convient qu'ils soient effectués uniquement par un personnel qualifié.

Des avertissements distincts doivent être prévus lorsqu'un réglage excessif est susceptible de conduire à un état dangereux du *SECP*.

Tout matériel spécial nécessaire pour effectuer des réglages doit faire l'objet d'une spécification et d'une description.

6.4.3 Etiquettes, panneaux et signaux

6.4.3.1 Généralités

L'étiquetage doit être conforme à des principes ergonomiques corrects, de sorte que les notices, commandes, indications, installations d'essai, dispositifs de protection contre les surintensités, etc., soient placés en des points stratégiques et soient regroupés d'une façon logique facilitant une identification correcte et non ambiguë.

Toutes les étiquettes de matériels relatives à la sécurité doivent être apposées de manière à être visibles après l'installation ou à être facilement visibles à l'ouverture d'une porte ou à l'enlèvement d'un capot.

Lorsqu'un symbole est utilisé, les informations fournies avec le *SECP* doivent comporter une explication du symbole et de sa signification.

Les étiquettes doivent:

- dans toute la mesure du possible, utiliser les symboles internationaux donnés par l'ISO 3864-1, l'ISO 7000 ou la CEI 60417;
- être rédigées dans une langue appropriée ou dans une langue associée à un domaine technique particulier, si aucun symbole international n'est disponible;
- être visibles, lisibles et durables;
- être concises et non ambiguës;
- indiquer les dangers encourus ainsi que les moyens permettant de les réduire.

Lorsqu'on indique à la (aux) personne(s) concernée(s)

- ce qu'elle(s) doi(ven)t éviter: il convient que la formulation emploie les termes "aucun(e)", "ne pas" ou "interdit";
- ce qu'elle(s) doi(ven)t faire: il convient que la formulation comporte les termes "doit" ou "il est nécessaire de";
- la nature du danger: il convient que la formulation comporte les termes "attention", "avertissement" ou "danger", selon le cas;
- la nature de conditions sûres: il convient que la formulation comporte le nom adapté au dispositif de sécurité.

Les panneaux de sécurité doivent être conformes à l'ISO 3864-1.

Les mots indicateurs définis ci-après doivent être utilisés et la hiérarchie suivante doit être respectée:

- DANGER pour attirer l'attention sur un risque important, par exemple: "Haute tension".

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

- AVERTISSEMENT pour attirer l'attention sur un risque moyen, par exemple: "Cette surface peut être brûlante".
- ATTENTION pour attirer l'attention sur un risque faible, par exemple: "Certains des essais spécifiés dans la présente norme impliquent l'utilisation de procédés entraînant des risques pour les personnes concernées".

Les marquages de danger, d'avertissement et d'attention apposés sur le *SECP* doivent être précédés du vocable "DANGER", "AVERTISSEMENT" ou "ATTENTION", selon le cas, en caractères d'au moins 3,2 mm de hauteur. Les autres caractères de ces marquages doivent avoir au moins 1,6 mm de hauteur.

6.4.3.2 Sectionneurs

Lorsqu'un dispositif de sectionnement n'est pas destiné à couper le courant de charge, l'avertissement suivant doit apparaître:

NE PAS OUVRIR EN CHARGE.

Les exigences suivantes s'appliquent à tout dispositif de sectionnement qui n'isole pas de toutes les sources d'alimentation du *SECP*.

- Si le dispositif de sectionnement est monté dans une *enveloppe* d'appareil électrique dont la manette de commande peut être actionnée de l'extérieur, une étiquette d'avertissement doit être prévue à proximité de la manette de commande, indiquant que celle-ci ne permet pas de couper toutes les sources alimentant le *SECP*.
- Lorsque le sectionneur d'un circuit de commande peut être confondu avec les sectionneurs d'un circuit de puissance en raison du calibre ou de l'emplacement, une étiquette d'avertissement doit être prévue à proximité de la manette de commande du sectionneur du circuit de commande, indiquant qu'elle ne permet pas de couper toutes les sources alimentant le *SECP*.

6.4.3.3 Signaux visuels et sonores

Des signaux visuels tels que des feux clignotants et des signaux sonores tels que des sirènes peuvent être utilisés pour avertir d'une action dangereuse imminente telle que le démarrage de l'appareil entraîné, et ils doivent être identifiés.

Il est essentiel que ces signaux:

- soient non ambigus;
- puissent être clairement perçus et différenciés de tous les autres signaux utilisés;
- puissent être clairement reconnus par l'utilisateur;
- soient émis avant l'action dangereuse.

Il est recommandé d'utiliser des feux clignotants de plus grande fréquence pour les informations plus prioritaires.

NOTE La CEI 60073 donne des indications sur les fréquences recommandées de clignotement ainsi que sur les rapports cycliques de mise sous/hors tension.

6.4.3.4 Surfaces brûlantes

Lorsque cela est exigé par 4.6.4.2, le symbole d'avertissement ISO 7010-W017 (2011-06) (voir Annexe C) doit être apposé sur ou à proximité des parties dont la température est supérieure aux limites de température de contact du Tableau 15.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

6.4.3.5 Marquage des appareils

L'identification de chaque dispositif de commande ou d'indication et de chaque dispositif de protection contre les surintensités doit faire l'objet d'un marquage à proximité de l'entité. Le marquage des dispositifs de protection contre les surintensités de rechange doit indiquer leurs caractéristiques assignées de courant et de durée. Lorsque cela se révèle impossible à réaliser sur le produit, les informations doivent être données sous forme picturale dans le manuel.

L'identification appropriée doit faire l'objet d'un marquage sur ou à proximité de chaque connecteur mobile.

Le marquage individuel des points d'essai doit comporter la référence du schéma des circuits.

La polarité des dispositifs polarisés doit faire l'objet d'un marquage à proximité du dispositif.

La référence du schéma et si possible la fonction doit faire l'objet d'un marquage à proximité de chaque commande préréglée en un point qui soit clairement visible au moment du réglage.

6.5 Informations pour la maintenance

6.5.1 Généralités

Le marquage du *SECP* doit mentionner le code de date ou le numéro de série à partir duquel il est possible de déterminer la date de fabrication.

Des informations sur la sécurité doivent être fournies dans le manuel d'installation et de maintenance et inclure, selon le cas, les données suivantes:

- procédures et programmes de maintenance préventive;
- mesures de sécurité pendant la maintenance;
- emplacement des *parties actives* qui peuvent être accessibles pendant la maintenance (par exemple, lorsque des capots sont retirés);
- procédures de réglage;
- procédures de réparation et de remplacement des sous-ensembles et des composants;
- toute autre information utile.

NOTE 1 Ces informations peuvent être, de préférence, présentées sous forme de schémas.

NOTE 2 Une liste d'outils spéciaux peut être fournie, le cas échéant.

6.5.2 Décharge de condensateurs

Lorsque les exigences de 4.4.3.4 ne sont pas satisfaites, le symbole d'avertissement ISO 7010-W012 (2011-06) (voir Annexe C) et une indication du temps de décharge minimal requis pour la décharge dans les conditions les plus défavorables (par exemple, 5 min) doivent être placés à un endroit bien visible sur l'*enveloppe*, la barrière de protection des condensateurs, ou à proximité du ou des condensateurs concernés (en fonction de la construction). Le symbole doit être expliqué et le temps nécessaire à la décharge des condensateurs après la coupure de l'alimentation du *SECP* doit figurer dans les manuels d'installation et de maintenance.

NOTE La valeur du temps de décharge déclarée par le fabricant peut couvrir une gamme de *SECP* tenant compte des tolérances applicables à la gamme complète de *SECP*.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

6.5.3 Redémarrage automatique/connexion de dérivation

Si un *SECP* peut être configuré pour fournir un redémarrage automatique ou une connexion de dérivation, les manuels d'installation, d'utilisation et de maintenance doivent contenir les avertissements appropriés.

Un *SECP* configuré pour fournir un redémarrage automatique ou une connexion de dérivation après la coupure de l'alimentation doit être clairement identifié lors de l'*installation*.

6.5.4 Autres dangers

Le fabricant doit identifier, sur le produit et dans les manuels d'installation et de maintenance selon le cas, tous les matériaux et composants d'un *SECP* qui requièrent des procédures particulières afin de prévenir les dangers.

6.5.5 Matériels à plusieurs sources d'alimentation

Selon 4.8, en présence de plusieurs sources d'alimentation du *SECP*, des informations doivent être fournies pour indiquer quel(s) dispositif(s) de déconnexion doi(ven)t être utilisé(s) afin d'isoler totalement les matériels.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Annexe A
(normative)

Informations supplémentaires pour la protection contre les chocs électriques

A.1 Généralités

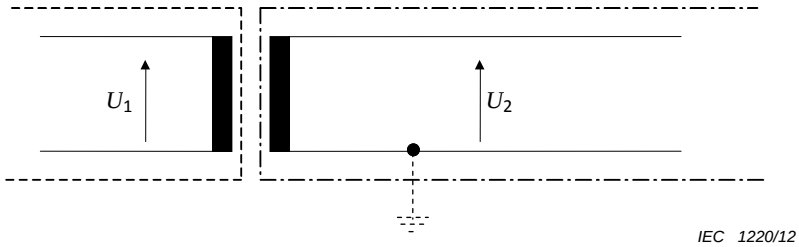
Les Figures A.1 à A.3 présentent des exemples de méthodes de protection contre les chocs électriques pour les matériels et circuits de *protection de classe III* (voir 4.4.6.4).

Protection principale

Séparation de protection des circuits exigeant une *protection principale*

A.2 Protection au moyen de la *CTD As*

(voir 4.4.2.2)



Légende

U_1: tension dangereuse, mise ou non à la terre

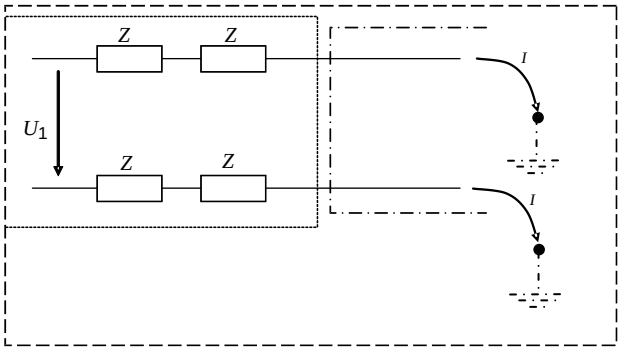
U_2: ≤ *CTD As* du Tableau 5

Figure A.1 – Protection au moyen de la *CTD As* avec *séparation de protection*

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

A.3 Protection au moyen de *l'impédance de protection*

(voir 4.4.5.4)



IEC 1221/12

Légende

Z résistance

U_1 tension dangereuse, mise ou non à la terre

$I \leq$ 3,5 mA c.a., 10 mA c.c.

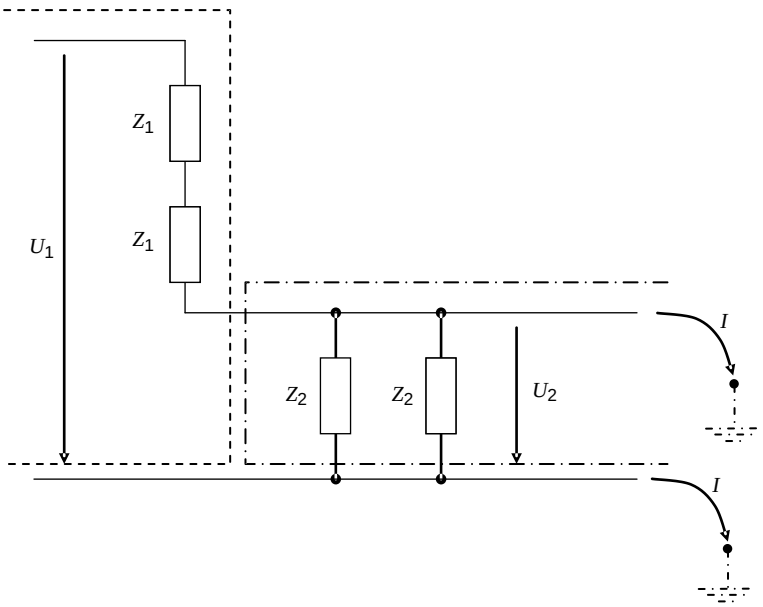
NOTE Afin de fournir une protection dans des conditions de défaut unique, utiliser l'équation suivante: $I = \frac{U_1}{Z}$

Figure A.2 – Protection au moyen de *l'impédance de protection*

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

A.4 Protection au moyen de tensions limitées

(voir 4.4.5.4)



IEC 1222/12

Légende

Z résistance

U_1 tension dangereuse, mise à la terre

U_2 ≤ *CTD As* du Tableau 5

NOTE Afin de fournir une protection dans des conditions de défaut unique, utiliser les équations: $U_2 = \frac{U_1 Z_2}{2Z_1 + Z_2}$

ou $U_2 = \frac{U_1 Z_2}{2(Z_1 + Z_2/2)}$

Figure A.3 – Protection au moyen de tensions limitées

A.5 Evaluation de la *tension de fonctionnement* et choix de la *CTD* pour la tension de contact, et les circuits *TBTP* et *TBTS*

A.5.1 Généralités

Dans A.4, il est possible de choisir la *CTD* pour la tension de contact et pour les circuits *TBTP* et *TBTS* selon les différentes réactions du corps:

- *Fibrillation ventriculaire* (AC4 / DC4 de la CEI 60479-1)
- *Fort effet musculaire (lâcher)* (AC3 / DC3 de la CEI 60479-1)
- *Réaction de tressaillement* (AC2 / DC2 de la CEI 60479-1)

NOTE L' "effet de lâcher" ou le "fort effet musculaire" de la CEI/TR 60479-5 sont associés à la même réaction du corps.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

combinée aux conditions d'humidité de la peau suivantes:

- sèche;
- humide;
- humide et salée;

et également combinée à la surface suivante de contact des tensions de contact:

- partie du corps (près de 500 cm^2);
- main (près de 80 cm^2);
- bout du doigt (près de 1 cm^2).

La *CTD* pour la tension de contact, comme recommandée par les différents Tableaux A.1, A.2 et A.3, dépend de:

- la réaction du corps (un tableau pour chaque réaction du corps);
- la surface de contact du corps;
- la condition de la peau.

Les données sont fournies pour la conception des matériels comprenant éventuellement deux circuits ou plus.

Les conditions propres au choix de la *CTD* pour les circuits *TBTP* & *TBTS* sont indiquées en 4.4.6.4.2.

Pour une réaction du corps dédiée, la *CTD* diminue:

- d'une petite surface de contact à une grande surface de contact;
- d'une condition de peau sèche à une condition de peau humide et salée.

Avec une surface de contact du corps dédiée et une condition d'humidité de la peau dédiée, la *CTD* diminue d'une réaction du corps forte (*fibrillation ventriculaire*) à une réaction du corps faible (*réaction de tressaillement*).

Certaines combinaisons de surface de contact du corps et de condition d'humidité de la peau ne permettent pas de définir toute *CTD* potentielle afin d'empêcher une réaction du corps dédiée. Pour ces combinaisons, une *protection principale* est requise.

A.5.2 Choix de la CTD pour une tension de contact réglée pour la *fibrillation ventriculaire*

Tableau A.1 – Choix d'une tension de contact réglée pour la *fibrillation ventriculaire*

Condition d'humidité de la peau	Surface de contact du corps		
	Partie du corps	Main	Bout du doigt
Sèche	*CTD A2*	*CTD A*	*CTD B*
Humide	*CTD A1*	*CTD A2*	*CTD A*
Humide et salée	*Protection principale* requise contre le contact direct	*CTD A1*	*CTD A2*

NOTE Le Tableau A.1 est identique au Tableau 2.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

A.5.3 Choix de la CTD pour une tension de contact réglée pour un *fort effet musculaire*

Tableau A.2 – Choix d'une tension de contact réglée pour un *fort effet musculaire*

Condition d'humidité de la peau	Surface de contact du corps		
	Partie du corps	**Main**	**Bout du doigt**
Sèche	*Protection principale* requise contre le contact direct	*CTD A2*	*CTD A*
Humide	*Protection principale* requise contre le contact direct	*CTD A1*	*CTD A2*
Humide et salée	*Protection principale* requise contre le contact direct	*Protection principale* requise contre le contact direct	*CTD A1*

A.5.4 Choix de la CTD pour une tension de contact réglée pour une *réaction de tressaillement*

Tableau A.3 – Choix d'une tension de contact réglée pour une *réaction de tressaillement*

Condition d'humidité de la peau	Surface de contact du corps		
	Partie du corps	**Main**	**Bout du doigt**
Sèche	*Protection principale* requise contre le contact direct	*Protection principale* requise contre le contact direct	*CTD A2*
Humide	*Protection principale* requise contre le contact direct	*Protection principale* requise contre le contact direct	*CTD A1*
Humide et salée	*Protection principale* requise contre le contact direct	*Protection principale* requise contre le contact direct	*Protection principale* requise contre le contact direct

A.5.5 Détermination des limites de tension pour une tension de contact dans des conditions de défaut selon l'impédance de la *liaison équipotentielle de protection*

Les figures suivantes doivent permettre d'évaluer l'impédance de la *liaison équipotentielle de protection* définie en 4.4.4.2.2. Les valeurs maximales de tension de contact admises dans des conditions de défaut dépendent de la réaction du corps, des conditions environnementales et de la partie du corps en contact.

Les courbes comportent un cheminement du courant entre la main et la surface de contact du corps, la personne étant en position debout.

Les limites de la tension de contact non répétitive de courte durée sont données de A.5.6 à A.5.8.

A.5.6 Zones temps-tension continue de contact pour la *fibrillation ventriculaire*

Les Figures A.4, A.5 et A.6 fournissent des informations sur les limites de la tension continue de contact non répétitive de courte durée pour la protection contre la *fibrillation ventriculaire*.

Les figures fournissent des informations sur le niveau acceptable pour la partie du corps, la main et le bout du doigt dans les conditions de peau sèche, humide et humide et salée.

Pour certaines combinaisons, aucune information n'est donnée pour la zone temps-tension et la *protection principale* contre le contact direct est exigée.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

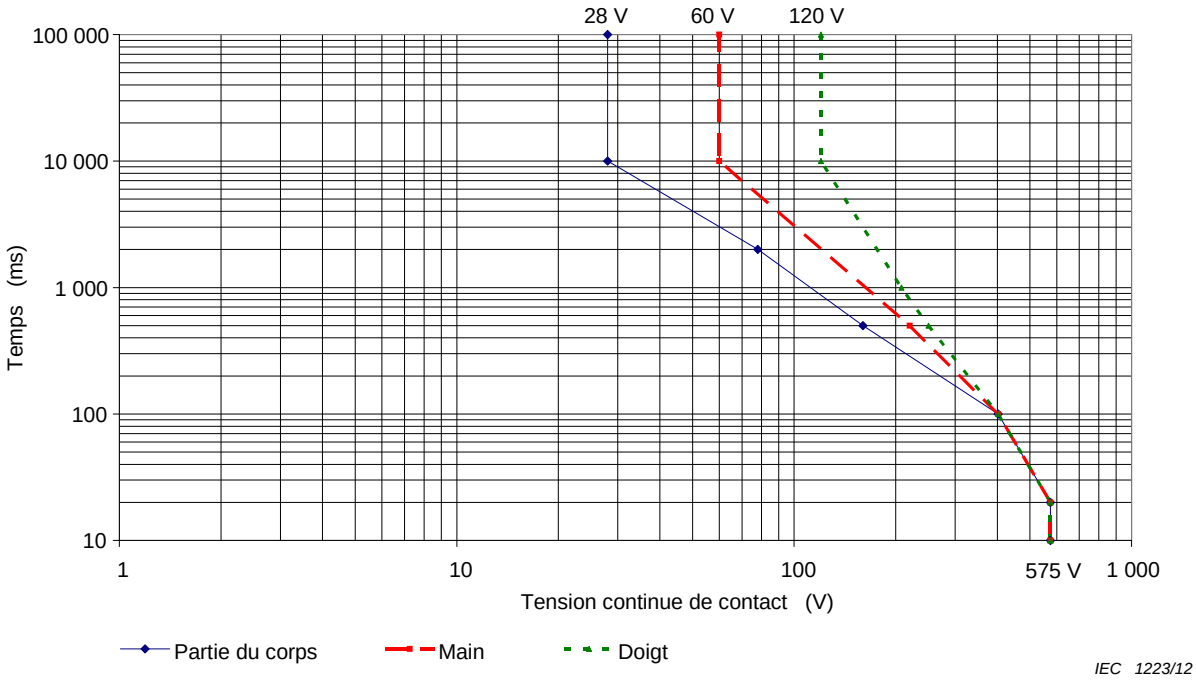


Figure A.4 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau sèche

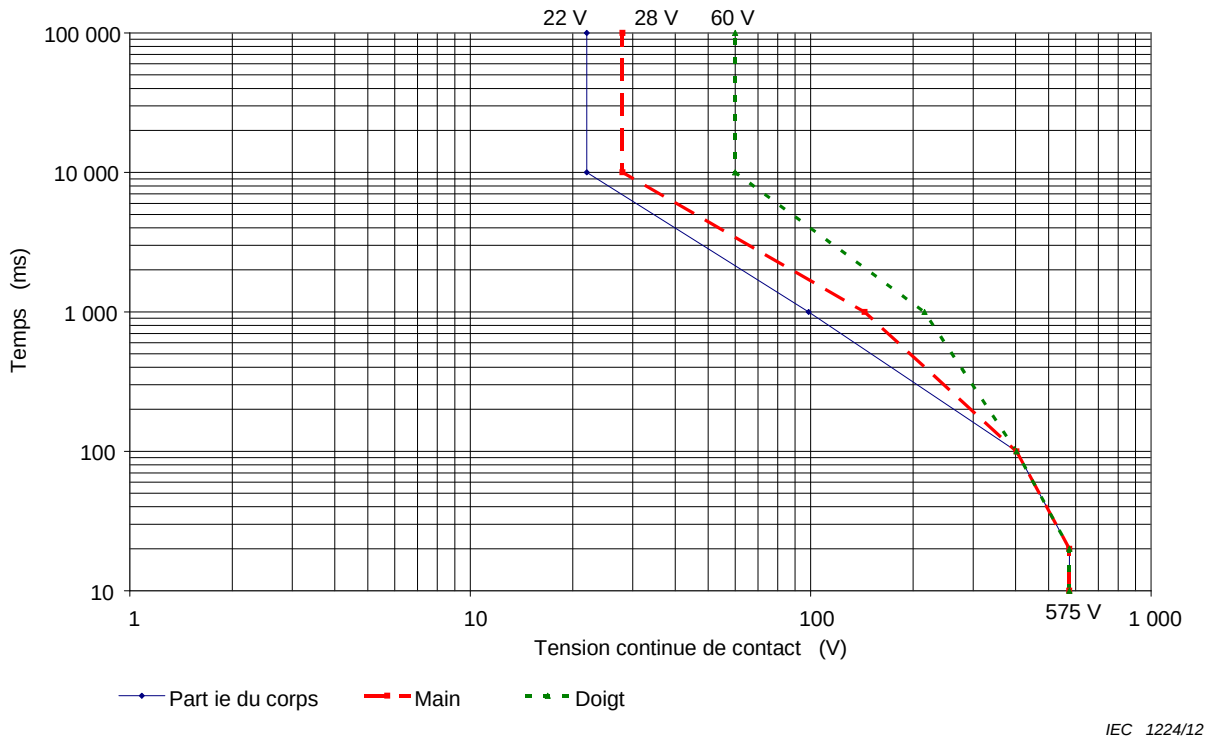


Figure A.5 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau humide

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

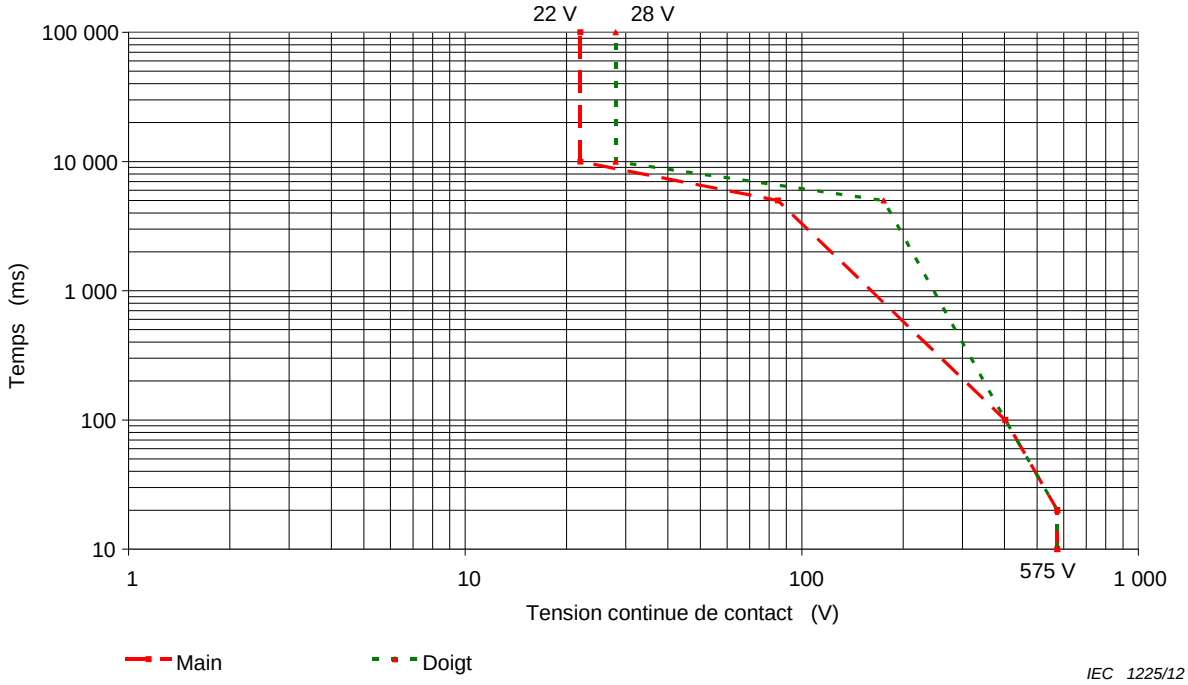


Figure A.6 – Zone temps-tension continue de contact pour la condition de peau humide et salée

NOTE Les Figures A.4 à A.6 sont identiques aux Figures 1 à 3.

A.5.7 Zones temps-tension continue de contact pour un *fort effet musculaire* (*effet de lâcher*)

Les Figures A.7, A.8 et A.9 fournissent des informations sur les limites de la tension continue de contact non répétitive de courte durée pour la protection contre le *fort effet musculaire*.

Les figures fournissent des informations sur le niveau acceptable pour la partie du corps, la main et le bout du doigt dans les conditions de peau sèche, humide et humide et salée.

Pour certaines combinaisons, aucune information n'est donnée pour la zone temps-tension et la *protection principale* contre le contact direct est exigée.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

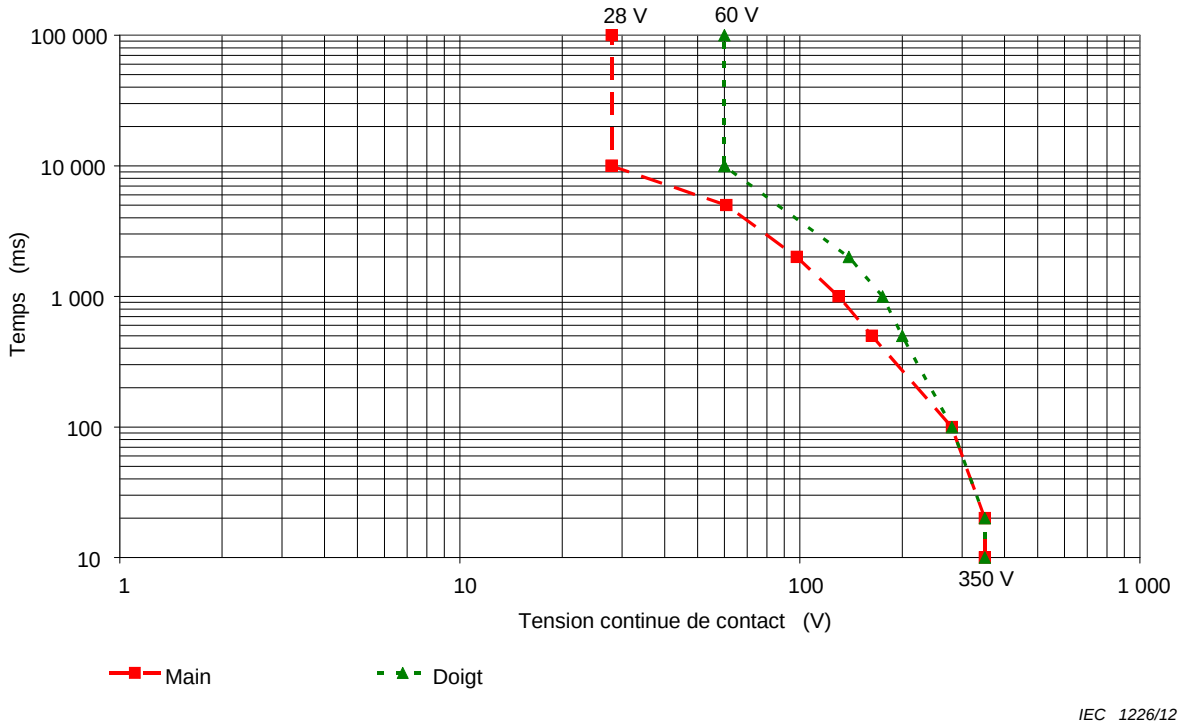


Figure A.7 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau sèche

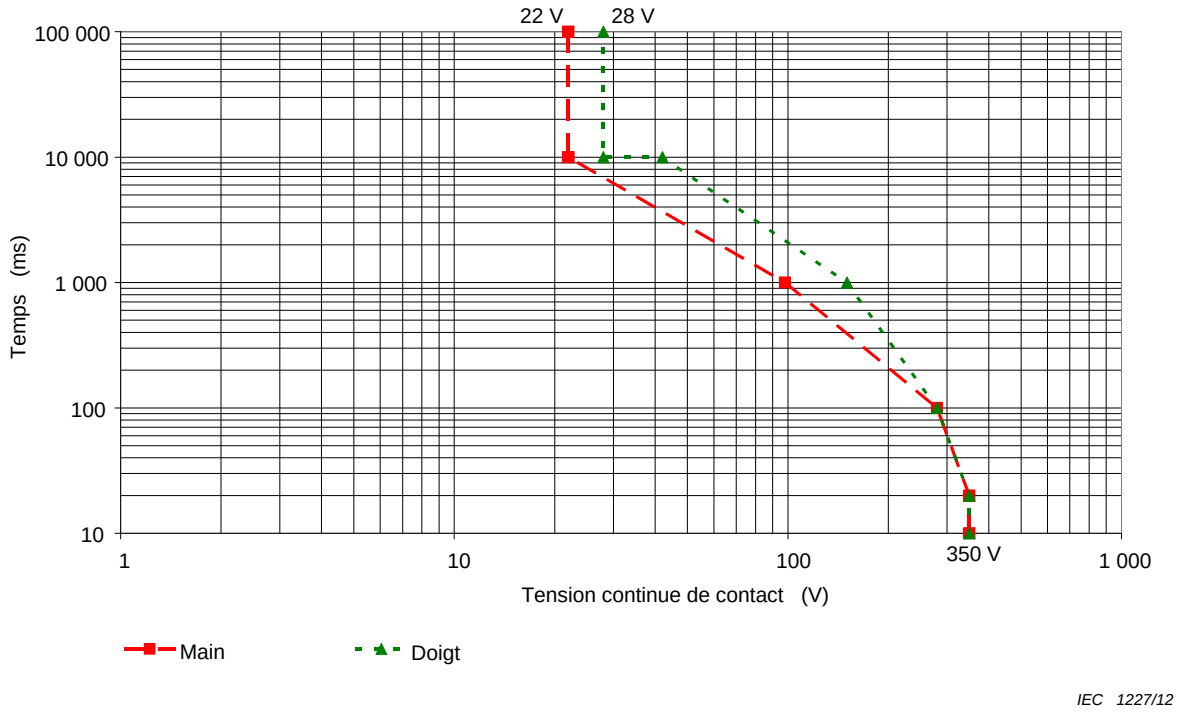


Figure A.8 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau humide

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

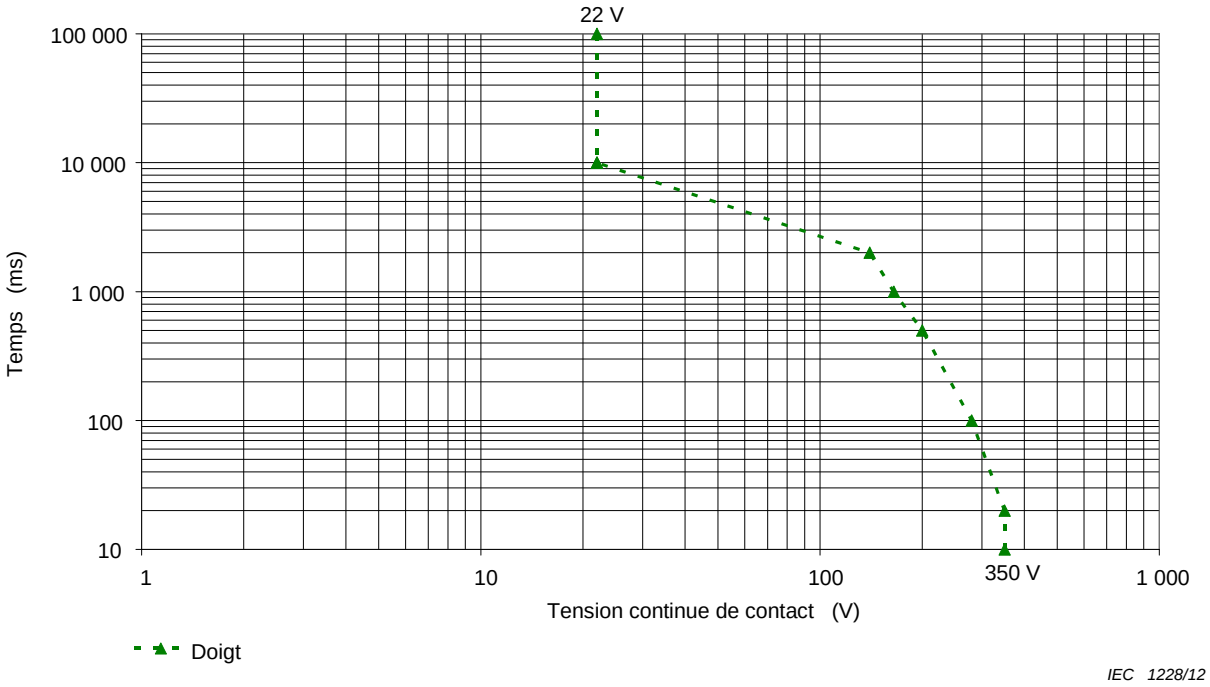


Figure A.9 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau humide et salée

A.5.8 Zones temps-tension continue de contact pour la *réaction de tressaillement*

Les Figures A.10 et A.11 fournissent des informations sur les limites de la tension continue de contact non répétitive de courte durée pour la protection contre la *réaction de tressaillement*.

Les figures fournissent des informations sur le niveau acceptable pour la partie du corps, la main et le bout du doigt dans les conditions de peau sèche, humide et humide et salée.

Pour certaines combinaisons, aucune information n'est donnée pour la zone temps-tension et la *protection principale* contre le contact direct est exigée.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

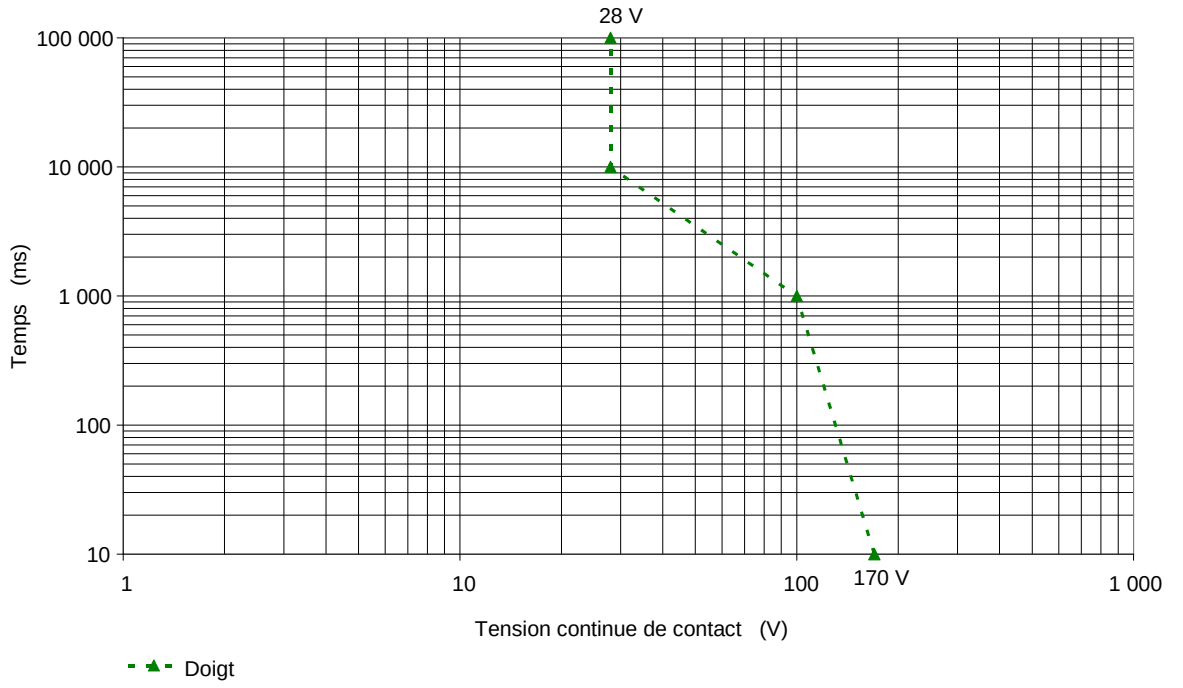


Figure A.10 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau sèche

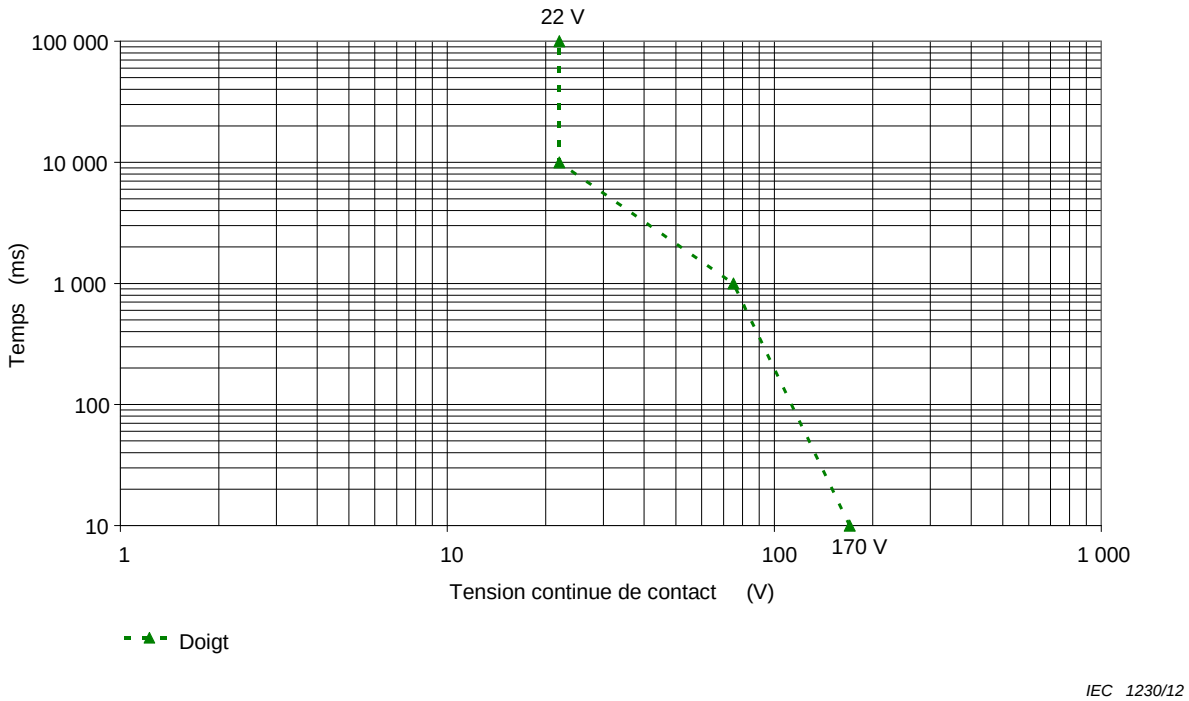


Figure A.11 – Zones temps-tension continue de contact pour la condition de peau humide

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

A.5.9 Zones temps-tension alternative de contact pour la *fibrillation ventriculaire*

Les Figures A.12, A.13 et A.14 fournissent des informations sur les limites de tension alternative de contact non répétitive de courte durée pour la protection contre la fibrillation ventriculaire.

Les figures fournissent des informations sur le niveau acceptable pour la partie du corps, la main et le bout du doigt dans les conditions de peau sèche, humide et humide et salée.

Pour certaines combinaisons, aucune information n'est donnée pour la zone temps-tension et la *protection principale* contre le contact direct est exigée.

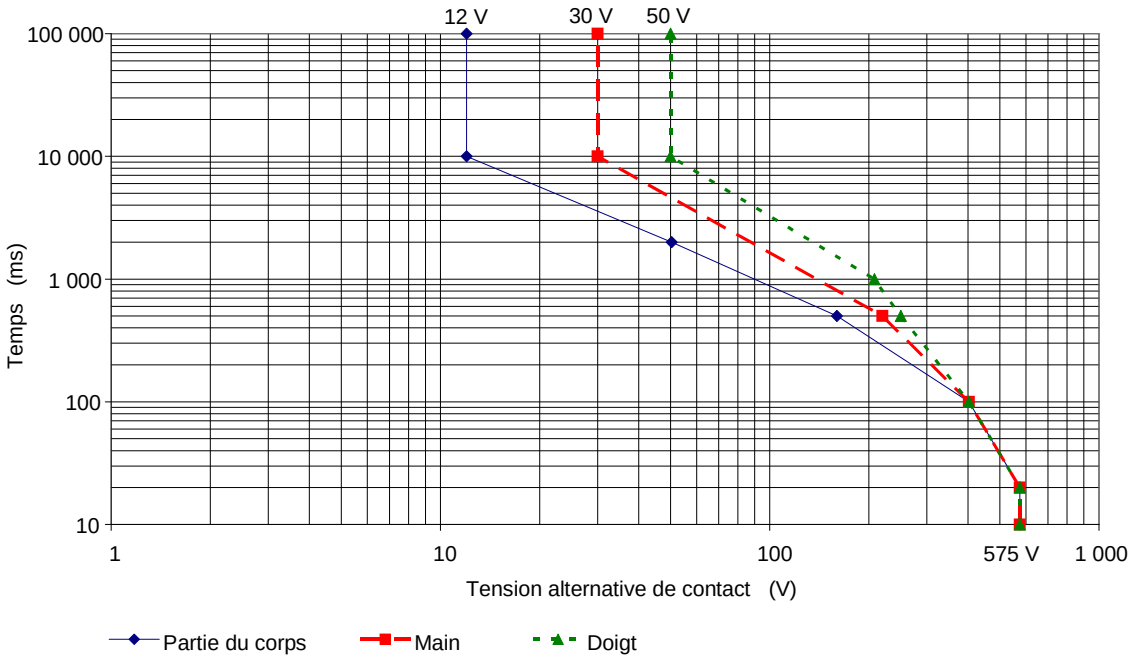


Figure A.12 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau sèche

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

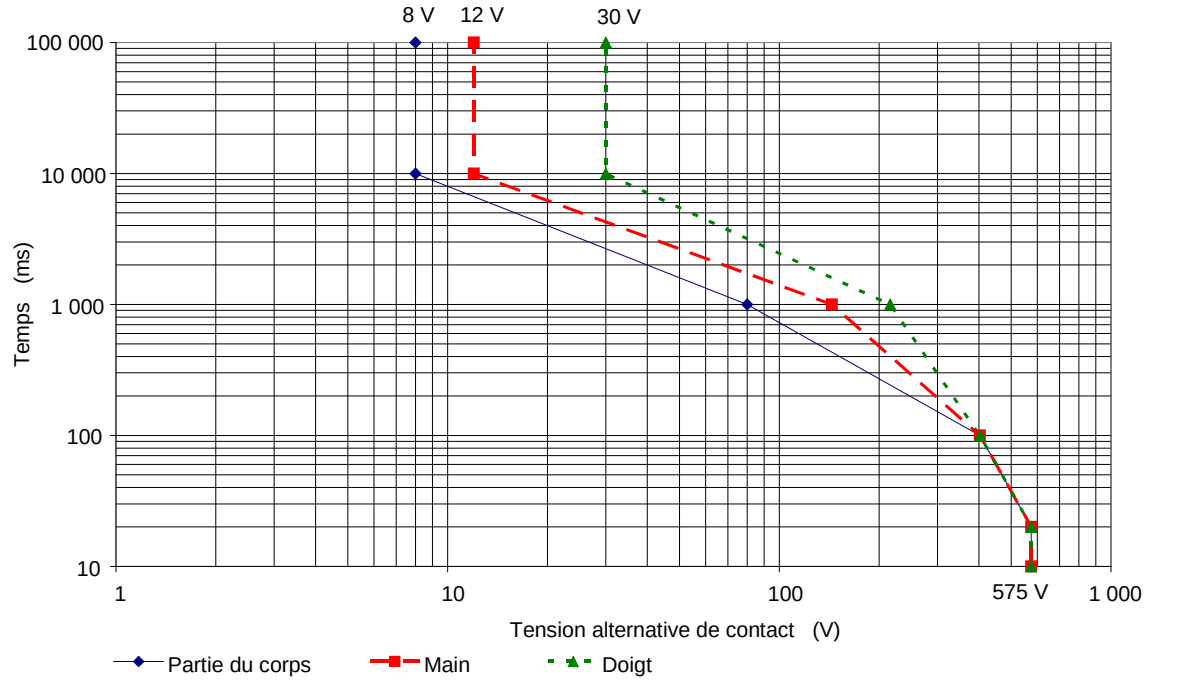


Figure A.13 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau humide

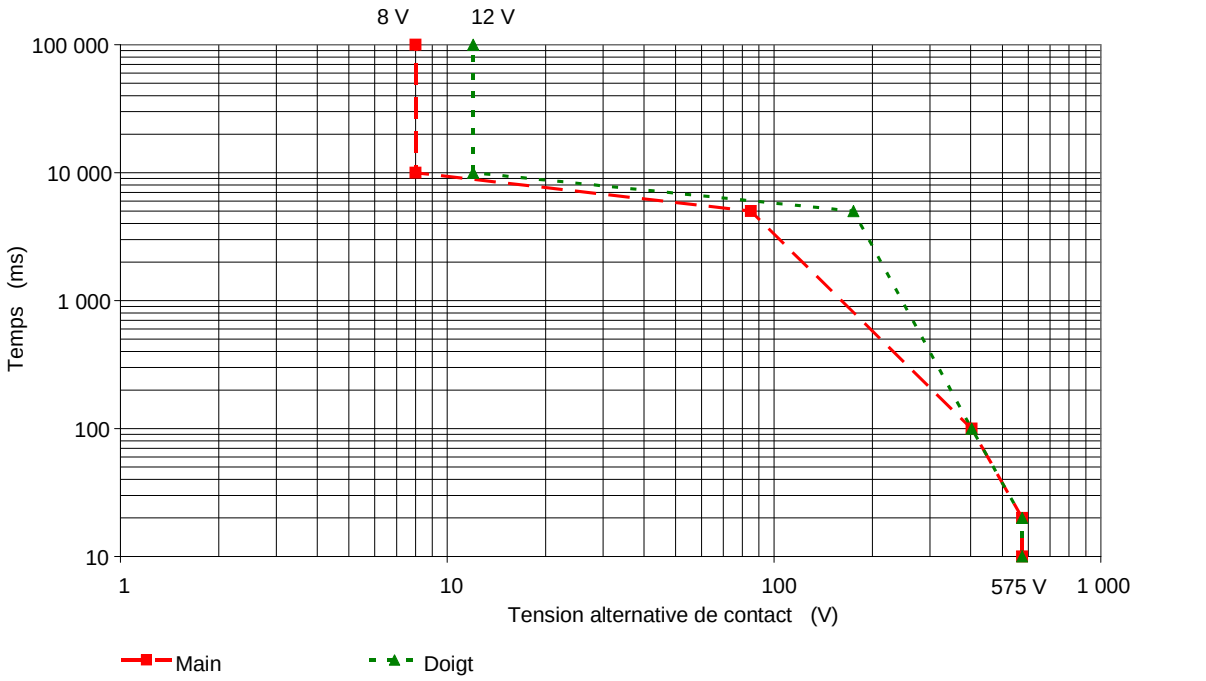


Figure A.14 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau humide et salée

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

A.5.10 Zones temps-tension alternative de contact pour un *fort effet musculaire (effet de lâcher)*

Les Figures A.15, A.16 et A.17 fournissent des informations sur les limites de tension alternative de contact non répétitive de courte durée pour la protection contre le *fort effet musculaire*.

Les figures fournissent des informations sur le niveau acceptable pour la partie du corps, la main et le bout du doigt dans les conditions de peau sèche, humide et humide et salée.

Pour certaines combinaisons, aucune information n'est donnée pour la zone temps-tension et la *protection principale* contre le contact direct est exigée.

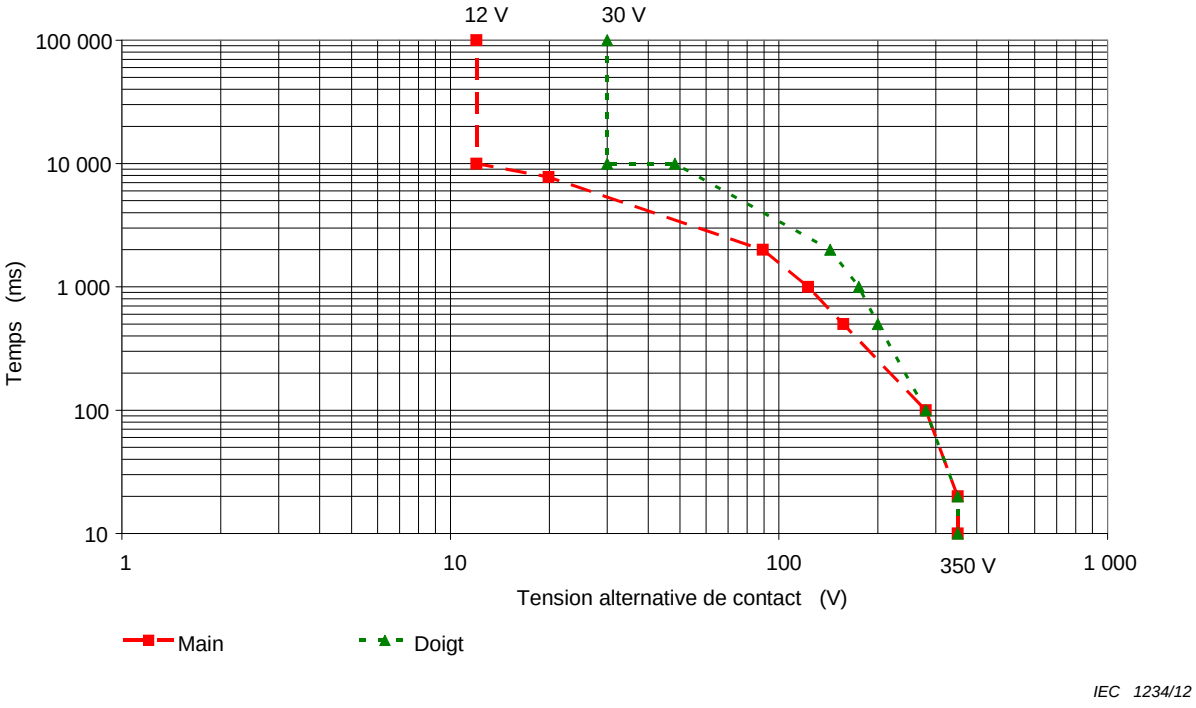


Figure A.15 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau sèche

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

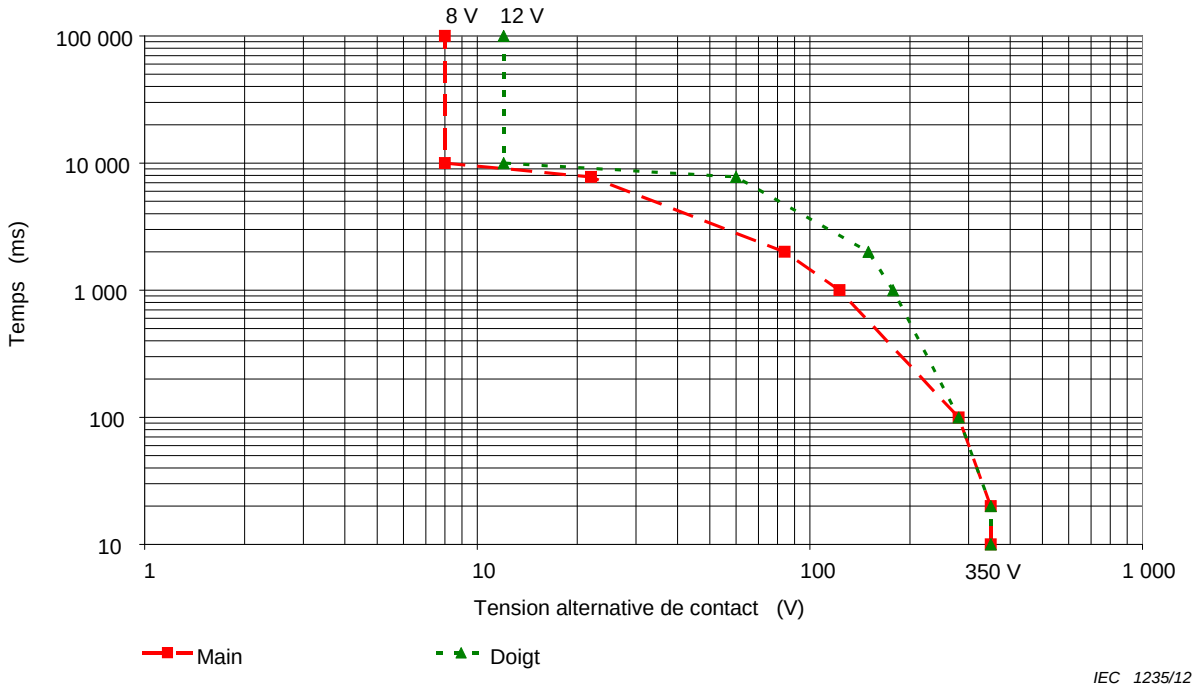


Figure A.16 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau humide

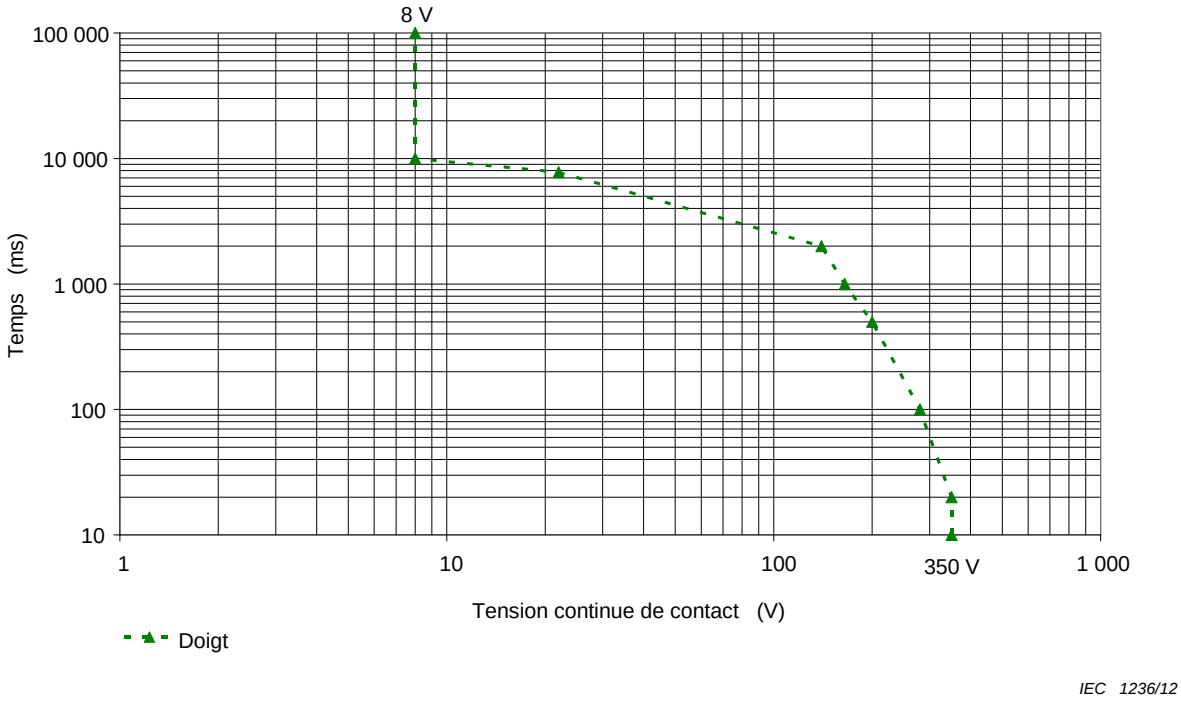


Figure A.17 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau humide et salée

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

A.5.11 Zones temps-tension alternative de contact pour une *réaction de tressaillement*

Les Figures A.18 et A.19 fournissent des informations sur les limites de tension alternative de contact non répétitive de courte durée pour la protection contre la *réaction de tressaillement*.

Les figures fournissent des informations sur le niveau acceptable pour la partie du corps, la main et le bout du doigt dans les conditions de peau sèche, humide et humide et salée.

Pour certaines combinaisons, aucune information n'est donnée pour la zone temps-tension et la *protection principale* contre le contact direct est exigée.

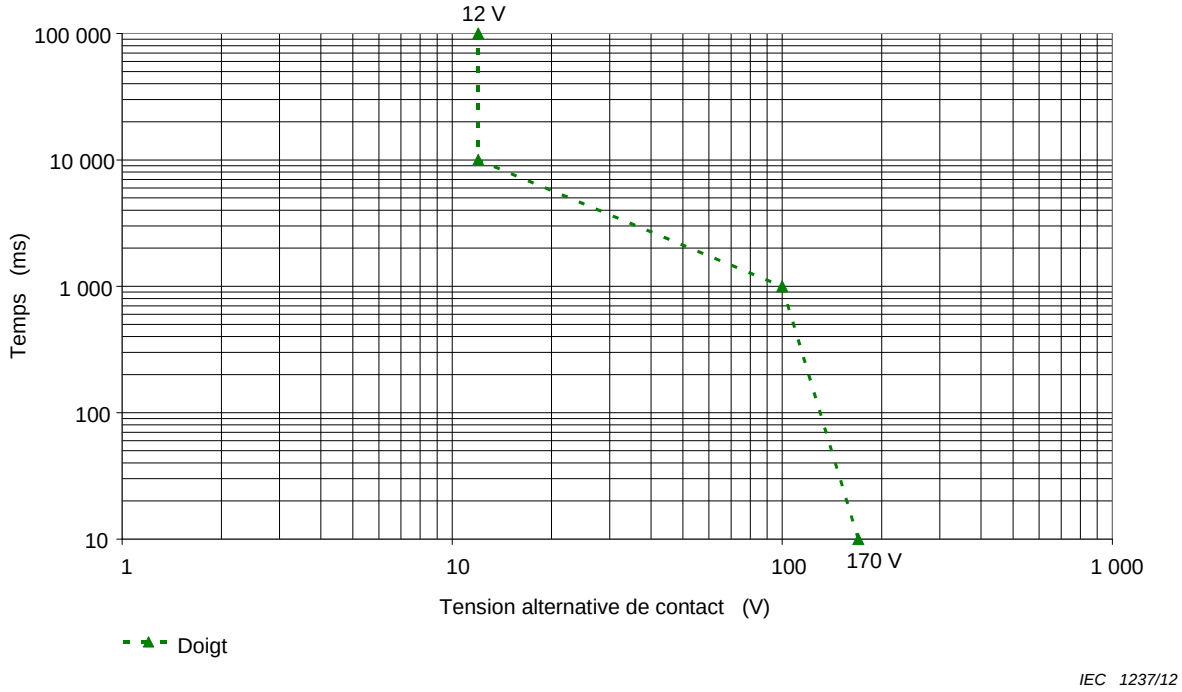


Figure A.18 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau sèche

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

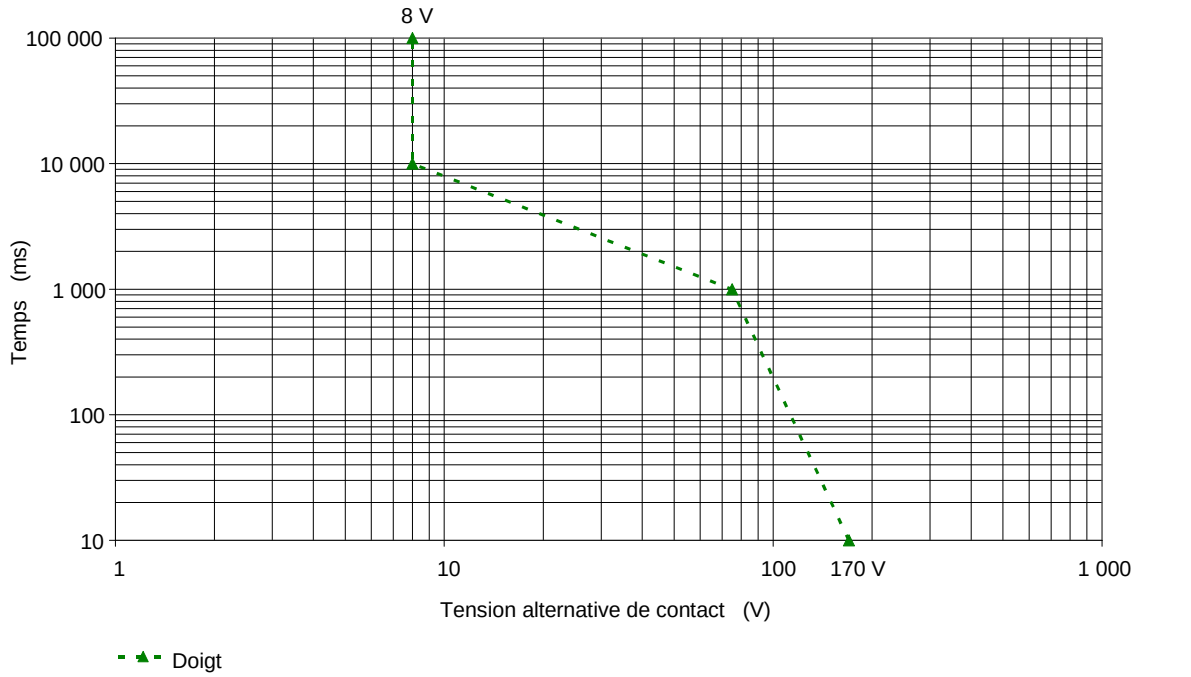


Figure A.19 – Zones temps-tension alternative de contact pour la condition de peau humide

A.6 Evaluation de la *tension de fonctionnement* des circuits

A.6.1 Généralités

La méthode exposée ci-dessous permet de déterminer la *tension de fonctionnement* pour

- c.a. efficace (U_{AC});
- crête répétitive c.a. (U_{ACP}); et
- un courant continu (moyenne).

Trois cas de formes d'ondes sont pris comme exemple.

Les Figures A.20 à A.22 montrent des formes d'ondes types pour l'évaluation de la *tension de fonctionnement*.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

A.6.2 *Tension de fonctionnement* c.a.

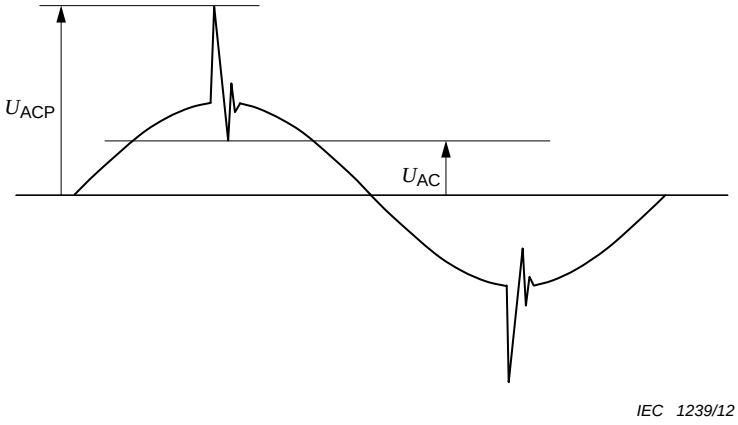


Figure A.20 – Forme d'onde type pour la *tension de fonctionnement* c.a.

La *tension de fonctionnement* a une valeur efficace U_{AC} et une valeur de crête répétitive U_{ACP}.

La *CTD* est celle de la ligne de tension la plus basse du Tableau 5 pour laquelle les deux conditions suivantes sont satisfaites:

- $U_{AC} \leq U_{ACL}$
- $U_{ACP} \leq U_{ACPL}$

Exemple avec valeurs:

U_{AC} = 39 V --> est inférieure à U_{ACL} = 50 V --> *CTD B*

U_{ACP} = 91 V --> est supérieure à U_{ACPL} = 71 V --> *CTD C*

La règle de détermination de la *CTD* de la tension consiste à choisir la *CTD* la plus élevée.

Résultat: --> cette *tension de fonctionnement* devient *CTD C*

A.6.3 *Tension de fonctionnement* c.c.

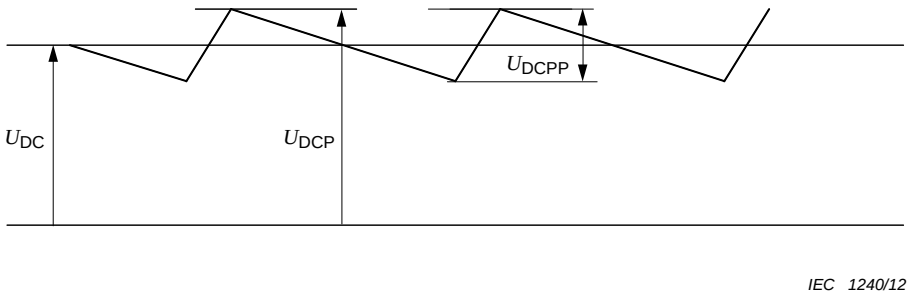


Figure A.21 – Forme d'onde type pour la *tension de fonctionnement* c.c.

La *tension de fonctionnement* a une valeur moyenne U_{DC} et une valeur de crête répétitive U_{DCP}, provoquée par une tension d'ondulation de valeur efficace inférieure ou égale à 10 % de U_{DC}.

La *CTD* est celle de la ligne de tension la plus basse du Tableau 5 pour laquelle les deux conditions suivantes sont satisfaites.

- $U_{DC} \leq U_{DCL}$

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

- $U_{DCP} \leq$ 1,17 x U_{DCL}

A.6.4 *Tension de fonctionnement* pulsante

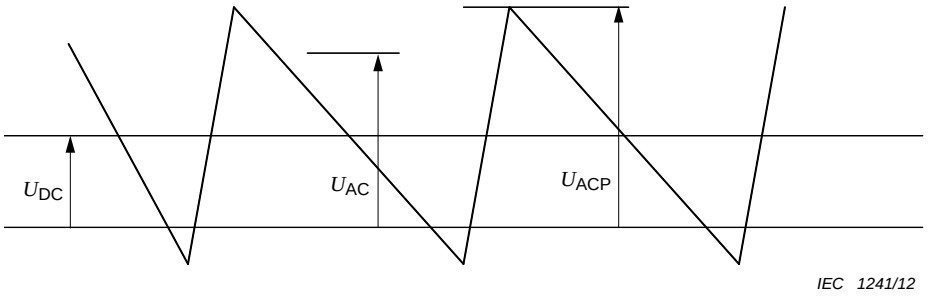


Figure A.22 – Forme d'onde type pour la *tension de fonctionnement* pulsante

La *tension de fonctionnement* a une valeur moyenne U_{DC} et une valeur de crête répétitive U_{ACP}, provoquée par une tension d'ondulation de valeur efficace supérieure à 10 % de U_{DC}.

La *CTD* est celle de la ligne de tension la plus basse du Tableau 5 pour laquelle les deux conditions suivantes sont satisfaites:

$$\frac{U_{AC}}{U_{ACL}} + \frac{U_{DC}}{U_{DCL}} \leq 1$$

$$\frac{U_{ACP}}{U_{ACPL}} + \frac{U_{DC}}{1{,}17 \times U_{DCL}} \leq 1$$

A.7 Exemples d'utilisation des éléments de mesures de protection

La protection contre les chocs électriques doit être réalisée au moyen de:

- une combinaison de la *protection principale* selon 4.4.3 et de la *protection en cas de défaut* selon 4.4.4, ou
- une protection renforcée selon 4.4.5.

Le Tableau A.4 donne des exemples de combinaisons types de ces mesures.

Le degré d'*isolation* dépend:

- de la *CTD* des *parties actives* selon le Tableau 5;
- de l'exigence d'*isolation* entre les *circuits adjacents* selon le Tableau 6;
- du raccordement des parties accessibles conductrices à la terre par la *liaison équipotentielle de protection* selon le Tableau 6; et
- des parties non conductrices accessibles.

A la place de l'*isolation* solide, il est possible d'utiliser une distance d'isolement dans l'air selon 4.4.7.4, représentée par L_1 et L_2 dans le Tableau A.4.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Dans le Tableau A.4, trois cas sont considérés:

Cas a):

Les parties accessibles sont conductrices et raccordées à la terre par la *liaison équipotentielle de protection*.

- *L'isolation principale* est exigée entre les parties accessibles et les *parties actives*. La tension correspondante est celle des *parties actives* (voir Tableau A.4, cellules 1a, 2a, 3a).

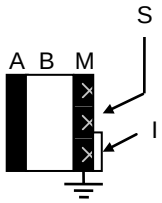
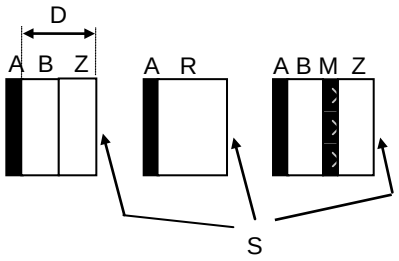
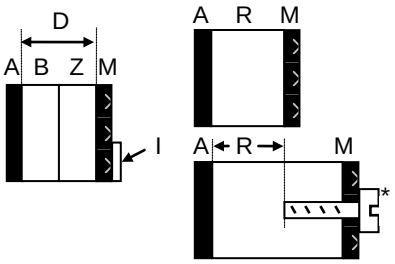
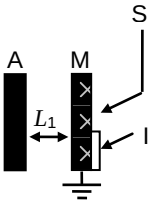
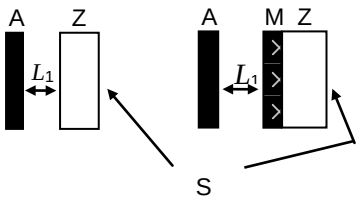
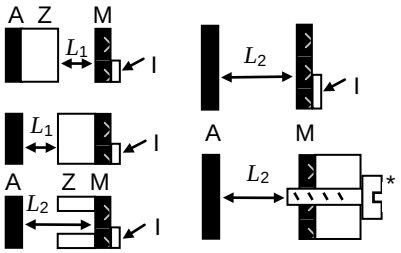
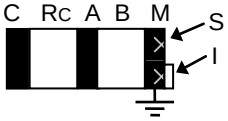
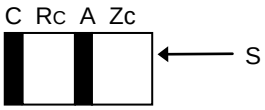
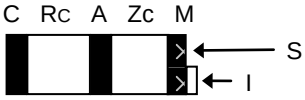
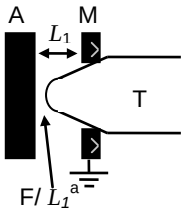
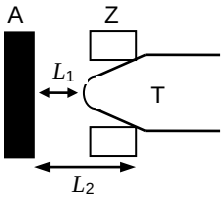
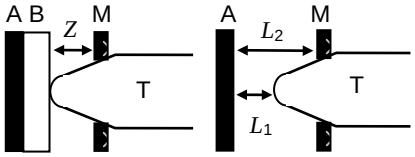
Cas b) et c):

Les parties accessibles ne sont pas conductrices (cas b) ou conductrices mais non raccordées à la terre par la *liaison équipotentielle de protection* (cas c). L'*isolation* exigée est:

– Double *isolation* ou *isolation* renforcée entre les parties accessibles et les *parties actives* de la *CTD C*. La tension correspondante est celle des *parties actives* (voir Tableau A.4, cellules 1b), 1c), 2b), et 2c)).
– Une *isolation* supplémentaire entre les parties accessibles et les *parties actives* des circuits de la *CTD A* ou *B* et séparées par une *isolation principale* des *circuits adjacents* de la *CTD C*. La tension correspondante est la tension la plus élevée des *circuits adjacents* (voir Tableau A.4, cellules supérieures 3b), 3c)).
– Une *isolation principale* entre les parties accessibles et les *parties actives* des circuits de la *CTD B* dotés d'une *séparation* de protection avec les *circuits adjacents* de la *CTD C*. La tension correspondante est celle des *parties actives* (voir Tableau A.4, cellules inférieures 3b), 3c)).

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Tableau A.4 – Exemples de protection contre les chocs électriques

Type d'*isolation*	Configuration de l'*isolation*		
	a **Parties conductrices accessibles et raccordées à la terre par une *liaison équipotentielle de protection***	**b** **Parties accessibles non conductrices**	**c** **Parties conductrices accessibles, mais NON raccordées à la terre par une *liaison équipotentielle de protection***
1. Solide			
2. Totale ou partielle par distance d'isolement dans l'air			
3. *Isolation* des *circuits adjacents*: **Circuit A: circuit de tension inférieure** **Circuit C: circuit de tension supérieure; *CTD C***			
4. Exigences pour les ouvertures dans les *enveloppes*			

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

A	*partie active*	L_1	distance d'isolement dans l'air pour l'*isolation principale*	T	doigt d'essai (Article 12 de la CEI 60529:1989)
B	*isolation principale* pour circuit A	L_2	distance d'isolement dans l'air pour l'*isolation renforcée*	Z	*isolation supplémentaire* pour circuit A
BC	*isolation principale* pour circuit C	M	partie conductrice	ZC	*isolation supplémentaire* pour circuit C
C	*circuit adjacent*	R	*isolation renforcée* pour circuit A	*	s'applique aussi aux vis en plastique
D	*double isolation* pour circuit A	RC	*isolation renforcée* pour circuit C	F	*isolation fonctionnelle* pour circuit A
I	*isolation* inférieure à B	S	surface de l'appareillage		

NOTE 1 A la colonne c), une vis en plastique est considérée comme métallique parce qu'un utilisateur pourrait la remplacer par une vis métallique au cours de la vie du matériel.

NOTE 2 A la ligne 4), l'insertion du doigt d'essai est considérée comme représentant une situation de premier défaut.

[a] L'*isolation fonctionnelle* est suffisante si l'ouverture est couverte en fonctionnement normal. Il ne doit pas être possible de retirer le capot sans l'utilisation d'un outil ou d'une clé. Si l'ouverture n'est pas couverte en fonctionnement normal, l'*isolation principale* est nécessaire.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Annexe B
(informative)

Considérations relatives à la réduction du degré de pollution

B.1 Introduction

La présente annexe a pour objectif de fournir un aperçu des facteurs qu'il convient de prendre en considération pour réduire le degré de pollution des matériels électriques, et ce, afin de permettre une réduction des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite. Etant donné que les mesures à prendre dépendent principalement de la nature de la pollution, aucune recommandation exhaustive ne peut être fournie concernant la méthode à appliquer pour atteindre l'objectif d'un degré de pollution réduit pour les matériels.

B.2 Facteurs d'influence du degré de pollution

Les facteurs suivants exercent une influence sur le degré de pollution:

- Pollution:
  - pas de pollution;
  - pollution sèche non conductrice;
  - pollution sèche non conductrice pouvant devenir conductrice en présence d'humidité;
  - pollution conductrice.

NOTE La pollution peut être externe, générée ou présente de manière interne à la fin du procédé de fabrication.

- Humidité:
  - pas d'humidité ou faible humidité sans condensation;
  - condensation temporaire;
  - humidité permanente;
  - pluie ou neige.

B.3 Réduction des facteurs d'influence

Exemples de mesures pouvant être appliquées pour réduire les facteurs d'influence. Les mesures décrites pour satisfaire aux exigences sont uniquement indiquées à titre illustratif. Il peut exister d'autres possibilités.

- Revêtement (voir 4.4.7.6);
- IP5X (essai de poussières conformément à la CEI 60529);
- IPX4..IPX8 selon l'environnement.

Il convient de s'assurer, lors du scellement hermétique d'un matériel électrique, que le niveau d'humidité correspond au niveau faible requis pour le rescellement du matériel après ouverture de l'*enveloppe* (par exemple, pour une opération de service).

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Annexe C
(informative)

Symboles référencés dans la CEI 62477-1

Tableau C.1 – Symboles utilisés

Symbole	Référence aux normes	Description	Paragraphes
	CEI 60417–5019 (2011-01)	Borne de *conducteur de mise à la terre de protection*	4.4.4.3.2, 6.3.7.2
	ISO 7010–W001 (2011-06)	Attention, se reporter à la documentation	4.4.4.3.3, 4.4.8, 6.3.7.2
	CEI 60417-5018 (2011-01)	Borne de mise à la terre fonctionnelle	4.4.6.3
	CEI 60417–5172 (2011-01)	Matériel (double isolation) de classe II	4.4.6.3
	CEI 60417-6042 (2012-05)	Attention, risque de choc électrique	4.4.9, 6.5.2
	CEI 60417-5041 (2012-05)	Attention, surface brûlante	4.6.4.2, 6.4.3.4

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Annexe D
(normative)

Evaluation des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite

D.1 Mesure

Les distances d'isolement dans l'air et les lignes de fuite doivent être évaluées comme illustré dans les Exemples D.1 à D.14.

Pour les chemins constitués de parties avec différents degrés de pollution, comme par exemple lors de l'introduction d'un joint scellé qui assure une protection de type 1 (CEI 60664-3) dans un environnement de degré de pollution 2, les distances d'isolement dans l'air et les lignes de fuite sont déterminées selon les Tableaux 10 et 11, en appliquant les règles suivantes:

- En général, une ligne de fuite peut être divisée en plusieurs parties de différents matériaux et/ou avoir différents degrés de pollution si l'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'indice IRC le plus faible et le degré de pollution le plus élevé.
- Pour les lignes de fuite applicables à l'*isolation fonctionnelle* sur CCI et composants montés sur CCI, conçus pour les degrés de pollution 1 et 2, la somme des tensions déterminantes de chaque partie du chemin ne doit pas être inférieure à la tension déterminante des circuits concernés. Les distances pour chaque partie de la ligne de fuite à l'étude doivent être conformes aux distances minimales spécifiées dans le Tableau D.1.

D.2 Relation entre la mesure et le degré de pollution

Les valeurs "X" dépendent du degré de pollution et doivent être telles que spécifiées dans le Tableau D.1. Si la distance d'isolement dans l'air admise associée est inférieure à 3 mm, la valeur X est égale à un tiers de la distance d'isolement dans l'air.

Tableau D.1 – Largeur des rainures en fonction du degré de pollution

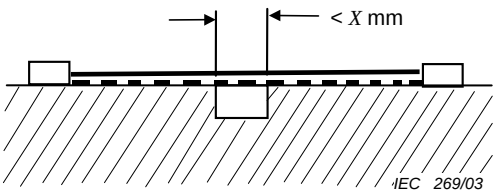
Degré de pollution	Valeur X mm
1	0,25
2	1,0
3	1,5

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

D.3 Exemples

Dans les Exemples D.1 à D.14 ci-dessous, la distance d'isolement dans l'air et la ligne de fuite sont désignées comme suit:

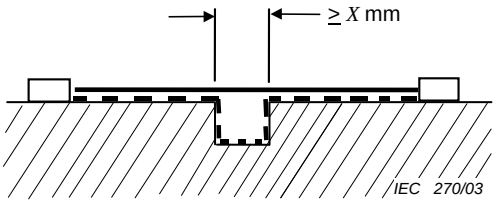
Distance d'isolement dans l'air	———	Ligne de fuite	– – –



Condition: Le chemin à l'étude comporte une rainure à côté parallèle, divergent ou convergent, d'une profondeur quelconque avec une largeur inférieure à X mm.

Règle: La ligne de fuite et la distance d'isolement dans l'air sont mesurées directement à travers la rainure comme illustré.

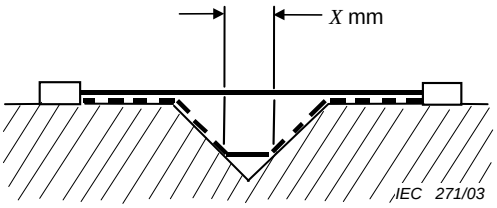
Exemple D.1



Condition: Le chemin à l'étude comporte une rainure à côté parallèle ou divergent d'une profondeur quelconque avec une largeur supérieure ou égale à X mm.

Règle: La distance d'isolement dans l'air est la distance de "visibilité". Le chemin de la ligne de fuite suit le contour de la rainure.

Exemple D.2

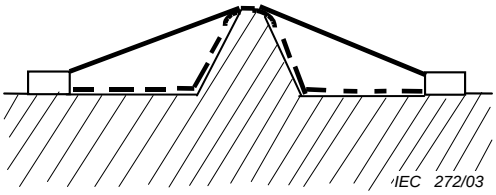


Condition: Le chemin à l'étude comporte une rainure en forme de V avec une largeur supérieure à X mm.

Règle: La distance d'isolement dans l'air est la distance de "visibilité". Le chemin de la ligne de fuite suit le contour de la rainure mais "court-circuite" la partie inférieure de la rainure par une liaison de X mm.

Exemple D.3

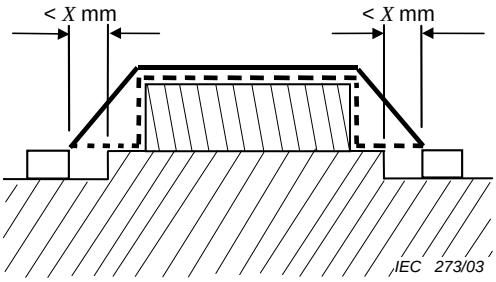
Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe



Condition: Le chemin à l'étude comprend une nervure.

Règle: La distance d'isolement dans l'air est la plus courte distance dans l'air au-dessus de la partie supérieure de la nervure. Le chemin de la ligne de fuite suit le contour de la nervure.

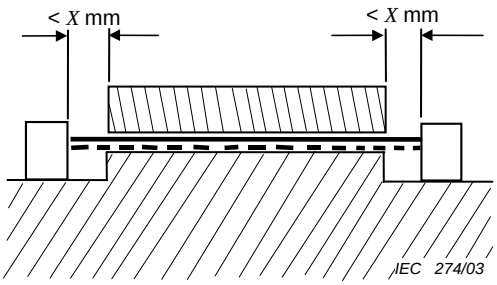
Exemple D.4



Condition: Le chemin à l'étude comprend un joint scellé qui assure une protection de type 2 avec des rainures d'une largeur inférieure à X mm de chaque côté.

Règle: La distance d'isolement dans l'air est la plus courte distance dans l'air au-dessus de la partie supérieure du joint. La ligne de fuite est mesurée directement sur les rainures et suit le contour du joint.

Exemple D.5

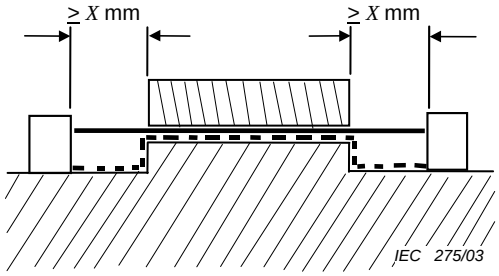


Condition: Le chemin à l'étude comprend un joint non scellé ou un joint scellé qui assure une protection de type 1 avec des rainures d'une largeur inférieure à X mm de chaque côté.

Règle: Le chemin de la ligne de fuite et de la distance d'isolement dans l'air est la distance de "visibilité" indiquée.

Exemple D.6

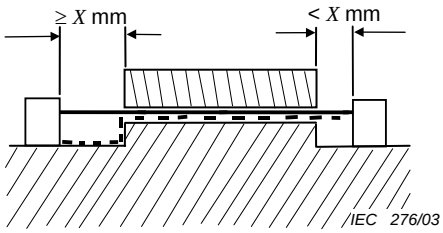
Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe



Condition: Le chemin à l'étude comprend un joint non scellé ou un joint scellé qui assure une protection de type 1 avec des rainures d'une largeur supérieure ou égale à X mm de chaque côté.

Règle: La distance d'isolement dans l'air est la distance de "visibilité". Le chemin de la ligne de fuite suit le contour des rainures.

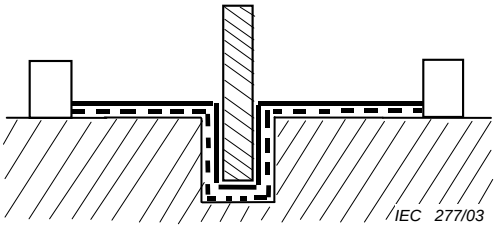
Exemple D.7



Condition: Le chemin à l'étude comprend un joint non scellé ou un joint scellé qui assure une protection de type 1 avec une rainure d'une largeur inférieure à X mm sur un côté, la rainure située de l'autre côté ayant une largeur supérieure ou égale à X mm.

Règle: Les chemins de distance d'isolement dans l'air et de ligne de fuite sont tels qu'illustrés.

Exemple D.8

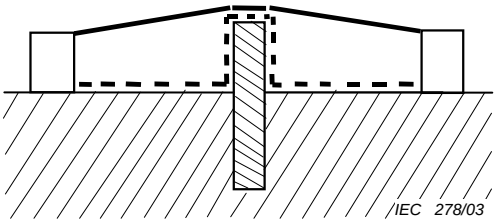


Condition: Le chemin à l'étude comprend une barrière non scellée ou un joint scellé qui assure une protection de type 1 lorsque le chemin en dessous de la barrière est plus court que le chemin situé au-dessus de la barrière.

Règle: Les chemins de distance d'isolement dans l'air et de ligne de fuite suivent le contour situé sous la barrière.

Exemple D.9

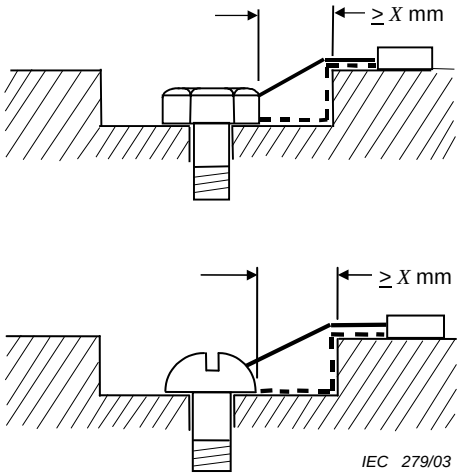
Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe



Condition: Le chemin à l'étude comprend une barrière non scellée ou une barrière scellée lorsque le chemin au-dessus de la barrière est plus court que le chemin situé en dessous de la barrière.

Règle: La distance d'isolement dans l'air est la plus courte distance dans l'air au-dessus de la partie supérieure de la barrière. Le chemin de la ligne de fuite suit le contour de la barrière.

Exemple D.10

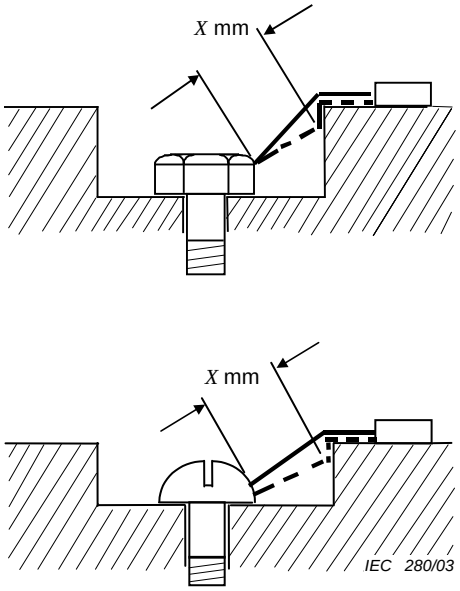


Condition: Le chemin à l'étude comporte une ouverture entre la tête de la vis et la paroi du retrait d'une largeur supérieure ou égale à X mm.

Règle: La distance d'isolement dans l'air est la plus courte distance dans l'air à travers l'ouverture et au-dessus de la surface supérieure. Le chemin de la ligne de fuite suit le contour des surfaces.

Exemple D.11

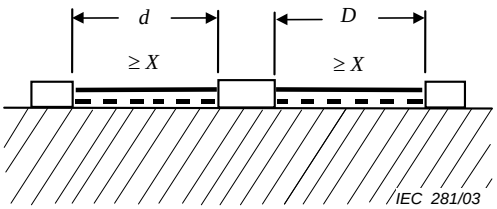
Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe



Condition: Le chemin à l'étude comporte une ouverture entre la tête de la vis et la paroi du retrait d'une largeur inférieure à X mm.

Règle: La distance d'isolement dans l'air est la plus courte distance dans l'air à travers l'ouverture et au-dessus de la surface supérieure. Le chemin de la ligne de fuite suit le contour des surfaces mais "court-circuite" la partie inférieure du retrait par une liaison de X mm.

Exemple D.12

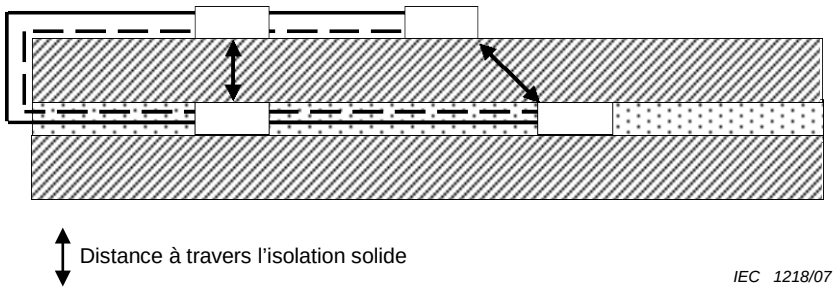


Condition: Le chemin à l'étude comporte une partie isolée d'un matériau conducteur.

Règle: La somme de d plus D constitue les chemins de la distance d'isolement dans l'air et de la ligne de fuite.

Exemple D.13

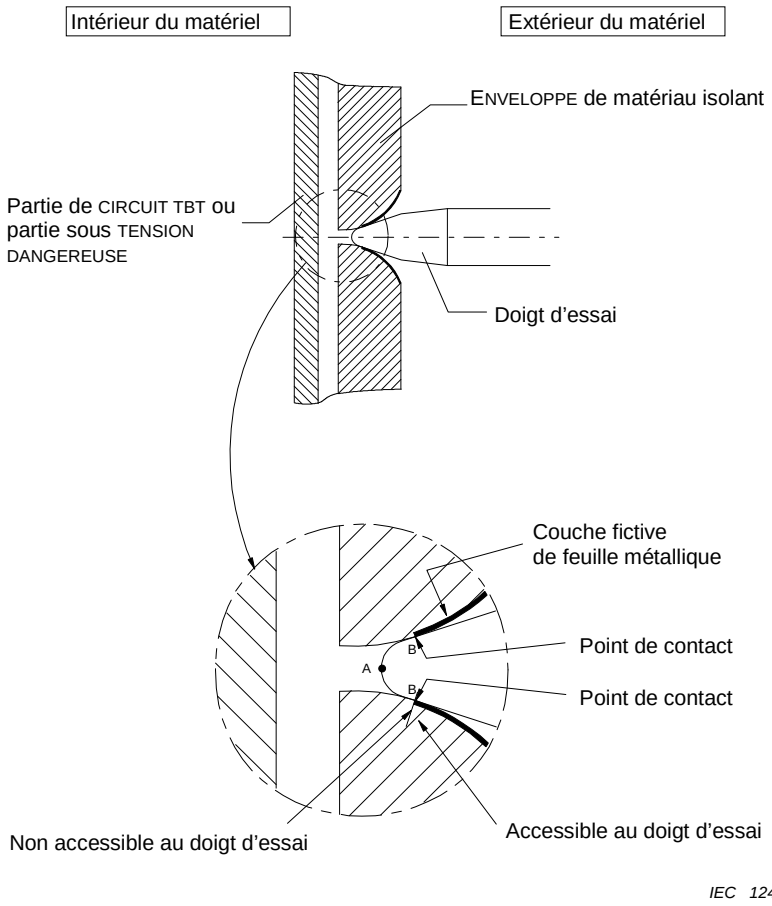
Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe



Condition: Le chemin à l'étude inclut une couche interne de carte de circuit imprimé.

Règle: Concernant la ou les couches internes, la distance entre les pistes adjacentes d'une même couche est traitée en tant que ligne de fuite pour un degré de pollution 1 et en tant que distance d'isolement dans l'air (voir 4.4.7.8.4.1).

Exemple D.14



Le point A permet de déterminer la distance dans l'air par rapport à une partie à l'intérieur de l'*enveloppe*.

Le point B permet de mesurer la distance d'isolement dans l'air et la ligne de fuite entre la partie extérieure d'une *enveloppe* d'un matériau isolant et la partie à l'intérieur de l'*enveloppe*.

Exemple D.15 – Exemple de mesures dans une *enveloppe* de matériau isolant

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Annexe E
(informative)

Correction d'altitude pour les distances d'isolement dans l'air

Se reporter à 4.4.7.4.1 en association avec le facteur de correction du Tableau E.1 pour les distances d'isolement dans l'air à des altitudes comprises entre 2 000 m et 20 000 m.

Tableau E.1 – Facteur de correction pour les distances d'isolement dans l'air à des altitudes comprises entre 2 000 m et 20 000 m

Altitude m	**Pression barométrique normale** kPa	**Facteur multiplicatif pour les distances d'isolement dans l'air**
2 000	80,0	1,00
3 000	70,0	1,14
4 000	62,0	1,29
5 000	54,0	1,48
6 000	47,0	1,70
7 000	41,0	1,95
8 000	35,5	2,25
9 000	30,5	2,62
10 000	26,5	3,02
15 000	12,0	6,67
20 000	5,5	14,50

Tableau E.2 – Tensions d'essai pour la vérification des distances d'isolement dans l'air à des altitudes différentes

Tension de choc (du Tableau 9) kV	**Tension d'essai de choc au niveau de la mer** kV	**Tension d'essai de choc à une altitude de 200 m** kV	**Tension d'essai de choc à une altitude de 500 m** kV
0,33	0,36	0,36	0,35
0,50	0,54	0,54	0,53
0,80	0,93	0,92	0,90
1,50	1,8	1,7	1,7
2,50	2,9	2,9	2,8
4,00	4,9	4,8	4,7
6,00	7,4	7,2	7,0
8,00	9,8	9,6	9,4
12,00	15	14	14

NOTE 1 Des explications concernant les facteurs d'influence (pression de l'air, altitude, température, humidité) par rapport à la tenue électrique des distances d'isolement dans l'air sont données au 6.1.2.2.1.3 de la CEI 60664-1:2007.

NOTE 2 Lors des essais de la distance d'isolement dans l'air, l'*isolation* solide associée est soumise à la tension d'essai. Comme la tension d'essai de choc est augmentée par rapport à la tension de choc assignée, l'*isolation* solide doit être conçue en conséquence. Cela conduit à augmenter la capacité de tenue de tension de choc de l'*isolation* solide.

NOTE 3 Les valeurs ci-dessus ont été arrondies par rapport à celles calculées en 6.1.2.2.1.3 de la CEI 60664-1:2007.

Les valeurs des tensions du Tableau E.2 s'appliquent uniquement à la vérification des distances d'isolement dans l'air.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Annexe F
(normative)

Détermination de la distance d'isolement dans l'air et de la ligne de fuite pour des fréquences supérieures à 30 kHz

F.1 Influence générale de la fréquence sur les caractéristiques de tenue de tension de choc

L'exigence d'*isolation* relative à la distance d'isolement dans l'air, la ligne de fuite et l'*isolation* solide, comme mentionné en 4.4.7, est spécifiée pour des fréquences jusqu'à et y compris 30 kHz. Pour des fréquences plus élevées, une réduction de la capacité de tenue de tension de choc de tout type d'*isolation* doit être prévue et prise en compte pour le dimensionnement.

Pour des fréquences supérieures à 30 kHz et inférieures ou égales à 10 MHz, la CEI 60664-4 doit être appliquée, ainsi que la CEI 60664-1, pour la conception des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite, ainsi que de l'*isolation* solide.

La présente annexe fournit des informations détaillées pour la conception de la distance d'isolement dans l'air, la ligne de fuite et l'*isolation* solide, basées sur l'exigence de la CEI 60664-4.

La conception doit tenir compte de la situation suivante:

- distance d'isolement dans l'air pour des champs non homogènes (voir F.2.2);
- distance d'isolement dans l'air pour des champs presque homogènes (voir F.2.3);
- ligne de fuite (voir F.3);
- *isolation* solide (voir F.4).

Le résultat de l'examen pour des fréquences supérieures à 30 kHz doit être comparé à l'examen défini en 4.4.7 et la plus grande valeur des deux examens doit être choisie.

F.2 Distance d'isolement dans l'air

F.2.1 Généralités

La capacité de tension de tenue au choc relevant du domaine d'application de la CEI 60664-4 est influencée uniquement par la fréquence applicable à des tensions périodiques. Pour les surtensions transitoires, le dimensionnement selon 4.4.7.4 doit être utilisé.

Pour les fréquences supérieures à 30 kHz relevant du domaine d'application de la CEI 60664-4, la capacité de tension de tenue au choc des distances d'isolement dans l'air associée à une distribution homogène et presque homogène des champs peut être réduite de 25 % au maximum.

L'exigence relative à la distance d'isolement dans l'air dépend de la distribution des champs de l'*isolation* à l'étude. F.2.2 spécifie l'exigence relative à la distance d'isolement dans l'air pour des champs non homogènes, et F.2.3 fournit des critères de conception relatifs à la distance d'isolement dans l'air pour des champs presque homogènes.

Pour les fréquences dépassant 30 kHz, on considère qu'un champ presque homogène existe lorsque le rayon de courbure r des parties conductrices est supérieur ou égal à 20 % de la

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

distance d'isolement dans l'air. Le rayon de courbure nécessaire ne peut être spécifié qu'à la fin de la procédure de dimensionnement.

Le résultat de l'examen de la distance d'isolement dans l'air pour des fréquences supérieures à 30 kHz doit être comparé à l'examen défini en 4.4.7.4 et la plus grande valeur des deux examens doit être choisie.

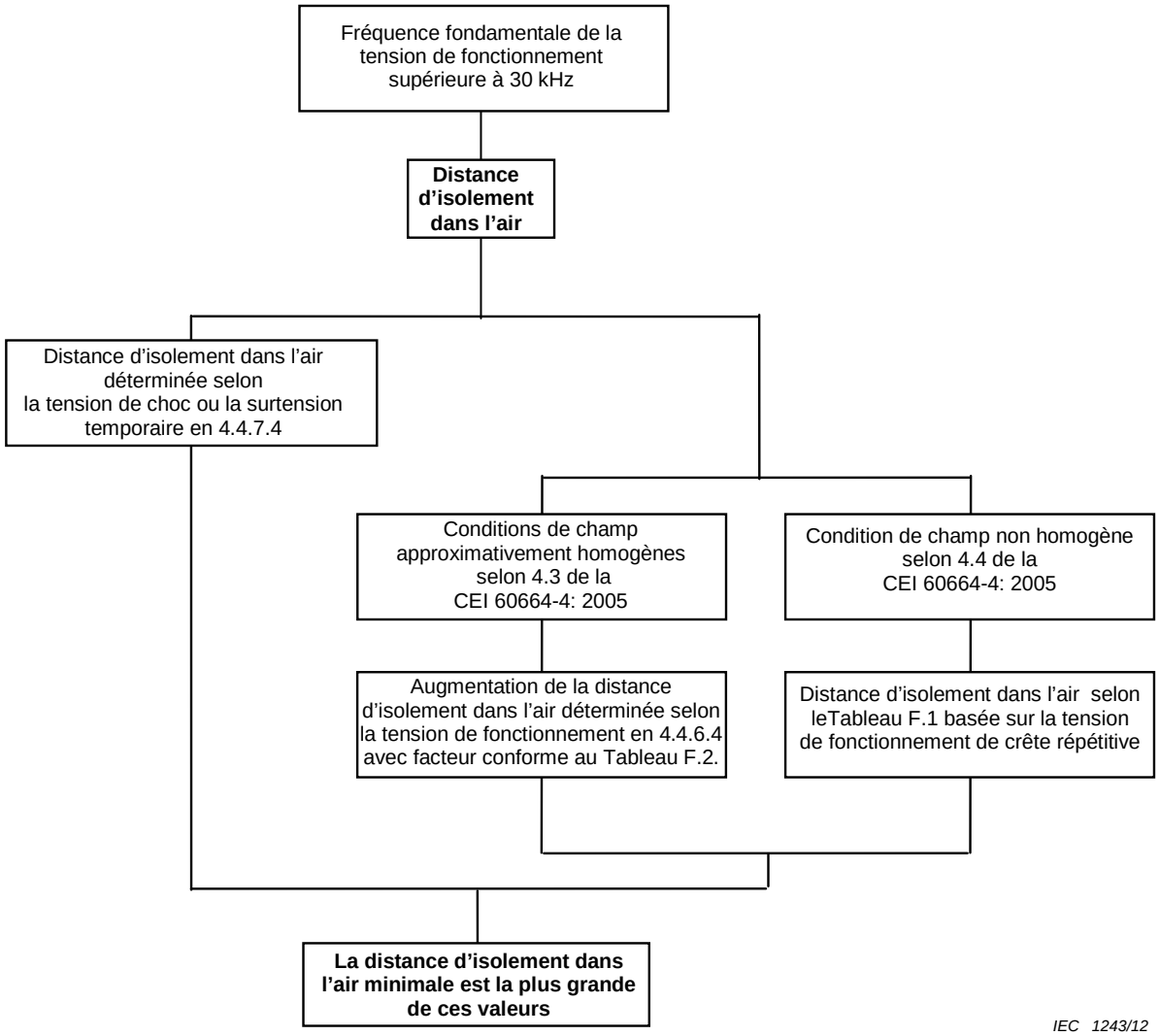


Figure F.1 – Schéma de dimensionnement des distances d'isolement dans l'air

F.2.2 Distance d'isolement dans l'air pour des champs non homogènes

Pour les fréquences dépassant 30 kHz, on considère qu'un champ non homogène existe lorsque le rayon de courbure des parties conductrices est inférieur à 20 % de la distance d'isolement dans l'air. Pour la distribution de champs non homogènes, la réduction de la capacité de tension de tenue au choc peut être bien plus importante.

Le dimensionnement relatif à la distribution des champs non homogènes est effectué pour la tension de tenue au choc requise de la distance d'isolement dans l'air selon les valeurs mentionnées dans le Tableau F.1. Aucun essai de tension de tenue au choc autre que l'exigence spécifiée en 4.4.7 n'est requis.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Tableau F.1 – Valeurs minimales des distances d'isolement dans l'air à la pression atmosphérique dans des conditions de champs non homogènes (Tableau 1 de la CEI 60664-4:2005)

Tension de crête [a] kV	Distance d'isolement dans l'air mm
≤ 0,6 [b]	0,065
0,8	0,18
1,0	0,5
1,2	1,4
1,4	2,35
1,6	4,0
1,8	6,7
2,0	11,0

a Une interpolation des tensions comprises entre les valeurs indiquées dans ce tableau est admise.

b Aucune donnée n'est disponible pour des tensions de crête inférieures à 0,6 kV.

Le dimensionnement d'un champ non homogène et d'une contrainte de tension élevée (condition > 1 kV) génère des distances non réalistes. Il est par conséquent préférable de choisir une conception participant à l'amélioration de la distribution des champs (distribution des champs presque homogènes).

F.2.3 Distance d'isolement dans l'air pour des champs presque homogènes

Pour la distance d'isolement dans l'air dans des conditions de champs presque homogènes, la distance d'isolement indiquée dans le Tableau 10, lorsque cette dernière est déterminée sur la base de la *tension de fonctionnement* ou de la tension de crête répétitive (colonne 2 ou 3), est augmentée d'un facteur multiplicatif fonction de la fréquence fondamentale. Les facteurs multiplicatifs sont indiqués dans le Tableau F.2.

Tableau F.2 – Facteurs multiplicatifs pour les distances d'isolement dans l'air à la pression atmosphérique pour des conditions de champs presque homogènes

Fréquence fondamentale kHz	Facteur multiplicatif
$30 < f_{fondamentale} \leq 500$	1,05
$500 < f_{fondamentale} \leq 1\,000$	1,10
$1\,000 < f_{fondamentale} \leq 2\,000$	1,20
$2\,000 < f_{fondamentale} \leq 3\,000$	1,25

NOTE 1 Les facteurs multiplicatifs sont déterminés sur la base des calculs conformément à la CEI 60664-4:2005, 4.3.3. L'équation donnée dans la CEI 60664-4:2005, 4.3.3, permet de déterminer un calcul plus précis.

NOTE 2 Les circuits pour lesquels la distance d'isolement dans l'air est conçue sur la base de la tension de choc (Tableau 10, colonne 1) ne sont normalement pas affectés par ces considérations.

La distance d'isolement dans l'air dimensionnée, pour des conditions de champs presque homogènes, est applicable pour des fréquences supérieures à la fréquence critique calculée à l'aide de l'équation suivante, compte tenu de la nouvelle distance indiquée dans le Tableau F.2

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

$$f_{\text{crit}} \approx \frac{0{,}2}{d}\left(\frac{\text{MHz}}{\text{mm}}\right)$$

F.3 Ligne de fuite

Pour les fréquences de tension supérieures à 30 kHz, outre le cheminement, il doit être tenu compte des effets thermiques eu égard à la capacité de tension de tenue au choc des lignes de fuite. Le dimensionnement est effectué à la fois pour la tension de tenue au choc efficace requise de la ligne de fuite selon les valeurs mentionnées dans le Tableau 11 et pour la tension de tenue au choc de crête requise selon les valeurs mentionnées dans le Tableau F.3. Cette tension de tenue au choc de crête est la valeur la plus élevée de toute crête de tension périodique sur la ligne de fuite. La plus grande distance s'applique. Le dimensionnement selon le Tableau F.3 s'applique à tous les matériaux isolants susceptibles d'être détériorés par les effets thermiques. Ceci inclut les matériaux de base typiques pour les cartes de circuits imprimés en résine époxyde. Pour les matériaux qui ne peuvent être détériorés par les effets thermiques et pour lesquels aucun cheminement n'est à prévoir, un dimensionnement conforme aux exigences relatives à la distance d'isolement dans l'air, comme décrit en 4.4.7.5, se révèle suffisant.

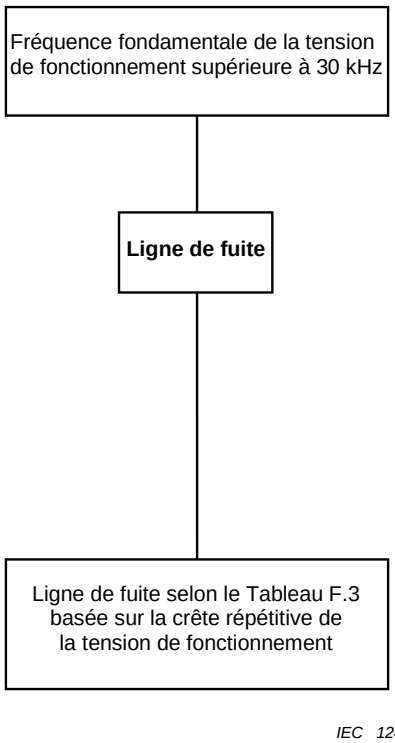


Figure F.2 – Schéma de dimensionnement des lignes de fuite

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Tableau F.3 – Valeurs minimales des lignes de fuite pour différentes plages de fréquences (Tableau 2 de la CEI 60664-4:2005)

Tension de crête kV	Ligne de fuite [a] [b] mm						
	30 kHz < f ≤ 100 kHz	f ≤ 0,2 MHz	f ≤ 0,4 MHz	f ≤ 0,7 MHz	f ≤ 1 MHz	f ≤ 2 MHz	f ≤ 3 MHz
0,1	0,0167						0,3
0,2	0,042					0,15	2,8
0,3	0,083	0,09	0,09	0,09	0,09	0,8	2,0
0,4	0,125	0,13	0,15	0,19	0,35	4,5	
0,5	0,183	0,19	0,25	0,4	1,5	20	
0,6	0,267	0,27	0,4	0,85	5		
0,7	0,358	0,38	0,68	1,9	20		
0,8	0,45	0,55	1,1	3,8			
0,9	0,525	0,82	1,9	8,7			
1	0,6	1,15	3	18			
1,1	0,683	1,7	5				
1,2	0,85	2,4	8,2				
1,3	1,2	3,5					
1,4	1,65	5					
1,5	2,3	7,3					
1,6	3,15						
1,7	4,4						
1,8	6,1						

[a] Les valeurs relatives aux lignes de fuite spécifiées dans le tableau s'appliquent au degré de pollution 1. Pour le degré de pollution 2, un facteur multiplicatif de 1,2 et pour le degré de pollution 3, il convient d'utiliser un facteur multiplicatif de 1,4.

[b] L'interpolation entre les colonnes est permise.

F.4 *Isolation* solide

F.4.1 Généralités

Il est nécessaire de tenir compte d'autres éléments lors de l'application d'une *isolation* solide sur l'*isolation* affectée par des fréquences supérieures à 30 KHz, et ce, en raison d'effets thermiques accrus et d'une détérioration accélérée de l'*isolation* solide.

F.4.2 Distribution de champs presque uniformes sans distances dans l'air ou vides

Pour une *isolation* solide avec distribution de champs uniformes et sans distances dans l'air ou de vides dans ladite *isolation*, la distribution de champs maximale doit être calculée comme suit:

- Pour des couches épaisses d'*isolation* solide d'une valeur de $d_1 \geq 0{,}75$ mm, la valeur de crête du champ E doit être inférieure ou égale à 2 kV/mm.
- Pour des couches minces d'*isolation* solide d'une valeur de $d_2 \leq 30$ µm, la valeur de crête du champ doit être inférieure ou égale à 10 kV/mm.
- Pour $d_1 > d > d_2$, l'Equation (1) est utilisée pour l'interpolation avec une certaine épaisseur d (voir également la Figure F.3):

$$E = \left(\frac{0{,}25}{d} + 1{,}667\right)\left(\frac{\text{kV}}{\text{mm}}\right) \quad (1)$$

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

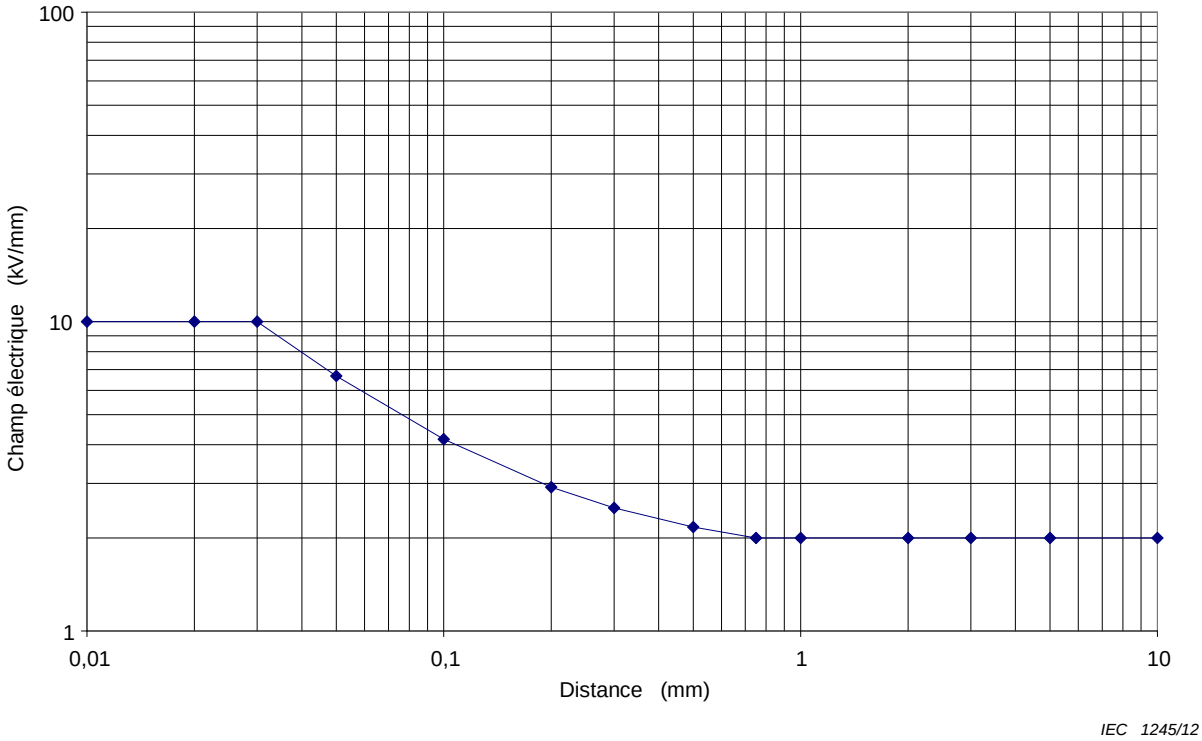


Figure F.3 – Champ admissible pour le dimensionnement de l'*isolation* solide selon l'Equation (1)

F.4.3 Autres cas

Pour une *isolation* solide, pour laquelle:

- il n'existe pas de distribution de champs uniformes; ou
- des distances dans l'air ou des vides sont à prévoir; ou
- le champ est plus important que le calcul présenté en F.4.2.

L'évaluation selon 4.4.7.8 pour l'*isolation* solide, doit être effectuée.

Il convient, si possible, d'effectuer l'essai de décharge partielle de 5.2.3.5 avec la fréquence effective de l'*isolation* à l'étude, lorsque l'évaluation est réalisée selon la présente annexe. Un appareillage d'essai de cette nature n'est pas communément disponible au moment de la rédaction de la présente norme qui permet d'effectuer un essai à une fréquence de 50 Hz. Il convient que les comités de produits qui utilisent la présente norme comme document de référence tiennent compte de cette information.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Annexe G
(informative)

Sections de conducteurs ronds

Les valeurs normales de section des conducteurs en cuivre ronds sont indiquées dans le Tableau G.1, qui donne également la relation approximative entre les dimensions ISO métriques et les calibres AWG/MCM.

Tableau G.1 – Sections normales de conducteurs ronds

	AWG/kcmil	
Section ISO mm^2	**Calibre**	**Section équivalente** mm^2
0,2	24	0,205
–	22	0,324
0,5	20	0,519
0,75	18	0,82
1,0	–	–
1,5	16	1,3
2,5	14	2,1
4,0	12	3,3
6,0	10	5,3
10	8	8,4
16	6	13,3
25	4	21,2
35	2	33,6
50	0	53,5
70	00	67,4
95	000	85,0
–	0000	107,2
120	250 kcmil	127
150	300 kcmil	152
185	350 kcmil	177
240	500 kcmil	253
300	600 kcmil	304
–	700 kcmil	355
–	750 kcmil	380
400	800 kcmil	405
–	900 kcmil	456
500	1 000 kcmil	506
630	1 250 kcmil	633
–	1 500 kcmil	760
800	–	–
–	1 750 kcmil	887
1 000	2 000 kcmil	1 013

NOTE Le tiret, lorsqu'il est indiqué, vaut pour un calibre lorsque l'on prend en considération la capacité de raccordement (voir 4.11.8.2).

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Annexe H
(informative)

Principes directeurs pour la compatibilité des DDR

H.1 Choix du type de DDR

Selon la nature de l'alimentation, son installation et le type de DDR (type A, AC ou B – voir série CEI 61008, série CEI 61009, CEI 62423, CEI 60364-4-44 et CEI 60364-5-53), les *SECP* et les DDR peuvent être compatibles ou non compatibles (voir 4.4.8). Si les circuits pouvant provoquer la circulation d'un courant à composante continue dans le *conducteur de mise à la terre de protection* pendant le fonctionnement normal ou lors d'une défaillance ne sont pas séparés de l'environnement par une *double isolation* ou une *isolation renforcée*, on considère que le *SECP* lui-même peut provoquer un courant continu filtré et qu'il est de ce fait incompatible avec les DDR de types A et AC.

L'organigramme de la Figure H.1 permet de sélectionner le type de DDR lors de l'utilisation d'un *SECP* en aval du DDR.

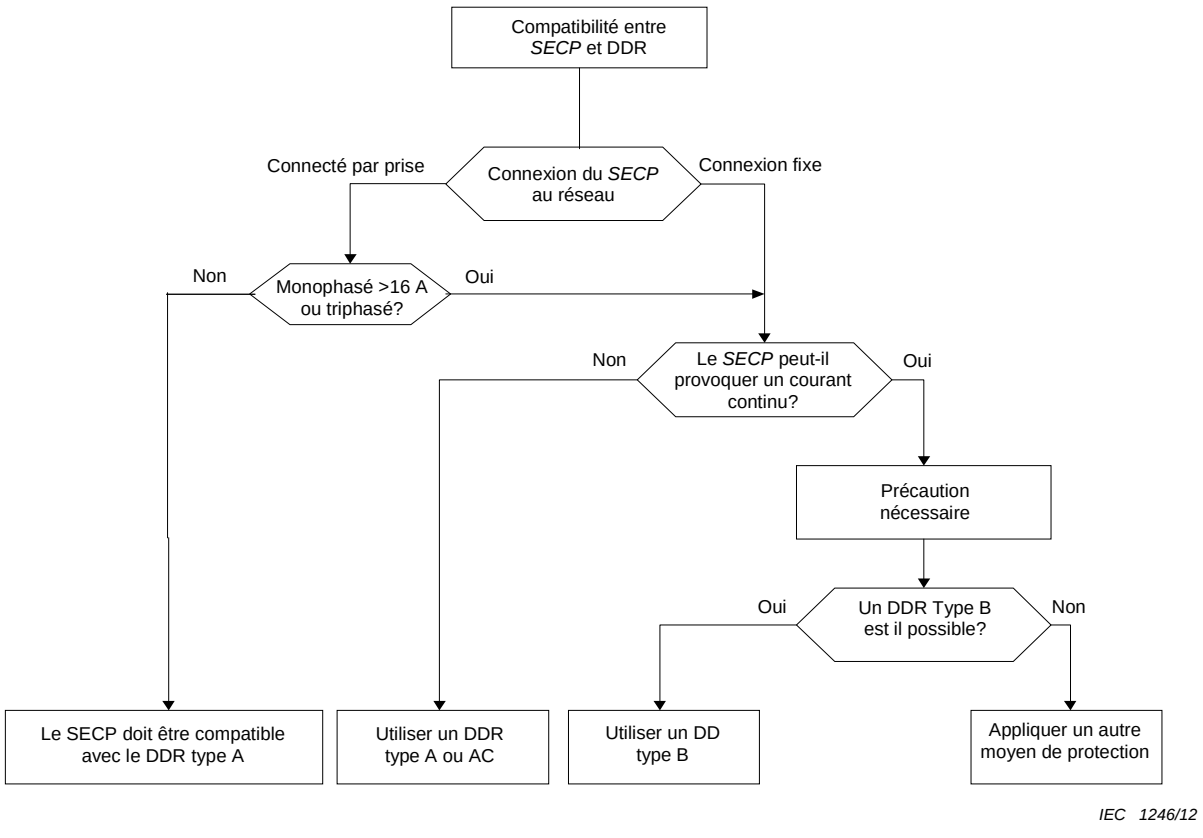


Figure H.1 – Organigramme de sélection du type de DDR en amont d'un *SECP*

Les DDR aptes à être déclenchés par différentes formes d'ondes de courant résiduel sont marqués des symboles suivants, définis dans la CEI 60755.

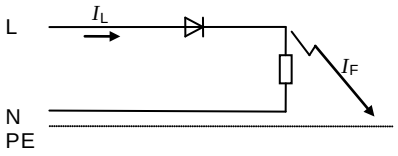
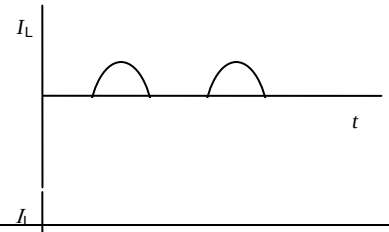
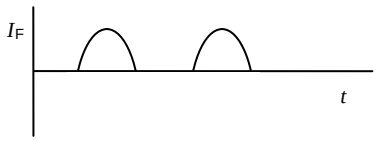
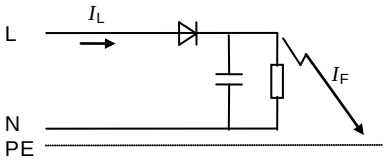
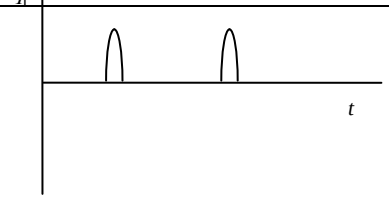
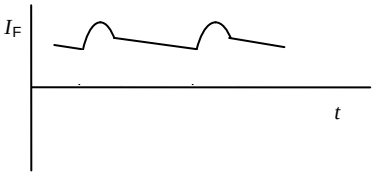
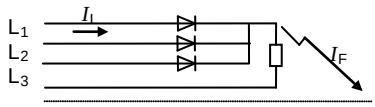
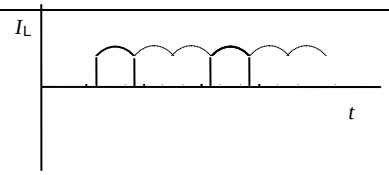
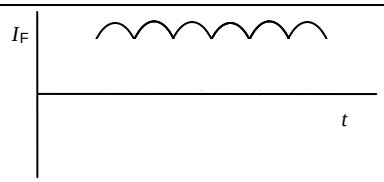
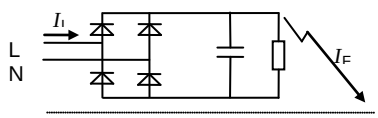
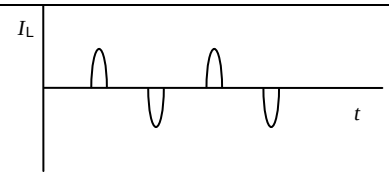
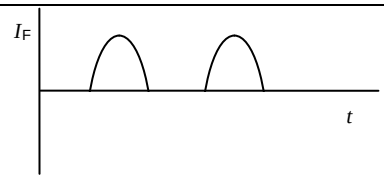
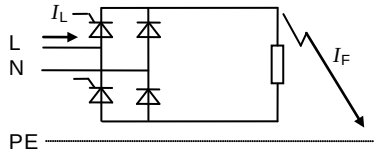
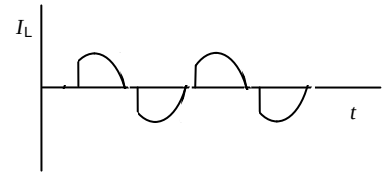
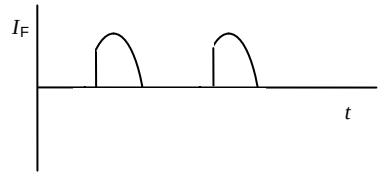
Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

	Type AC: – sensible au courant c.a. (convient aux circuits 8 et 9 de la Figure H.2)
	Type A: – sensible au courant c.a. et sensible au courant pulsant (convient aux circuits 1, 4, 5, 8, 9 de la Figure H.2)
ou	Type B: – sensible au courant universel (convient à tous les circuits de la Figure H.2)

H.2 Formes d'ondes des courants de défaut

La Figure H.2 montre les formes d'ondes des courants de défaut typiques pour différentes configurations de circuits de *SECP*, utilisées pour déterminer la compatibilité avec un DDR.

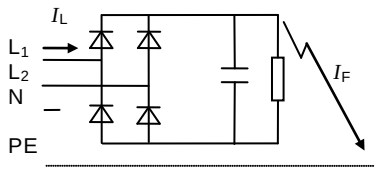
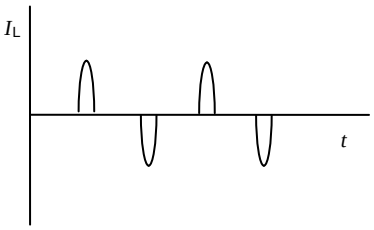
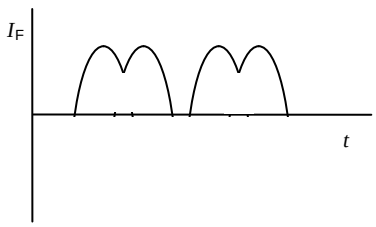
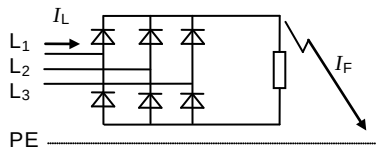
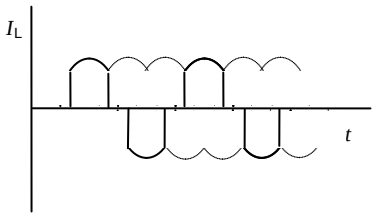
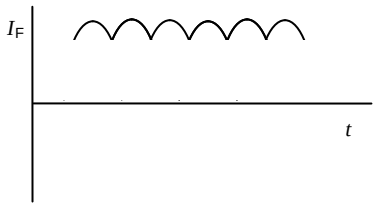
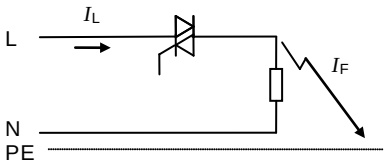
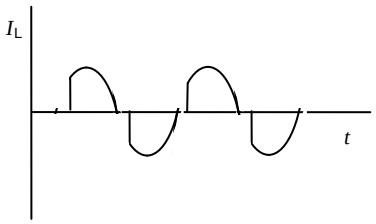
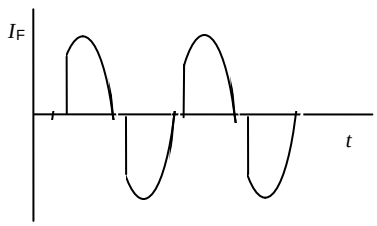
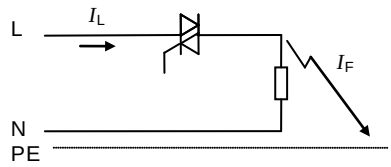
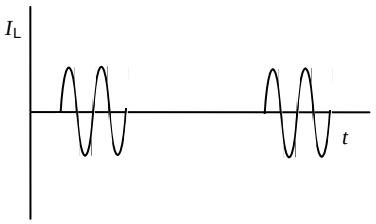
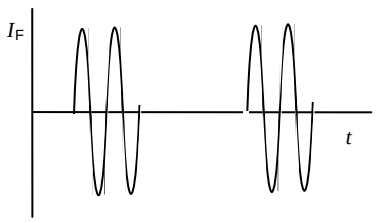
Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

	Montage	Courant d'alimentation normal	Courant de défaut à la terre
1	Monophasé 		
2	Monophasé avec filtrage 		
3	Montage en étoile triphasé 		
4	Pont redresseur à double alternance 		
5	Pont redresseur mixte à double alternance 		

IEC 1247/12

Figure H.2 – Formes d'ondes des courants de défaut dans des montages avec convertisseurs électroniques de puissance

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

	Montage	Courant d'alimentation normal	Courant de défaut à la terre
6	Pont redresseur à double alternance entre phases 		
7	Pont redresseur triphasé 		
8	Gradateur à commande de phase 		
9	Gradateur à commande par train d'ondes 		

IEC 1248/12

NOTE I_F est le symbole d'un courant de défaut et non d'un courant de court-circuit.

Figure H.2 – Formes d'ondes des courants de défaut dans des montages avec convertisseurs électroniques de puissance *(suite)*

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Annexe I
(informative)

Exemples de réduction de catégorie de surtension

I.1 Généralités

Les Figures I.1 à I.15 illustrent les exigences du Tableau 6, de 4.4.7.2 et de 4.4.7.3. Elles ne sont pas destinées à indiquer les bonnes pratiques de conception.

– – – – – – – – – *Protection principale*

——— Parties conductrices accessibles

—·—·—·— *Séparation de protection*

SPD *Dispositif de protection contre les surtensions* (exemple de mesure pour réduire les surtensions transitoires)

OVC Catégorie de surtension

I.2 *Isolation* par rapport à l'environnement (voir 4.4.7.2)

I.2.1 Circuits connectés au *réseau* (voir 4.4.7.2.2)

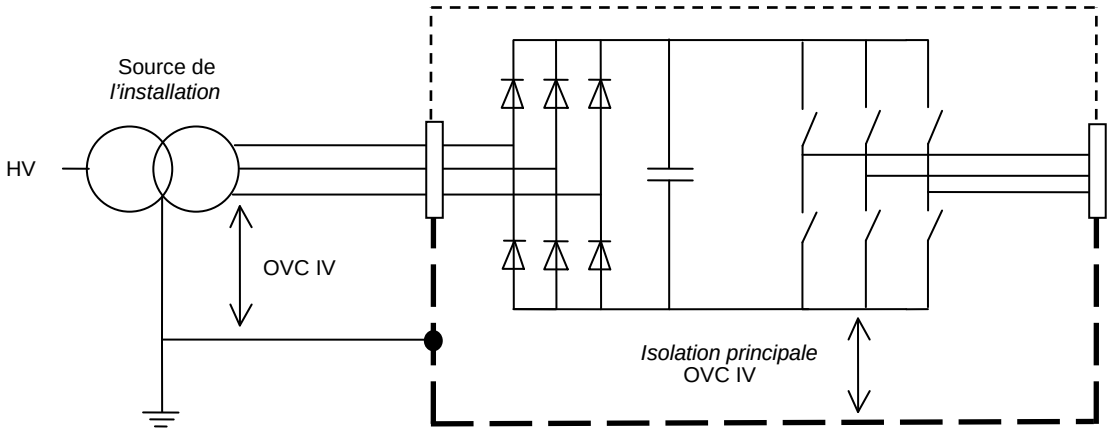


Figure I.1 – Evaluation de l'*isolation principale* pour les circuits connectés à la source du *réseau de l'installation*

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

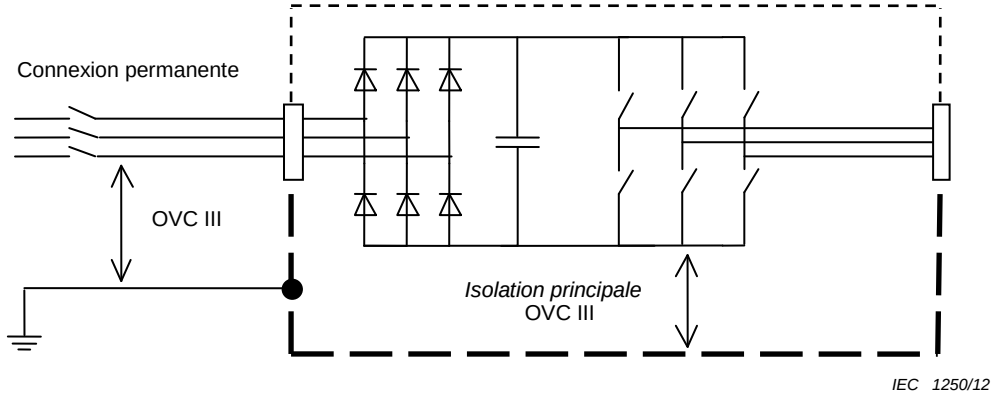


Figure I.2 – Evaluation de l'*isolation principale* pour les circuits connectés au *réseau*

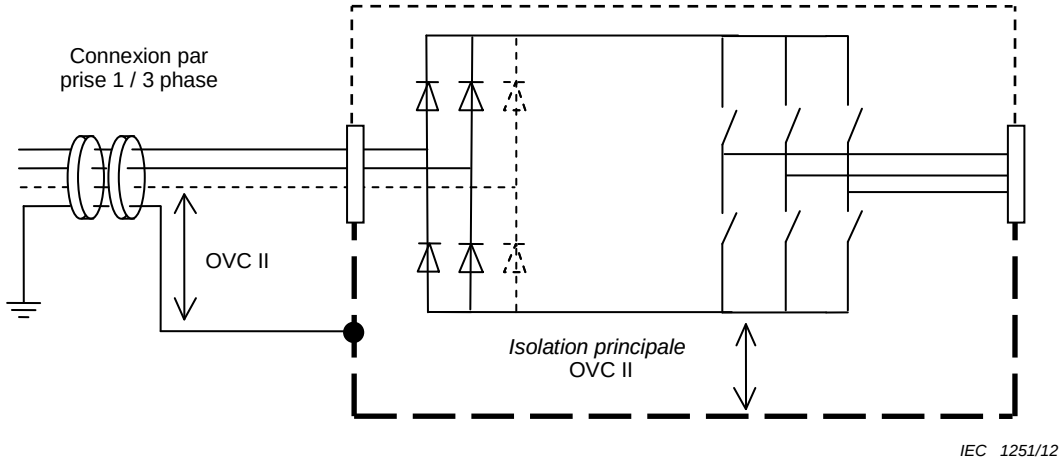


Figure I.3 – Evaluation de l'*isolation principale* pour les matériels mono et triphasés non *connectés en permanence au réseau*

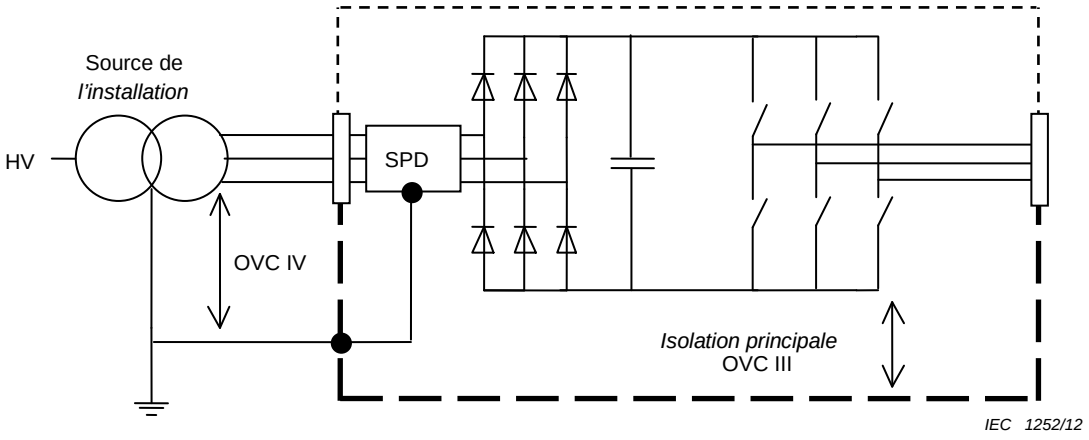


Figure I.4 – Évaluation de l'*isolation principale* pour les circuits connectés à la source du *réseau de l'installation* où des *dispositifs de protection contre les surtensions (SPD)* internes sont utilisés

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

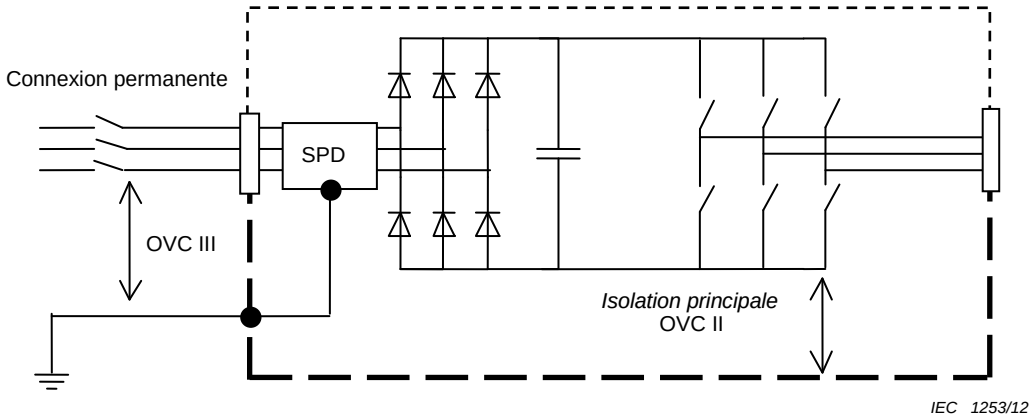


Figure I.5 – Évaluation de l'*isolation principale* pour les circuits connectés au *réseau* où des *dispositifs de protection contre les surtensions (SPD)* internes sont utilisés

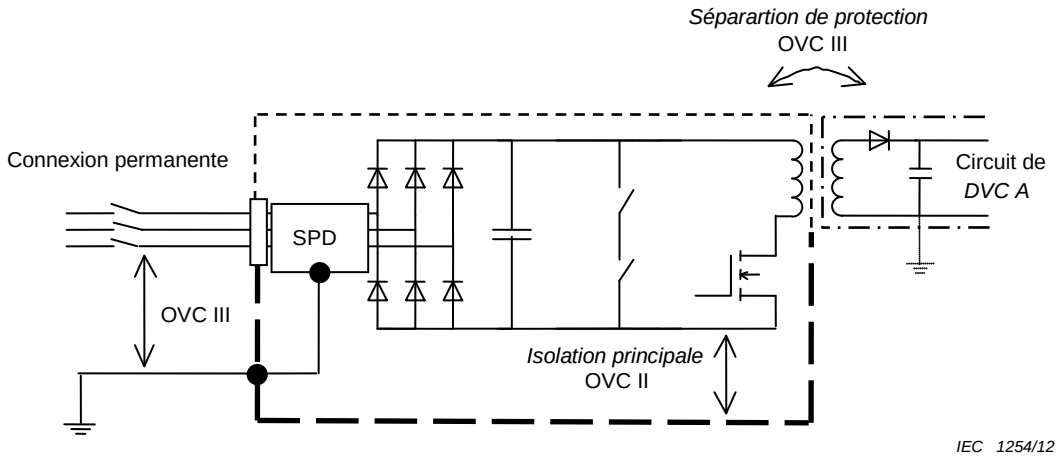


Figure I.6 – Exemple d'évaluation de la *séparation de protection* pour les circuits connectés au *réseau* où des *dispositifs de protection contre les surtensions (SPD)* internes sont utilisés

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

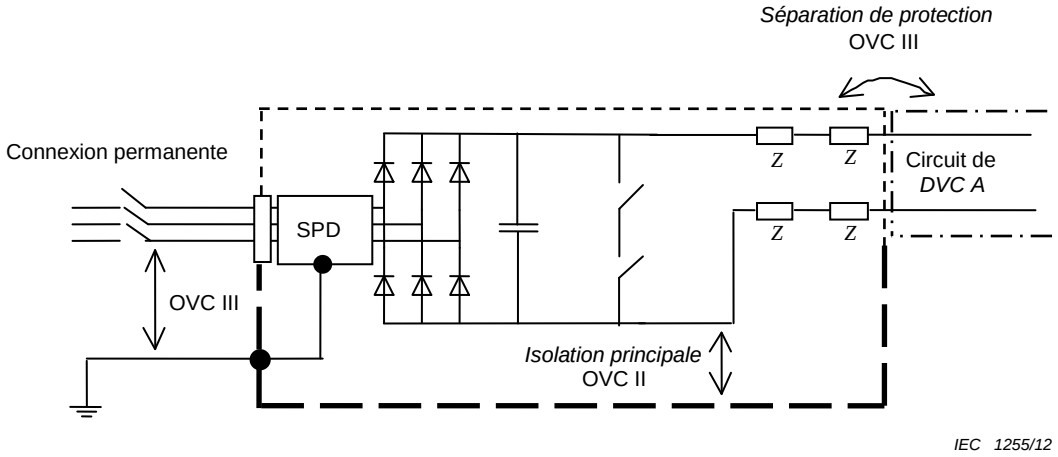


Figure I.7 – Exemple d'évaluation de la *séparation de protection* pour les circuits connectés au *réseau* où des *dispositifs de protection contre les surtensions (SPD)* internes sont utilisés

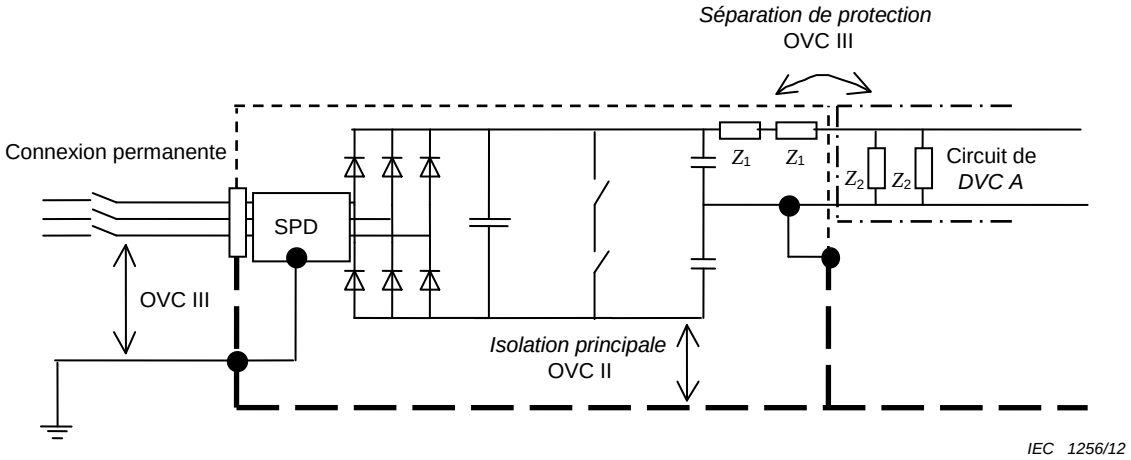


Figure I.8 – Exemple d'évaluation de la *séparation de protection* pour les circuits connectés au *réseau* où des *dispositifs de protection contre les surtensions (SPD)* internes sont utilisés

NOTE Les exigences relatives à la *séparation de protection* spécifiées dans les Figures I.6 à I.8 ne sont pas réduites par l'utilisation d'un *dispositif de protection contre les surtensions* (voir 4.4.7.2.2 et 4.4.7.2.3).

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

I.2.2 Circuits non connectés directement au *réseau* (voir 4.4.7.2.3)

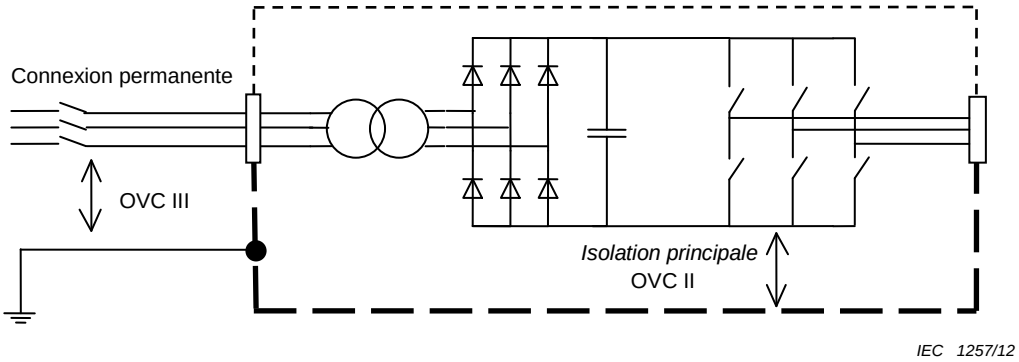


Figure I.9 – Evaluation de l'*isolation principale* pour les circuits non connectés directement au *réseau*

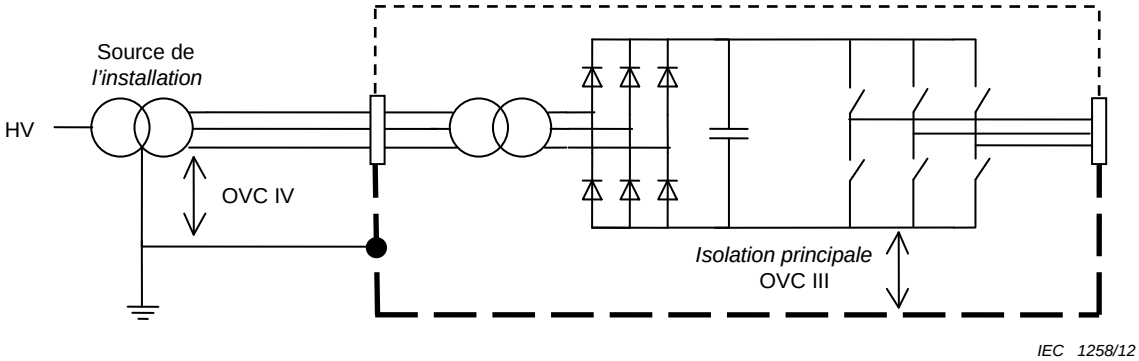
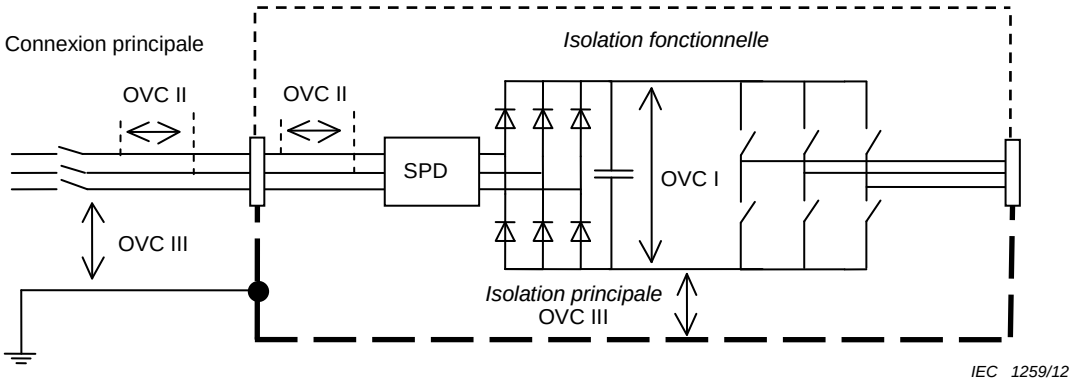


Figure I.10 – Evaluation de l'*isolation principale* pour les circuits non connectés directement au réseau

I.2.3 *Isolation* entre circuits (voir 4.4.7.2.4)

L'*isolation* entre deux circuits doit être conçue en fonction du circuit ayant les exigences les plus sévères (voir également la Figure I.12).

I.3 *Isolation* fonctionnelle (voir 4.4.7.3)



NOTE 1 Le *dispositif de protection contre les surtensions (SPD)* n'est pas connecté à la terre et n'a donc pas d'effet sur la catégorie de surtension à la terre.
NOTE 2 Les exigences relatives à l'*isolation fonctionnelle* peuvent être encore réduites par les caractéristiques du circuit (voir 4.4.7.3).

Figure I.11 – Evaluation de l'*isolation* fonctionnelle des circuits affectés par les transitoires externes

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

I.4 Autres exemples

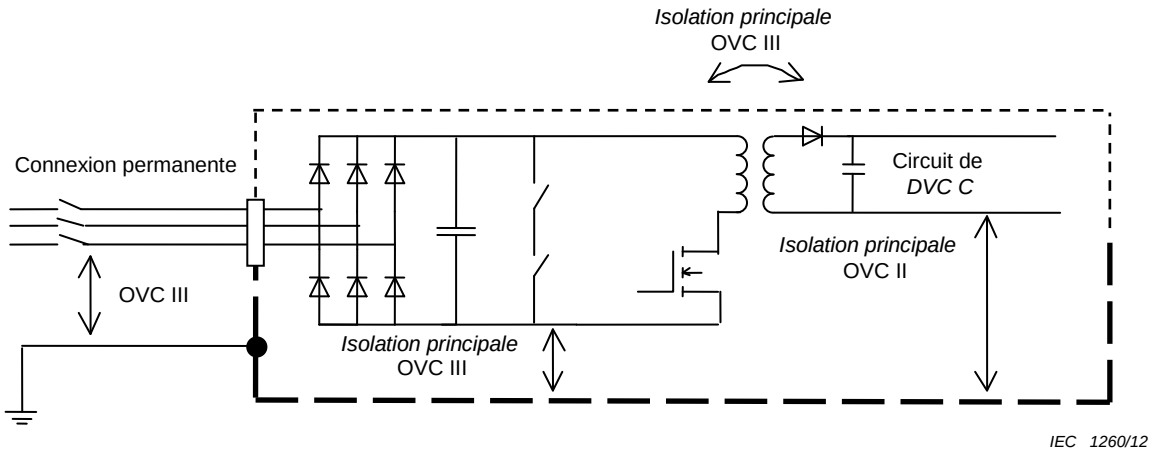


Figure I.12 – Evaluation de l'*isolation principale* pour les circuits connectés et non connectés directement au *réseau*

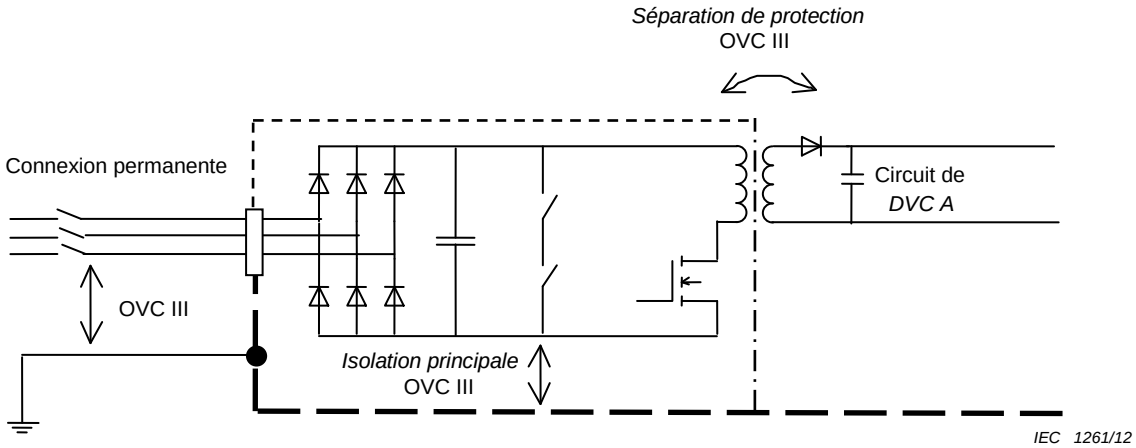
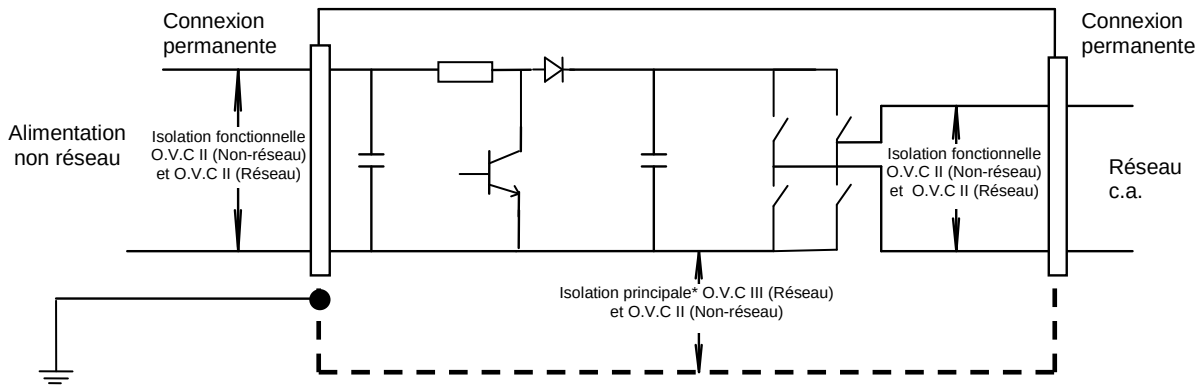


Figure I.13 – Evaluation de l'*isolation* pour un circuit accessible de *CTD A*

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

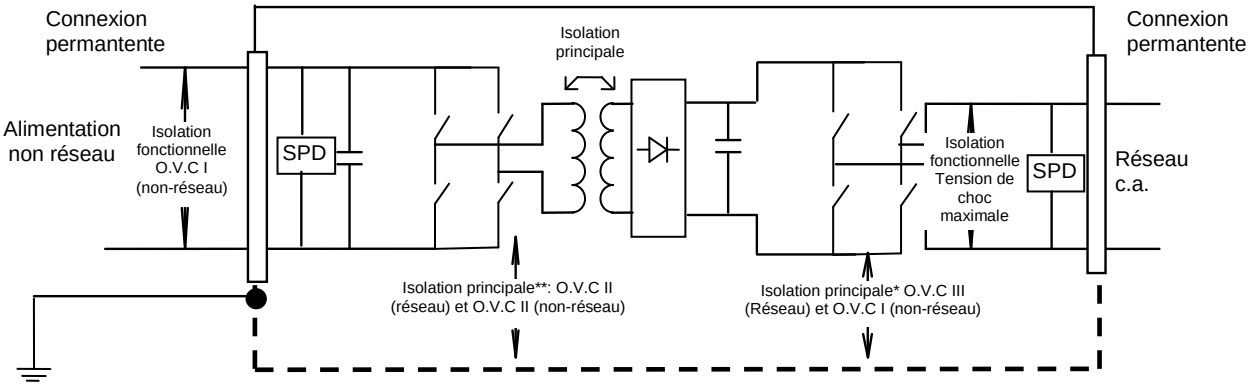
I.5 Circuits avec raccordement multiple à l'alimentation (voir 4.4.7.2.1)



Isolation principale*: O.V.C III basée sur la tension système du réseau et O.V.C II basée sur une tension système non-réseau. L'exigence la plus sévère s'applique.
Pas de réduction de la tension de choc ou de la catégorie de surtension pour alimentation réseau ou non réseau.
Isolation fonctionnelle: O.V.C II basée sur la tension système du réseau et O.V.C II basée sur l'alimentation non réseau. L'exigence la plus sévère s'applique.

IEC 1262/12

Figure I.14 – *CEP* avec *réseau* et non-*réseau* sans séparation galvanique



Isolation fonctionnelle: basée sur la tension de choc maximale limitée par la caractéristique du circuit, y compris le parafoudre.

Isolation principale*: O.V.C III basée sur la tension système du réseau et O.V.C II sur la tension non réseau. L'exigence la plus sévère s'applique, compte tenu de la réduction de la tension de choc du transformateur.
Le parafoudre ne permet aucune réduction pour l'isolation principale dans la mesure où il se situe entre phases.

IEC 1263/12

Figure I.15 – Convertisseur *CEP* isolé par des transformateurs (de base) avec *dispositif de protection contre les surtensions (SPD)* et transformateur pour réduction de la tension de choc pour l'isolation fonctionnelle et l'*isolation principale*

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

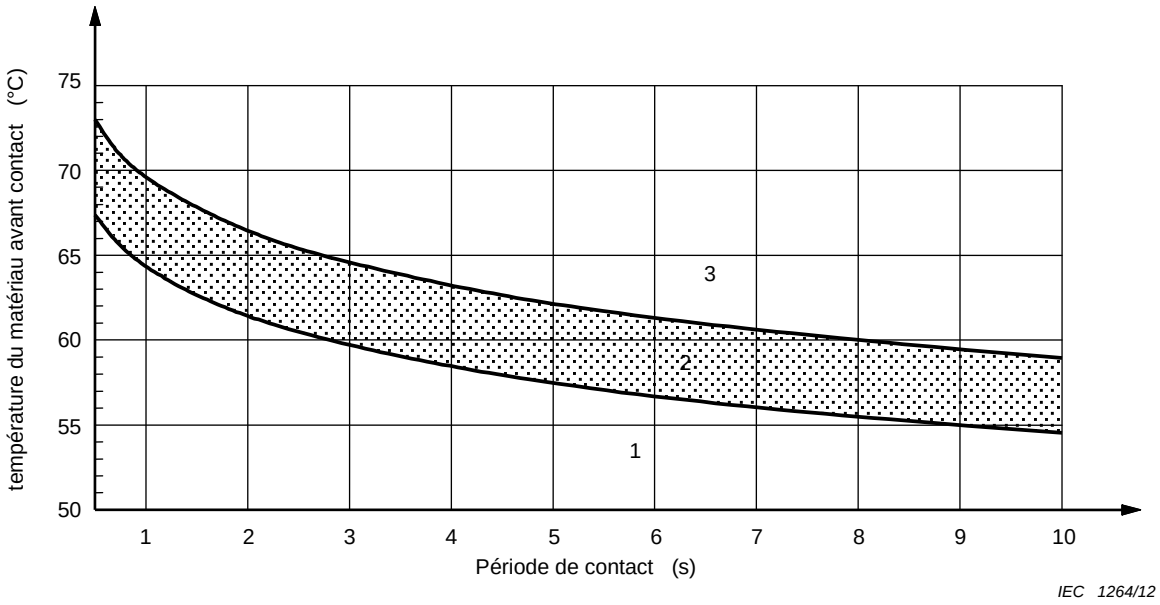
Annexe J
(informative)

Seuils de brûlure pour les surfaces accessibles au toucher

J.1 Généralités

La présente annexe comprend des informations relatives aux seuils de brûlure pour les surfaces susceptibles d'être touchées pour différents matériaux. Les Figures J.1 à J.5 présentées dans la présente annexe sont des reproductions des figures du Guide CEI 117:2010.

J.2 Seuils de brûlure

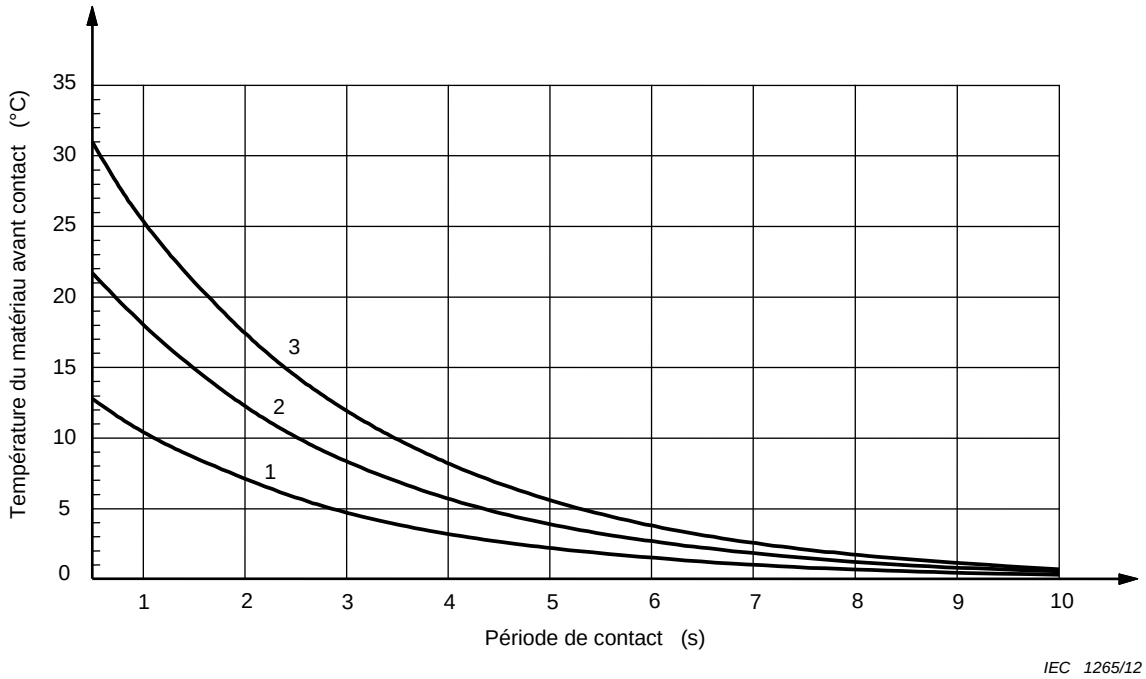


Légende

1 Pas de brûlure
2 Seuil de brûlure
3 Brûlure

Figure J.1 – Répartition du seuil de brûlure lorsque la peau est en contact avec une surface lisse brûlante en métal nu (non revêtu)

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe



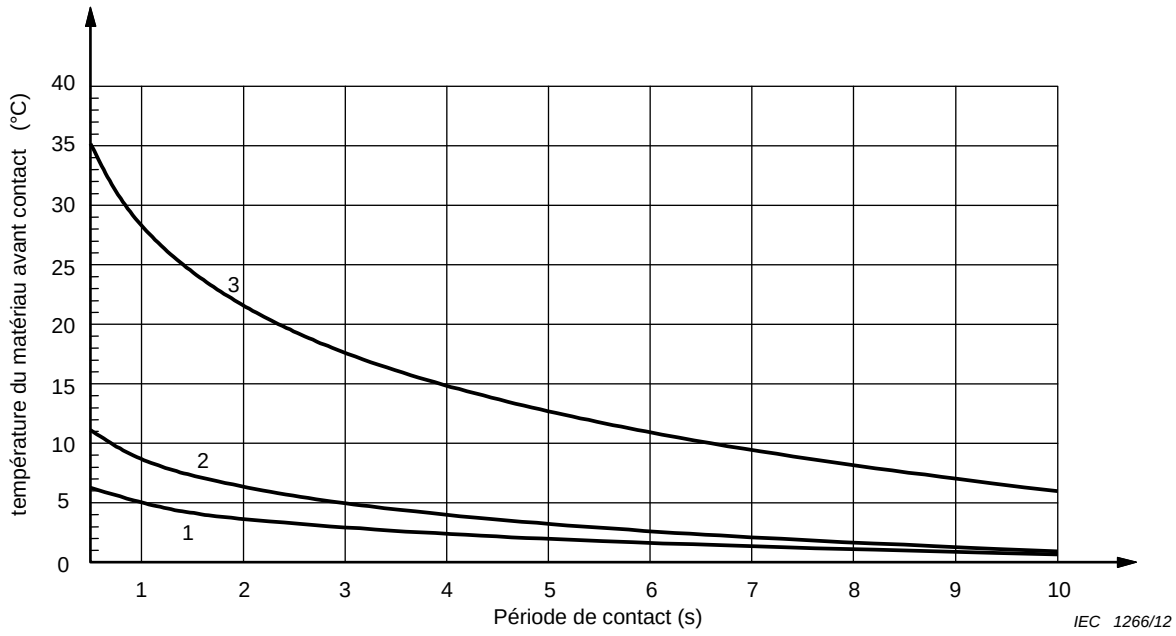
Légende

1 50 µm

2 100 µm

3 150 µm

Figure J.2 – Augmentation de la répartition du seuil de brûlure de la Figure J.1 pour les métaux revêtus d'une gomme-laque d'une épaisseur de 50 µm, 100 µm et 150 µm



Légende

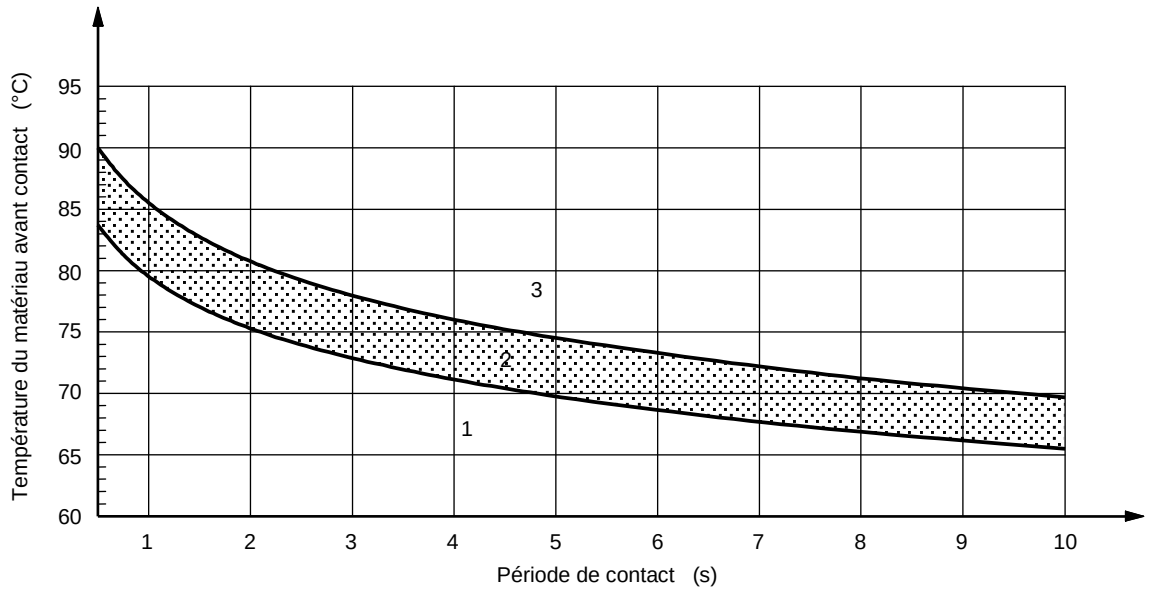
1 Email vitreux (160 µm) / poudre (60 µm)

2 Poudre (90 µm)

3 Polyamide 11 ou 12 (épaisseur 400 µm)

Figure J.3 – Augmentation de la répartition du seuil de brûlure de la Figure J.1 pour les métaux revêtus de matériaux particuliers

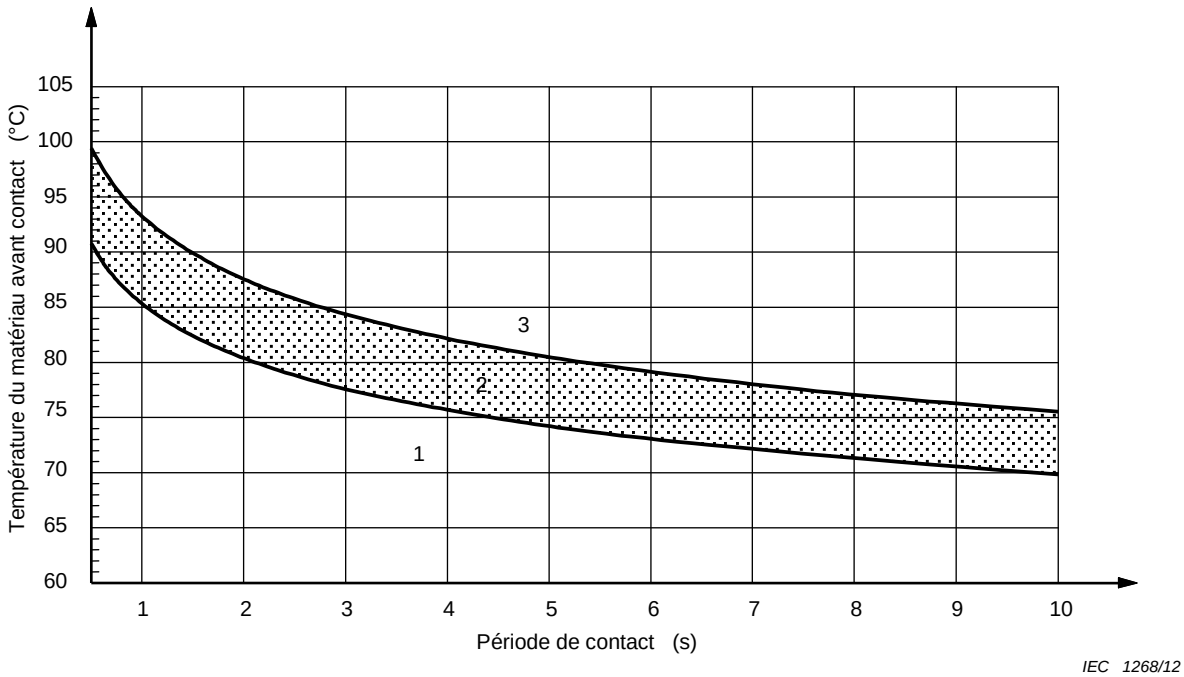
Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe



Légende

1 Pas de brûlure
2 Seuil de brûlure
3 Brûlure

Figure J.4 – Répartition du seuil de brûlure lorsque la peau est en contact avec une surface lisse brûlante constituée de céramique, verre et pierres



Légende

1 Pas de brûlure
2 Seuil de brûlure
3 Brûlure

Figure J.5 – Répartition du seuil de brûlure lorsque la peau est en contact avec une surface lisse brûlante en plastique

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Annexe K
(informative)

Tableau des potentiels électrochimiques

Magnésium, alliages de magnésium	Zinc, alliages de zinc	80 étain/20 Zn sur acier, ZN sur fer ou acier	Aluminium	Cd sur acier	Alliage Al/Mg	Acier doux	Duralumin	Plomb	Cr sur acier, brasure tendre	CR sur Ni sur acier, étain sur acier 12 % Acier inoxydable	Acier inoxydable Cr elevé	Cuivre, alliages de cuivre	Brasure d'argent tendre, Acier inoxydable austénitique	Ni sur acier	Argent	Rh sur Ag sur Cu, alliage argent/or	Carbone	Or, platine	
0	0,5	0,55	0,7	0,8	0,85	0,9	1,0	1,05	1,1	1,15	1,25	1,35	1,4	1,45	1,6	1,65	1,7	1,75	Magnésium, alliages de magnésium
	0	0,05	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,55	0,6	0,65	0,75	0,85	0,9	0,95	1,1	1,15	1,2	1,25	Zinc, alliages de zinc
		0	0,15	0,25	0,3	0,35	0,45	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,85	0,9	1,05	1,1	1,15	1,2	80 étain/20 Zn sur acier, ZN sur fer ou acier
			0	0,1	0,15	0,2	0,3	0,35	0,4	0,45	0,55	0,65	0,7	0,75	0,9	0,95	1,0	1,05	Aluminium
				0	0,05	0,1	0,2	0,25	0,3	0,35	0,45	0,55	0,6	0,65	0,8	0,85	0,9	0,95	Cd sur acier
					0	0,05	0,15	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,55	0,6	0,75	0,8	0,85	0,9	Alliage Al/Mg
						0	0,1	0,15	0,2	0,25	0,35	0,45	0,5	0,55	0,7	0,75	0,8	0,85	Acier doux
							0	0,05	0,1	0,15	0,25	0,35	0,4	0,45	0,6	0,65	0,7	0,75	Duralumin
								0	0,5	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,55	0,6	0,66	0,7	Plomb
									0	0,05	0,15	0,25	0,3	0,35	0,5	0,55	0,6	0,65	Cr sur acier, brasure tendre
										0	0,1	0,2	0,25	0,3	0,45	0,5	0,55	0,6	CR sur Ni sur acier, étain sur acier 12 % Acier inoxydable Cr
											0	0,1	0,15	0,2	0,35	0,4	0,45	0,5	Acier inoxydable Cr elevé
												0	0,05	0,1	0,25	0,3	0,35	0,4	Cuivre, alliages de cuivre
													0	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	Brasure tendre d'argent, Acier inoxydable austénitique
														0	0,15	0,2	0,25	0,3	Ni sur acier
															0	0,5	0,1	0,15	Argent
																0	0,05	0,1	Rh sur Ag sur Cu, alliage argent/or
																	0	0,5	Carbone
																		0	Or, platine

Ag	Argent
Al	Aluminium
Cd	Cadmium
Cr	Chrome
Cu	Cuivre
Mg	Magnésium
Ni	Nickel
Rh	Rhodium
Zn	Zinc

IEC 1269/12

La corrosion due à l'action électrochimique qui se produit entre des métaux de nature différente qui sont en contact est réduite au minimum lorsque le potentiel électrochimique combiné est inférieur à 0,6 V environ. Le tableau répertorie les potentiels électrochimiques combinés pour un certain nombre de paires de métaux d'usage commun; il convient d'éviter d'utiliser les combinaisons situées au-dessus de la ligne de séparation.

Figure K.1 – Potentiels électrochimiques (V)

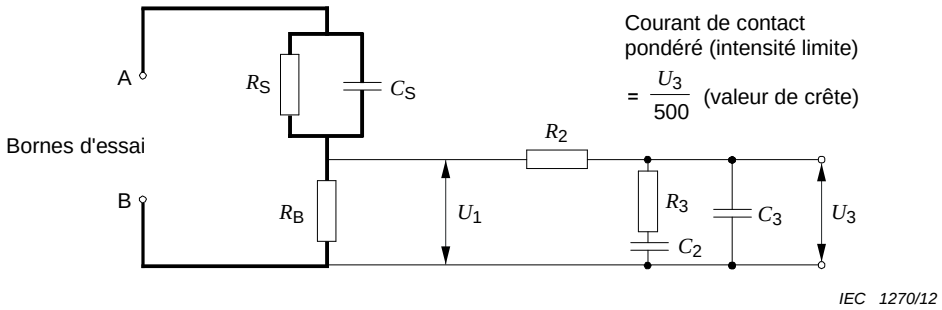
Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Annexe L
(informative)

Instrument de mesure du *courant de contact*

L.1 Instrument de mesure

Le circuit d'essai de mesure de la Figure L.1 est issu de celui de la Figure 4 de la CEI 60990:1999.



RS	1 500 Ω
RB	500 Ω
R1	10k Ω
CS	0,22 μF
C1	0,022 μF

Voltmètre ou oscilloscope (valeur de lecture efficace ou de crête) Résistance d'entrée: >1 MΩ
Capacité d'entrée: < 200 pF
Gamme de fréquences: 15 Hz jusqu'à 1 MHz (appropriée à la fréquence la plus élevée considérée)

Figure L.1 – Instrument de mesure

Les instruments de mesure électriques doivent avoir une largeur de bande appropriée pour fournir des relevés de lecture précis, tenant compte de toutes les composantes (c.c., fréquence alternative *réseau*, fréquence élevé et ensemble des harmoniques) du paramètre à mesurer. Si la valeur efficace est mesurée, on doit veiller à ce que les instruments de mesure donnent des relevés de lecture efficaces vrais des formes d'onde non sinusoïdales et sinusoïdales.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Annexe M
(informative)

Doigts d'essai pour détermination de l'accès

Les diagrammes suivants sont reproduits de la CEI 60529 pour des raisons pratiques uniquement.

Dimensions en millimètres

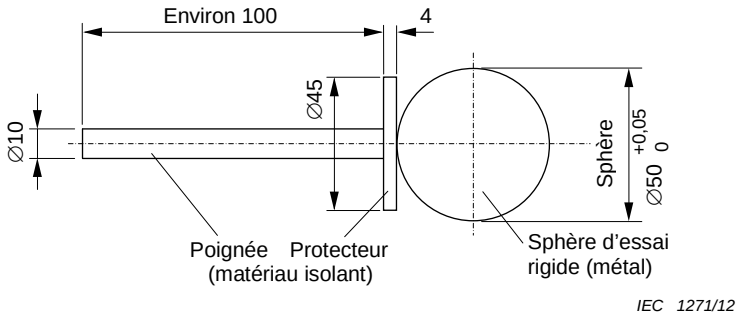


Figure M.1 – Sphère d'essai de 50 mm (IPXXA)

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Dimensions en millimètres

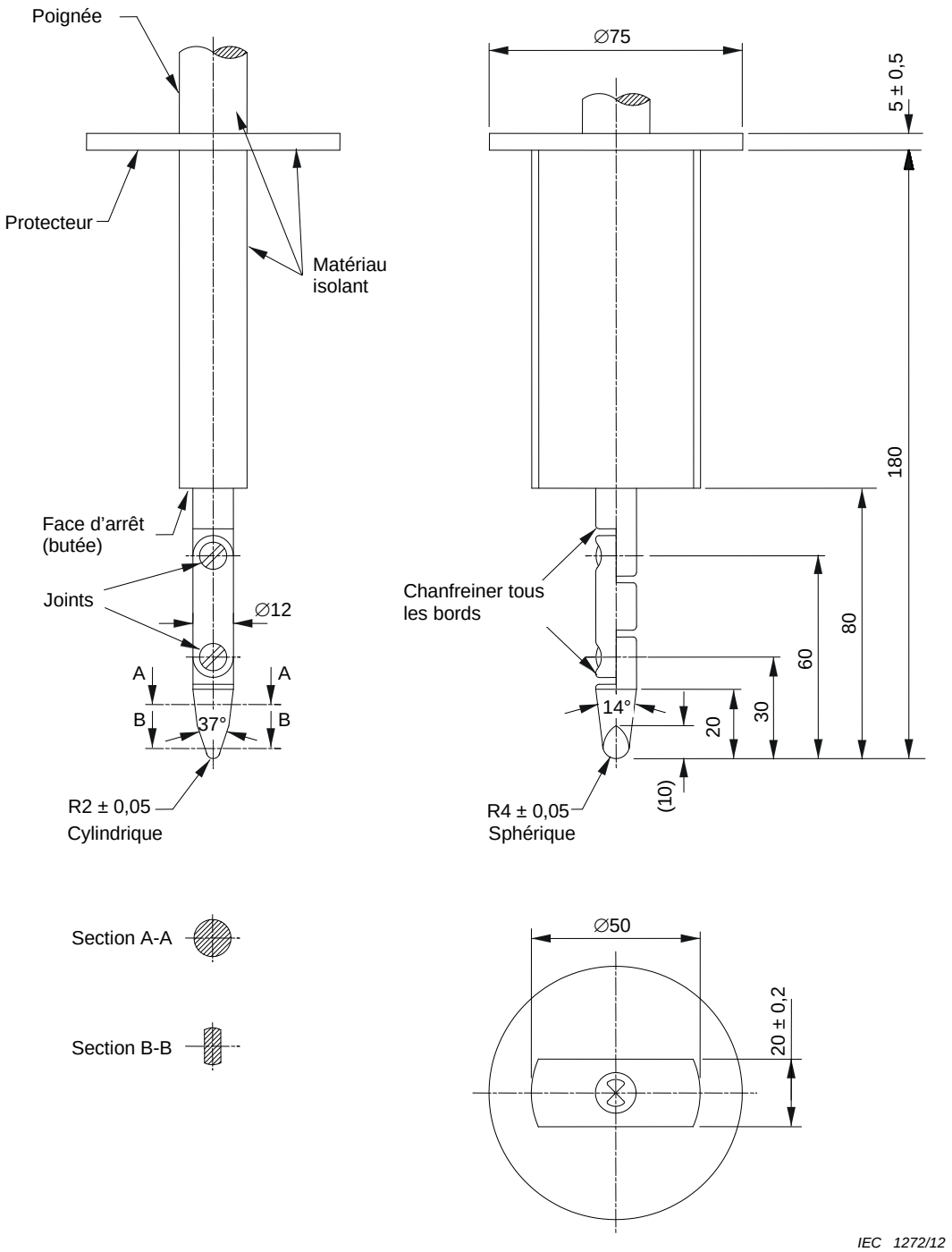


Figure M.2 – Doigt d'essai assemblé (IPXXB)

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Dimensions en millimètres

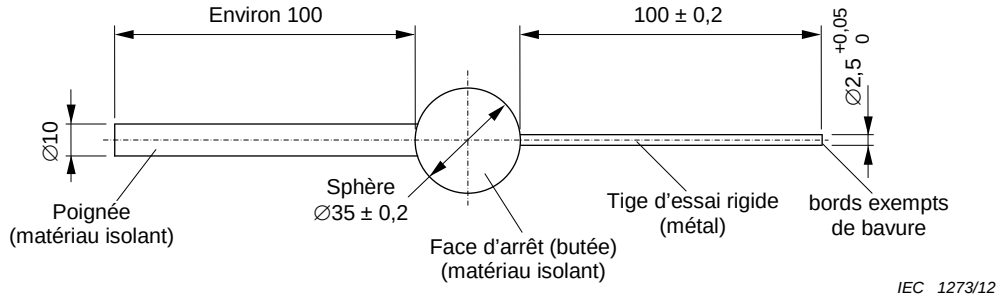


Figure M.3 – Tige d'essai de 2,5 mm (IP3X)

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Bibliographie

CEI 60073:2002*, Principes fondamentaux et de sécurité pour l'interface homme-machine, le marquage et l'identification – Principes de codage pour les indicateurs et les organes de commande*

CEI 60085, *Isolation électrique – Evaluation et désignation thermiques*

CEI 60216 (toutes les parties), *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique*

CEI 60309-1, *Prises de courant pour usages industriels – Partie 1: Règles générales*

CEI 60364-5-53: 2001, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-53: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Sectionnement, coupure et commande*

CEI 60449, *Domaines de tensions des installations électriques des bâtiments*

CEI/TR 60479-5:2007, *Effets du courant sur l'homme et les animaux domestique – Partie 5: Valeurs des seuils de tension de contact pour les effets physiologiques*

CEI 60664-5: 2007, *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*

CEI 60695-11-5, *Essais relatifs aux risques du feu - Partie 11-5: Flammes d'essai – Méthode d'essai au brûleur-aiguille – Appareillage, dispositif d'essai de vérification et lignes directrices*

CEI 60721 (toutes les parties), *Classification des conditions d'environnement*

CEI 60947-7-1, *Appareillage à basse tension – Partie 7-1: Matériels accessoires – Blocs de jonction pour conducteurs en cuivre*

CEI 60947-7-2, *Appareillage à basse tension – Partie 7-2: Matériels accessoires – Blocs de jonction de conducteur de protection pour conducteurs en cuivre*

CEI 60950-1, *Matériels de traitement de l'information – Sécurité – Partie 1: Exigences générales*

CEI 61008 (toutes les parties)*, Interrupteurs automatiques à courant différentiel résiduel sans dispositif de protection contre les surintensités incorporé pour usages domestiques et analogues (ID)*

CEI 61009 (toutes les parties), *Interrupteurs automatiques à courant différentiel résiduel avec dispositif de protection contre les surintensités incorporé pour usages domestiques et analogues (DD)*

CEI 61082-1, *Etablissement des documents utilisés en électrotechnique – Partie 1: Règles*

CEI 61140:2001, *Protection contre les chocs électriques – Aspects communs aux installations et aux matériels*

CEI/TS 61201, *Utilisation des tensions limites conventionnelles de contact – Guide d'application*

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

CEI 61508 (toutes les parties), *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/ électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité*

CEI 61558-1, *Sécurité des transformateurs, alimentations, bobines d'inductance et produits analogues – Partie 1: Exigences générales et essais*

CEI 61558-2-16, *Sécurité des transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et produits analogues pour des tensions d'alimentation jusqu'à 1 100 V – Partie 2-16: Règles particulières et essais pour les blocs d'alimentation à découpage et les transformateurs pour blocs d'alimentation à découpage*

CEI 61643-12, *Parafoudres basse tension – Partie 12: Parafoudres connectés aux réseaux de distribution basse tension – Principes de choix et d'application*

CEI 62079:2001, *Etablissement des instructions – Structure, contenu et présentation*

CEI 62423: 2009, *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*

_____

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

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

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe