

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Coupling capacitors and capacitor dividers –
Part 1: General rules**

**Condensateurs de couplage et diviseurs capacitifs –
Partie 1: Règles générales**



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 Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

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It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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.



IEC 60358-1

Edition 1.0 2012-06

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Coupling capacitors and capacitor dividers –
Part 1: General rules**

**Condensateurs de couplage et diviseurs capacitifs –
Partie 1: Règles générales**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 29.120.99; 29.240.99; 31.060.70

ISBN 978-2-83220-120-6

**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.**

CONTENTS

| | |
|---|----|
| FOREWORD..... | 5 |
| INTRODUCTION..... | 7 |
| 1 Scope..... | 8 |
| 2 Normative references..... | 8 |
| 3 Terms and definitions | 9 |
| 3.1 General terms and definitions | 9 |
| 3.2 Coupling capacitor terms and definitions | 12 |
| 4 Service conditions..... | 13 |
| 4.1 General | 13 |
| 4.2 Normal service conditions | 14 |
| 4.2.1 Ambient air temperature..... | 14 |
| 4.2.2 Altitude | 14 |
| 4.2.3 Vibrations or earthquakes | 14 |
| 4.2.4 Other service conditions for indoor equipment | 14 |
| 4.2.5 Other service conditions for outdoor equipment..... | 14 |
| 4.3 Special service conditions..... | 15 |
| 4.3.1 General | 15 |
| 4.3.2 Altitude | 15 |
| 4.3.3 Ambient temperature | 15 |
| 4.3.4 Earthquakes | 16 |
| 4.4 System earthing..... | 16 |
| 5 Ratings..... | 16 |
| 5.1 Standard values of rated frequency..... | 16 |
| 5.2 Standard values of rated voltages | 16 |
| 5.2.1 Rated voltages U_R for a.c..... | 16 |
| 5.2.2 Rated voltages U_R for d.c..... | 16 |
| 5.3 Standard values of rated voltage factor | 17 |
| 5.3.1 standard values of rated voltage factor for a.c. voltages | 17 |
| 5.3.2 Standard values of rated voltage factor for d.c. voltages..... | 17 |
| 6 Design requirements..... | 18 |
| 6.1 Insulation requirements | 18 |
| 6.2 Other insulation requirements | 20 |
| 6.2.1 Low voltage terminal not exposed to weather | 20 |
| 6.2.2 Low voltage terminal exposed to weather | 20 |
| 6.2.3 Partial discharges | 21 |
| 6.2.4 Chopped lightning impulse test | 21 |
| 6.2.5 Capacitance at power frequency | 21 |
| 6.2.6 Losses of the capacitor at power frequency | 22 |
| 6.2.7 External insulation requirements | 23 |
| 6.3 Electromagnetic emission requirements – Radio interference voltage (RIV)..... | 23 |
| 6.4 Mechanical requirements | 23 |
| 6.5 Tightness of equipment..... | 24 |
| 6.5.1 General | 24 |
| 6.5.2 Gas tightness | 24 |
| 6.6 Voltage grading for d.c. capacitors..... | 25 |

| | | |
|-----------------------|---|----|
| 7 | Test conditions | 25 |
| 8 | Classification of tests | 26 |
| 8.1 | General | 26 |
| 8.2 | Routine tests | 26 |
| 8.3 | Type tests | 26 |
| 8.4 | Special tests | 27 |
| 9 | Routine tests | 28 |
| 9.1 | Tightness of the liquid-filled equipment | 28 |
| 9.1.1 | General | 28 |
| 9.1.2 | Closed pressure systems for gas | 29 |
| 9.2 | Electrical routine tests | 29 |
| 9.2.1 | General | 29 |
| 9.2.2 | Capacitance and $\tan\delta$ measurement at power-frequency | 29 |
| 9.2.3 | Power-frequency or d.c. withstand test | 30 |
| 9.2.4 | Partial discharge measurement | 31 |
| 9.2.5 | AC-withstand test on low-voltage terminal of the equipment (6.2.1 and 6.2.2) | 31 |
| 9.2.6 | Resistance measurement for d.c. equipment | 32 |
| 10 | Type tests | 32 |
| 10.1 | Impulse tests | 32 |
| 10.1.1 | General | 32 |
| 10.1.2 | Discharge test for d.c. coupling/filter capacitor | 32 |
| 10.1.3 | Lightning-impulse test | 33 |
| 10.2 | Wet test for outdoor equipment | 33 |
| 10.2.1 | a.c./d.c. withstand wet test on equipment | 33 |
| 10.2.2 | Switching impulse withstand wet test on equipment “range II” (a.c.: $U_m \geq 300$ kV and d.c.: $U_{SIL} \geq 750$ kV (peak)) | 33 |
| 10.3 | Radio interference voltage test | 34 |
| 10.4 | Voltage polarity reversal test for d.c. equipment | 34 |
| 11 | Special tests – Mechanical strength test | 35 |
| 12 | Marking of the equipment | 36 |
| 12.1 | General | 36 |
| 12.2 | Markings of the rating plate | 37 |
| Annex A (informative) | Typical diagram of an equipment | 38 |
| Annex B (informative) | Partial discharge test circuit and instrumentation | 39 |
| Annex C (normative) | Radio interference voltage – Measurement circuit | 41 |
| Bibliography | | 43 |
| Figure 1 | – Altitude correction factor for insulation | 15 |
| Figure 2 | – Flow charts test sequence to be applied when performing the type test (Figure 2a) and routine test (Figure 2b) | 28 |
| Figure A.1 | – Example of a diagram for a coupling capacitor (with and without low voltage terminal) | 38 |
| Figure B.1 | – Test circuit | 39 |
| Figure B.2 | – Alternative circuit | 39 |
| Figure B.3 | – Example of balanced test circuit | 40 |
| Figure B.4 | – Example of calibration circuit | 40 |

Figure C.1 – Measuring circuit..... 42

Table 1 – Rated ambient temperature categories 14

Table 2 – Standard values of rated voltage factors 17

Table 3 – Standard insulation levels for a.c. voltages..... 18

Table 4 – Partial discharge test voltages and permissible levels 21

Table 5 – Creepage distance..... 23

Table 6 – Static withstand test loads for insulators..... 24

Table 7 – Permissible temporary leakage rates for gas systems 25

Table 8 – Test voltages for units, stacks and complete equipment 31

Table 9 – Modalities of application of the test loads to the line primary terminals..... 36

Table 10 – Marking of the rating plate..... 37

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COUPLING CAPACITORS AND CAPACITOR DIVIDERS –

Part 1: General rules

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 60358-1 has been prepared by IEC Technical Committee 33: Power capacitors and their applications.

This standard cancels and replaces the second edition of IEC 60358 (1990), and constitutes a technical revision.

This edition of IEC 60358-1 includes the following significant technical changes with respect to the former edition of IEC 60358:

- The standard has been split into different parts; Part 1 is the general rules and Parts 2, 3, 4 will be specific to the PLC, filters and dividers applications.
- The routine and type test have been reviewed and are presented in Figure 2.

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

| FDIS | Report on voting |
|-------------|------------------|
| 33/499/FDIS | 33/508/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.

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

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

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

INTRODUCTION

For the new re-structured IEC 60358 series, the following parts are envisaged:

- IEC 60358-1¹, Coupling capacitors and capacitor dividers – Part 1: General rules
- IEC 60358-2², Coupling capacitor and capacitor dividers – Part 2: AC or DC single-phase coupling capacitor connected between line and ground for power line carrier-frequency (PLC) application
- IEC 60358-3³, Coupling capacitors and capacitor dividers – Part 3: AC or DC single-phase coupling capacitor for harmonic-filters applications
- IEC 60358-4⁴, Coupling capacitor and capacitor dividers – Part 4: AC or DC single-phase capacitor-divider and RC-divider connected between line and ground (except for CVT's which belong to IEC 61869-5)

1 To be published.

2 To be published.

3 Under consideration.

4 Under consideration.

COUPLING CAPACITORS AND CAPACITOR DIVIDERS –

Part 1: General rules

1 Scope

This part of IEC 60358 applies to:

- Capacitors, with rated voltage > 1 000 V, connected line to ground with the low voltage terminal either permanently earthed or connected to devices, for applications listed hereunder and other similar uses.

This standard serves as basic standard for the coupling capacitor, the different parts of this standard will present the supplementary specifications and tests, for example IEC 60358-2, IEC 60358-3 or IEC 60358-4.

NOTE Diagrams of coupling capacitor to which this standard applies are given in Figures A.1.

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 60038, *IEC standard voltages*

IEC 60050-321:1986, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 321: Instrument transformers*

IEC 60050-436:1990, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 436: Power capacitors*

IEC 60050-601:1985, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 601: Generation, transmission and distribution of electricity – General*

IEC 60050-604:1987, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*

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

IEC 60068-2-17, *Basic environmental testing procedures – Part 2-17: Tests – Test Q: Sealing*

IEC 60071-1, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC 60270, *High-voltage test techniques – Partial discharge measurements*

IEC 60721 (all parts), *Classification of environmental conditions*

IEC 61462, *Composite hollow insulators – Pressurized and unpressurized insulators for use in electrical equipment with rated voltage greater than 1 000 V – Definitions, test methods, acceptance criteria and design recommendations*

CISPR/TR 18-2, *Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment – Part 2: Methods of measurement and procedure for determining limits*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

NOTE Some of these terms and definitions are identical with or are similar to those of IEC 60050-321:1986, IEC 60050-436:1990, IEC 60050-601:1985 and IEC 60050-604:1987. These are indicated by the relevant reference in brackets.

3.1 General terms and definitions

3.1.1 equipment

general term used for this standard, either for complete capacitor, capacitor divider, RC-divider

3.1.2 coupling capacitor

capacitor used for the transmission of signals in a power system

[SOURCE: IEC 60050-436:1990, 436-02-11]

3.1.3 rated frequency of equipment

frequency for which the coupling capacitor has been designed

3.1.4 standard reference range of frequency

range of frequency which is applicable for the equipment.

3.1.5 rated voltage

U_R

value of the voltage which appears in the designation of the equipment and on which its performance is based

[SOURCE: IEC 60050-321:1986, 321-01-12]

3.1.6 highest voltage for equipment

U_m

a.c.: the highest r.m.s. value of phase-to-phase voltage for which the equipment is designed and may be used in respect of its insulation

d.c.: the highest value of line to ground voltage for which the equipment is designed and may be used in respect of its insulation

3.1.7 d.c.-system voltage

U_{DC}

highest mean or average operating voltage to earth, excluding harmonics and commutation overshoots

[SOURCE: IEC 60071-5]

3.1.8

Maximum d.c.-system voltage

U_{DCmax}

maximum D.C.-system voltage is almost a pure d.c. voltage with a magnitude dependent on voltage control and measuring tolerance excluding harmonics and commutation overshoots.

3.1.9

rated insulation level

combination of voltage values which characterises the insulation of the equipment with regard to its capability to withstand dielectric stresses

3.1.10

isolated neutral system

system where the neutral point is not intentionally connected to earth, except for high impedance connections for protection or measurement purposes

[SOURCE: IEC 60050-601:1985, 601-02-24]

3.1.11

solidly earthed (neutral) system

system whose neutral point(s) is (are) earthed directly

[SOURCE: IEC 60050-601:1985, 601-02-25]

3.1.12

impedance earthed (neutral) system

system whose neutral point(s) is (are) earthed through impedances to limit earth fault currents

[SOURCE: IEC 60050-601:1985, 601-02-26]

3.1.13

resonant earthed (neutral) system

system in which one or more neutral points are connected to earth through reactances which approximately compensate the capacitive component of a single-phase-to-earth fault current

[SOURCE: IEC 60050-601:1985, 601-02-27]

Note 1 to entry: With resonant earthing of a system, the residual current in the fault is limited to such an extent that an arcing fault in air is self-extinguishing.

3.1.14

earth fault factor

at a given location of a three-phase system, and for a given system configuration, the ratio of the highest r.m.s. phase-to-earth power frequency voltage on a healthy phase during a fault to earth affecting one or more phases at any point on the system to the r.m.s. value of phase-to-earth power frequency voltage which would be obtained at the given location in the absence of any such fault

[SOURCE: IEC 60050-604:1987, 604-03-06]

3.1.15

earthed neutral system

system in which the neutral is connected to earth either solidly or through a resistance or reactance of sufficiently low value to reduce transient oscillations and to give a current sufficient for selective earth fault protection

- a) A three-phase system with effectively earthed neutral at a given location is a system characterized by an earth fault factor at this point which does not exceed 1,4

Note 1 to entry: This condition is obtained approximately when, for all system configurations, the ratio of zero-sequence reactance to the positive-sequence reactance is less than 3 and the ratio of zero-sequence resistance to positive-sequence reactance is less than one.

- b) A three-phase system with non-effectively earthed neutral at a given location is a system characterized by an earth fault factor at this point that may exceed 1,4

3.1.16

unified specific creepage distance USCD

creepage distance of an insulator divider by the r.m.s value of the highest operating voltage across the insulator

Note 1 to entry: This definition differs from that of specific creepage distance where the line-line value of the highest voltage for the equipment is used (for a.c. systems usually $U_m/\sqrt{3}$). For line-to-earth insulation, this definition will result in a value that $\sqrt{3}$ times that given by the definition of specific creepage distance in IEC/TR 60815 (1986).

Note 2 to entry: For U_m see IEC 60050-604:1987, 604-03-01.

Note 3 to entry: It is generally expressed in mm/KV and usually expressed as a minimum.

3.1.17

exposed installation

installation in which the apparatus is subject to overvoltages of atmospheric origin

NOTE Such installations are usually connected to overhead transmission lines either directly or through a short length of cable.

3.1.18

non-exposed installation

installation in which the apparatus is not subject to overvoltages of atmospheric origin

Note 1 to entry: Such installations are usually connected to underground cable networks.

3.1.19

rated voltage factor

F_V

multiplying factor to be applied to the rated voltage U_R to determine the maximum voltage at which equipment must comply with relevant thermal requirements for a specified time

3.1.20

rated temperature category of the equipment

range of temperature of the ambient air or of the cooling medium for which the equipment has been designed

3.1.21

line terminal

terminal intended for connection to a line conductor of a network

[SOURCE: IEC 60050-436:1990, 436-03-01]

3.1.22

mechanical stress

stresses on different parts of the equipment as a function of four main forces:

- forces on the terminals due to the line connections,
- forces due to the wind on the cross-section of the equipment with and without line trap mounted on the top of a coupling/filter capacitor,
- seismic forces and
- electrodynamic forces due to short circuit current

3.1.23**voltage-connected equipment**

equipment which has only one connection to the high voltage line

Note 1 to entry: Under normal conditions the top connection carries only the current of the equipment.

3.1.24**current-connected equipment**

equipment which has two connections to the high voltage line

Note 1 to entry: The terminals and the top connection are designed to carry the line current under normal conditions.

3.1.25**line trap-connected coupling/filter capacitor**

coupling/filter capacitor which supports a line trap on its top

Note 1 to entry: In this case, the two connections to the line trap carry the HV line current and one connection from the line trap to the capacitor carries the current of the capacitor

Note 2 to entry: The pedestal-mounting line traps in two phases generate additional forces during a short circuit in more than one phase.

3.2 Coupling capacitor terms and definitions**3.2.1****coupling capacitor**

capacitor used for the transmission of signals in a power system

[SOURCE: IEC 60050-436:1990, 436-02-11]

3.2.2**(capacitor) element**

device consisting essentially of two electrodes separated by a dielectric

3.2.3**(capacitor) unit**

assembly of one or more capacitor elements in the same container with terminals brought out

[SOURCE: IEC 60050-436:1990, 436-01-04]

3.2.4**(capacitor) stack**

assembly of capacitor units connected in series

[SOURCE: IEC 60050-436:1990, 436-01-05]

3.2.5**capacitor**

general term used when it is not necessary to state whether reference is made to a capacitor unit or to a capacitor stack

3.2.6**rated capacitance of a capacitor C_R**

capacitance value for which the capacitor has been designed

Note 1 to entry: This definition applies:

- for a capacitor unit, to the capacitance between the terminals of the unit;
- for a capacitor stack, to the capacitance between line and low voltage terminals or between line and earth terminals of the stack

3.2.7**low voltage terminal of a coupling capacitor**

terminal (N_{HF}) intended for connection to earth either directly or via a drain coil of negligible value of impedance, at rated frequency, for power line carrier (PLC) application

[SOURCE: IEC 60050-436:1990, 436-03-04, modified]

3.2.8**capacitance tolerance**

permissible difference between the actual capacitance and the rated capacitance under specified conditions

[SOURCE: IEC 60050-436:1990, 436-04-01]

3.2.9**equivalent series resistance of a capacitor**

virtual resistance which, if connected in series with an ideal capacitor of capacitance value equal to that of the capacitor in question, would have a power loss equal to the active power dissipated in that capacitor under specified operating conditions at a given high frequency

3.2.10**capacitor losses**

active power dissipated in the capacitor

[SOURCE: IEC 60050-436:1990, 436-04-10]

3.2.11**tangent of the loss angle ($\tan\delta$) of a capacitor**

ratio between the active power P_a and the reactive power P_r : $\tan\delta = P_a/P_r$

3.2.12**temperature coefficient of capacitance T_C**

fractional change of the capacitance for a given change in temperature:

$$T_K = \frac{\Delta C}{C_{20} \Delta T} \frac{1}{K} \text{ or } \frac{1}{^\circ C}$$

ΔC represents the observed change in capacitance over the temperature interval ΔT

C_{20} $^\circ C$ represents the capacitance measured at 20 $^\circ C$

Note 1 to entry: The term $\Delta C/\Delta T$ according to this definition is usable only if the capacitance is an approximate linear function of the temperature in the range under consideration. If not, the temperature dependency of the capacitance should be shown in a graph or a table.

3.2.13**dielectric of a capacitor**

insulating material between the electrodes

Note 1 to entry: The major insulation generally consists of paper, plastic film, or a mixed of paper and plastic film subsequently treated and impregnated with oil or gas at atmospheric pressure or higher.

4 Service conditions**4.1 General**

Detailed information concerning classification of environmental conditions is given in the IEC 60721 series.

4.2 Normal service conditions

4.2.1 Ambient air temperature

The equipment is classified in three categories as given in Table 1.

Table 1 – Rated ambient temperature categories

| Category | Minimum temperature °C | Maximum temperature °C |
|--|---------------------------|---------------------------|
| –5/40 | –5 | 40 |
| –25/40 | –25 | 40 |
| –40/40 | –40 | 40 |
| NOTE In the choice of the temperature category, storage and transportation conditions should also be considered. | | |

4.2.2 Altitude

The altitude does not exceed 1 000 m.

4.2.3 Vibrations or earthquakes

Vibrations due to causes external to the equipment or earthquakes are negligible.

4.2.4 Other service conditions for indoor equipment

Other considered service conditions are the following:

- a) the influence of solar radiation may be neglected;
- b) the ambient air is not significantly polluted by dust, smoke, corrosive gases, vapours or salt;
- c) the conditions of humidity are as follows:
 - 1) the average value of the relative humidity, measured during a period of 24 h, does not exceed 95 %;
 - 2) the average value of the water vapour pressure for a period of 24 h, does not exceed 2,2 kPa;
 - 3) the average value of the relative humidity, for a period of one month, does not exceed 90 %;
 - 4) the average value of the water vapour pressure, for a period of one month, does not exceed 1,8 kPa.

For these conditions, condensation may occasionally occur.

NOTE 1 Condensation be expected where sudden temperature changes occur in periods of high humidity.

NOTE 2 To withstand the effects of high humidity and condensation, such as breakdown of insulation or corrosion of metallic parts, equipment designed for such conditions should be used.

NOTE 3 Condensation may be prevented by special design of the housing, by suitable ventilation and heating or by the use of dehumidifying equipment.

4.2.5 Other service conditions for outdoor equipment

Other considered service conditions are the following:

- a) average value of the ambient air temperature, measured over a period of 24 h, does not exceed 35 °C;

- b) solar radiation up to a level of 1 000 W/m² (on a clear day at noon) should be considered;
- c) the ambient air may be polluted by dust, smoke, corrosive gases, vapours or salt. The pollution does not exceed the pollution levels given in Table 5;
- d) the wind pressure does not exceed 700 Pa (corresponding to 34 m/s wind speed);
- e) account should be taken of the presence of condensation or precipitation.

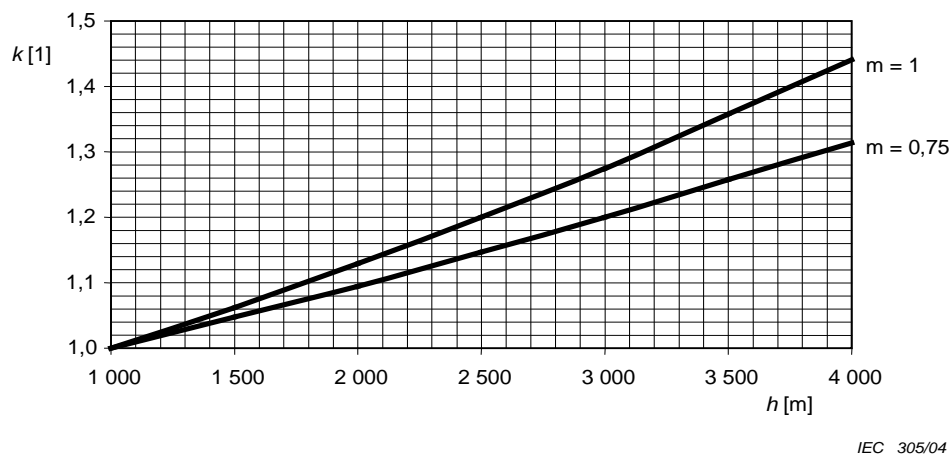
4.3 Special service conditions

4.3.1 General

When equipment may be used under conditions different from the normal service conditions given in 4.2, the user's requirements should refer to standardized steps as follows.

4.3.2 Altitude

For installation at an altitude higher than 1 000 m, the arcing distance under the standardized reference atmospheric conditions shall be determined by multiplying the withstand voltages required at the service location by factor k in accordance with Figure 1.



These factors can be calculated with the following equation:

$$k = e^{m(h - 1000)/8150}$$

where

h is the altitude in metres;

$m = 1$ for power-frequency and lightning impulse voltage;

$m = 0,75$ for switching impulse voltage.

NOTE As for the internal insulation, the dielectric strength is not affected by altitude. The method for checking the external insulation shall be agreed between manufacturer and purchaser.

Figure 1 – Altitude correction factor for insulation

4.3.3 Ambient temperature

For installation in a place where the ambient temperature can be significantly outside the normal service condition range stated in 4.2.1, the preferred ranges of minimum and maximum temperature to be specified should be:

- a) –50 °C and 40 °C for very cold climates;
- b) –5 °C and 50 °C for very hot climates.

NOTE 1 In extreme cases the purchasers shall inform the manufacturer of another temperature range.

In certain regions with frequent occurrence of warm humid winds, sudden changes of temperature may occur resulting in condensation even indoors.

NOTE 2 Under certain conditions of solar radiation, appropriate measures e.g. roofing, forced ventilation, etc. may be necessary, in order not to exceed the specified temperature rises.

4.3.4 Earthquakes

For installations where earthquakes are likely to occur, the relevant severity level in accordance with IEC 62271 shall be specified by the user.

The compliance with such special requirements, if applicable, has to be demonstrated, either by calculation or by testing as defined by relevant standards.

4.4 System earthing

The considered system earthings are:

- a) isolated neutral system (see 3.1.8);
- b) resonant earthed system (see 3.1.11);
- c) earthed neutral system (see 3.1.13):
 - 1) solidly earthed neutral system (see 3.1.9)
 - 2) impedance earthed (neutral) system (see 3.1.10).

5 Ratings

5.1 Standard values of rated frequency

Standard values are 50 Hz and 60 Hz for a.c. voltages.

5.2 Standard values of rated voltages

5.2.1 Rated voltages U_R for a.c.

The standard values of rated voltage of an equipment connected between one line of a three-phase system and earth or between a system neutral point and earth shall be $1/\sqrt{3}$ times the values of rated system voltage.

Preferred values are given in IEC 60038.

NOTE The performance of an equipment is based on the rated voltage U_R whereas the rated insulation level is based on one of the highest voltages for equipment U_m (IEC 60071-1)

5.2.2 Rated voltages U_R for d.c.

The values of rated voltage of an equipment connected between one line and earth is the values of rated d.c. line voltage.

For filter capacitors the harmonics voltages have to be included in the rated voltage according to following formula:

$$U_R = U_{DCMAX} + \sqrt{2} \times \sqrt{\sum U_h^2}$$

$\sqrt{\sum U_h^2}$: RMS voltage of AC voltage components

5.3 Standard values of rated voltage factor

5.3.1 standard values of rated voltage factor for a.c. voltages

The voltage factor is determined by the maximum operating voltage which, in turn, is dependent on the system earthing conditions.

The standard voltage factors appropriate to the different earthing conditions are given in Table 2 below, together with the permissible duration of maximum operating voltage (i.e. rated time).

Table 2 – Standard values of rated voltage factors

| Rated voltage factor F_V | Rated time | Method of connecting the primary terminal and system earthing conditions |
|---|------------|--|
| 1,2 | Continuous | Between phase and earth in an effectively earthed neutral system (3.1.15 a) |
| 1,5 | 30 s | |
| 1,2 | Continuous | Between phase and earth in a non-effectively earthed neutral system (3.1.15 b)) with automatic earth-fault tripping. |
| 1,9 | 30 s | |
| 1,2 | Continuous | Between phase and earth in an isolated neutral system (3.1.10) without automatic earth-fault tripping or in a resonant earthed system (3.1.13) without automatic earth-fault tripping. |
| 1,9 | 8 h | |
| NOTE 1 Reduced rated times are permissible by agreement between manufacturer and user. | | |
| NOTE 2 The thermal requirements of an equipment is based on the rated voltage whereas the rated insulation level is based on the highest voltage for equipment U_m (IEC 60071-1). | | |
| NOTE 3 The maximum operating voltage of an equipment must be lower or equal to the highest voltage of equipment $\frac{U_m}{\sqrt{3}}$ or the rated voltage U_R multiplied with the rated voltage factor 1,2 for continuous service, whichever is the lowest. | | |

5.3.2 Standard values of rated voltage factor for d.c. voltages

No rated voltage factor is applicable for d.c. voltages, the voltage is controlled through the converter and the rated voltage is including the tolerance of voltage (see definition U_{DCmax} in 3.1.8).

6 Design requirements

6.1 Insulation requirements

For AC-applications, the choice of the insulation level for equipment shall be made in accordance with the standard insulation levels in Table 3. The rated insulation levels shall be based on its highest voltage for equipment U_m .

Table 3 – Standard insulation levels for a.c. voltages

| Range | Highest voltage for equipment U_m (r.m.s.) kV | Rated power-frequency withstand voltage (r.m.s.) kV | Rated lightning impulse withstand voltage (peak) kV | Rated Switching withstand voltage (peak) kV | |
|-------|---|---|---|---|--|
| I | 0,72 | 3 | --- | | |
| | 1,2 | 6 | --- | | |
| | 3,6 | 10 | 20 40 | | |
| | 7,2 | 20 | 40 60 | | |
| | 12 | 28 | 60 75 | | |
| | 17,5 | 38 | 75 95 | | |
| | 24 | 50 | 95 125 | | |
| | 36 | 70 | 145 170 | | |
| | 52 | 95 | 250 | | |
| | 72.5 | 140 | 325 | | |
| | 100 | 185 | 450 | | |
| | 123 | | 185 | 450 | |
| | | | 230 | 550 | |
| | 145 | | 230 | 550 | |
| | | | 275 | 650 | |
| | 170 | | 275 | 650 | |
| | | | 325 | 750 | |
| 245 | | 395 | 950 | | |
| | | 460 | 1 050 | | |

| Range | Highest voltage for equipment U_m (r.m.s.) kV | Rated power-frequency withstand voltage (r.m.s.) kV | Rated lightning impulse withstand voltage (peak) kV | Rated Switching withstand voltage (peak) kV |
|-------|---|---|---|---|
| II | 300 | 395 | 850 | 750 |
| | | | 950 | |
| | 362 | 460 | 950 | 850 |
| | | | 1050 | |
| | 362 | 460 | 950 | 850 |
| | | | 1 050 | |
| | 420 | 510 | 1 050 | 950 |
| | | | 1 175 | |
| | 420 | 570 | 1 050 | 850 |
| | | | 1 175 | |
| | | | 1 175 | 950 |
| | | | 1 300 | |
| | 550 | 630 | 1 300 | 1 050 |
| | | | 1 425 | |
| | | | 1 175 | 950 |
| | | | 1 300 | |
| | 550 | 630 | 1 300 | 1 050 |
| | | | 1 425 | |
| | | | 1 425 | 1 175 |
| | | | 1 550 | |
| | 800 | 880 | 1 675 | 1 300 |
| | | | 1 800 | |
| | | | 1 800 | 1 425 |
| | | | 1 950 | |
| | 800 | 975 | 1 950 | 1 550 |
| | | | 2 100 | |
| | | | 1 950 | 1 425 |
| | | | 2 100 | |
| 1 100 | | 2 100 | 1 550 | |
| | | 2 250 | | |
| | | 2 250 | 1 675 | |
| | | 2 400 | | |
| | | 2 400 | 1 800 | |
| | | 2 550 | | |
| | | 1 200 | | 2 100 |
| 2 250 | | | | |
| 2 250 | 1 800 | | | |
| 2 400 | | | | |
| 2 550 | 1 950 | | | |
| 2 700 | | | | |

NOTE 1 For exposed installations it is recommended to choose the highest insulation level.

NOTE 2 Rated power frequency withstand voltage levels according to IEC 62271-203 may be different.

NOTE 3 For alternative levels, see IEC 60071-1.

For d.c. application, the d.c. withstand voltage test is defined with a factor $F_T = 2,6$. The voltage shall be applied during 10 seconds.

$$\text{d.c.-test voltage} = (F_T \times U_R) = 2,6 \times U_R \quad (U_R: \text{see } 5.2.2)$$

Applied general rules:

- The rated positive wet switching impulse withstand voltage is the base for the determination of the minimum arcing distance (external insulation) of the equipment.
- The strength of the external insulation is usually tested wet with the rated short duration power frequency withstand voltage (range I) or with the positive wet switching impulse withstand voltage (range II) (see 10.2).
- The value of the rated lightning impulse withstand voltage is one factor with which to determine the strength of the dielectric of the capacitors.
- For a.c. applications in IEC 60071-1, for each U_m only two standard withstand voltages are sufficient to define the standard insulation level for the equipment:
 - range I: $U_m < 300$ kV: rated lightning impulse withstand voltage and rated short-duration power-frequency withstand voltage
 - range II: $300 \text{ kV} \leq U_m \leq 800$ kV: rated switching and rated lightning impulse withstand voltages
- For d.c. applications, no standards are available; the insulation level has to be defined between manufacturer and user. Usually for each rated voltage only two standard withstand voltages are sufficient to define the standard insulation level for the equipment:
 - range I: $U_{SIL} < 750$ kV: rated lightning impulse withstand voltage and corresponding rated power frequency withstand voltage in wet conditions (corresponding to the BIL voltage on table 3)
 - range II: $U_{SIL} \geq 750$ kV: rated switching (wet conditions) and rated lightning impulse withstand voltages
- Due to the non-self-restoring internal insulation of equipment, for range II three standards withstand voltages are specified in Table 3. The short duration power frequency withstand voltage test (resp. d.c. voltage test for d.c. applications) has been specified for range II as a routine test with partial discharge measurement. The stress with a.c. voltage (resp. d.c. voltage for d.c. applications) determines the long term behaviour of the non-self-restoring internal insulation of the equipment.
- The rated short-duration power frequency withstand voltage test (Table 3, column 3), with partial discharge (PD) measurement in range II is an indication for the stress on the insulation of the equipment.
- The rated insulation level is based on the highest voltage for equipment U_m , whereas the thermal requirement of the equipment is based on the rated voltage U_R .
- The choice of the insulation level shall be made in accordance with 5.2.1 and IEC 60071-1.

6.2 Other insulation requirements

6.2.1 Low voltage terminal not exposed to weather

Equipment with a low-voltage terminal shall be subjected to a test voltage between the low-voltage and earth terminals. The test voltage shall be an a.c. voltage of 4 kV (r.m.s. value).

6.2.2 Low voltage terminal exposed to weather

If the low voltage terminal is exposed to the weather, it shall be subjected to an a.c. voltage of 10 kV (r.m.s. value) between the low-voltage and earth terminals.

6.2.3 Partial discharges

The partial discharge level shall not exceed the limits specified in table 4 at the partial discharge test voltage specified in the same table, after a pre-stressing performed according to the procedures of 9.2.3.1.

Partial discharge requirements are applicable to the complete equipment.

Table 4 – Partial discharge test voltages and permissible levels

| Type of earthing of the system | PD test voltage (r.m.s.) | Permissible PD level (pC) Insulation immersed in liquid or gas |
|---|----------------------------|--|
| Earthed neutral system | U_m | 10 |
| | $\frac{1,2 U_m}{\sqrt{3}}$ | 5 |
| Insulated or non-effectively earthed neutral system | $1,2 U_m$ | 10 |
| | $\frac{1,2 U_m}{\sqrt{3}}$ | 5 |

NOTE 1 If the neutral system is not defined, the values given for isolated or non-effectively earthed systems are valid.

NOTE 2 The permissible PD level is also valid for frequencies different from the system frequency.

NOTE 3 Due to big capacitance, the back ground noise level lower than 5pC cannot be reached, in that case, an agreement between purchaser and manufacturer should be made.

| | |
|---|--|
| For d.c. application, the PD measurement voltage shall be AC-voltage [kVrms] as follow: $1,2 \times U_R / \sqrt{2}$ | The permissible PD level (pC) for equipment with insulation immersed in liquid or gas is 5pC |
| NOTE 4 Due to big capacitance, the back ground noise level lower than 5pC cannot be reached, in that case, a permissible PD level of 10pC can be applied with a voltage $1,5 \times U_R / \sqrt{2}$ | |

| |
|---|
| NOTE 5 For a.c. and for d.c. equipment, if only parts of the equipment are tested, the value of the test voltage will be equal to : |
| $1,05 \times \text{test voltage of the equipment} \times \frac{\text{rated voltage of the unit}}{\text{rated voltage of the equipment}}$ |
| or |
| $1,05 \times \text{test voltage of the equipment} \times \frac{\text{rated voltage of the stack}}{\text{rated voltage of the equipment}}$ |

6.2.4 Chopped lightning impulse test

The test is intended to check the internal connections of the equipment.

If additionally specified, the complete equipment shall also be capable of withstanding a chopped lightning impulse voltage having a peak value of 115 % of the rated lightning impulse voltage.

6.2.5 Capacitance at power frequency

The capacitance C of a unit, a stack and a capacitor shall not differ from the rated capacitance by more than –5 % to +10 %.

The ratio of the capacitances of any two units forming part of a capacitor stack shall not differ by more than 5 % from the reciprocal ratio of the rated voltages of the units.

The capacitance shall be measured at 0,1 times and 0,9 to 1,1 times the U_R , respectively $U_R/\sqrt{2}$ for d.c. applications, or may be agreed upon between manufacturer and purchaser

NOTE 1
$$C = \frac{C_o}{n}$$

where

n is the number of elements in series;

C_o is the capacitance of one element.

NOTE 2 The actual capacitance should be measured, or referred to, at the temperature at which the rated capacitance is defined.

6.2.6 Losses of the capacitor at power frequency

The requirements relating to capacitor losses, expressed as $\tan\delta$ measured at 0,9 to 1,1 times the U_R , resp. $U_R/\sqrt{2}$ for d.c. applications, or may be agreed upon between manufacturer and purchaser.

NOTE 1 The purpose is to check the uniformity of the production. Limits for the permissible variations may be the subject of an agreement between manufacturer and purchaser.

NOTE 2 The $\tan\delta$ value is dependent on the insulation design and the voltage, the temperature and the measuring frequency.

NOTE 3 The $\tan\delta$ value of certain types of dielectrics is a function of the energization time before the measurement.

NOTE 4 The losses of the capacitor are an indication of the drying and impregnation process.

NOTE 5 For information, typical $\tan\delta$ values for dielectrics which are impregnated with mineral oil or synthetic oil are at 20 °C (293 K) and nominal voltage:

- | | |
|--|-------------------------|
| a) Paper: | $\leq 5 \times 10^{-3}$ |
| b) Mixed: film-paper-film and paper-film-paper | $\leq 3 \times 10^{-3}$ |
| c) Film: | $\leq 1 \times 10^{-3}$ |

NOTE 6 d.c. capacitor with parallel grading resistance will have a higher value than typical $\tan\delta$

6.2.7 External insulation requirements

For outdoor insulation susceptible to contamination, the minimum rated specific creepage distance measured on the insulation surface in millimetres is given in Table 5.

Table 5 – Creepage distance

| Pollution level | Minimum rated specific creepage distance ^a mm/kV a.c. ^b | | <u>Creepage distance</u> <u>Arcing distance</u> mm |
|---|--|------------------------------------|--|
| | Specific creepage distance for three-phase a.c. systems | Unified specific creepage distance | |
| a Very light | 12,7 | 22,0 | - |
| b Light | 16 | 27,8 | ≤ 3,5 |
| c Medium | 20 | 34,7 | ≤ 3,5 |
| d Heavy | 25 | 43,3 | ≤ 4,0 |
| e Very heavy | 31 | 53,7 | ≤ 4,0 |
| a For the actual creepage distance, the specified manufacturing tolerances are applicable (see IEC 62155). | | | |
| b Ratio of the creepage distance measured in millimetres between phase and earth over the r.m.s. phase to phase value of the highest voltage in kV for the equipment U_m (see IEC 60071-1). For other information and manufacturing tolerances on the creepage distance see IEC 60815. | | | |
| NOTE 1 It is recognized that the performance of surface insulation is greatly affected by insulator shape. | | | |
| NOTE 2 In the case of exceptional pollution severity, a specific rated creepage distance of 31 mm/kV may not be adequate. Depending on service experience and/or on laboratory test results, a higher value of specific creepage distance can be used, but in some instances the practicability of washing may have to be considered. | | | |
| NOTE 3 The values are for porcelain insulators. Composite insulators exist which have better performance against pollution, according to IEC 61462. | | | |

Low-voltage terminals exposed to the weather shall have a rated creepage distance of at least 60 mm.

For d.c. voltages, no standards are available; the creepage distance has to be defined between manufacturer and purchaser.

6.3 Electromagnetic emission requirements – Radio interference voltage (RIV)

This requirement applies to equipment having $U_m \geq 123$ kV to be installed in air-insulated substation. The radio interference voltage shall not exceed $2\,500 \mu\text{V}$ at $1,1 U_m/\sqrt{3}$.

NOTE 1 This requirement is included to meet some electromagnetic compatibility regulations.

NOTE 2 Although there is no direct conversion between RIV microvolts and PD picocoulombs, the equipment is considered to have passed the test if at $1,1 U_m/\sqrt{3}$ the partial discharge level does not exceed 300 pC.

For d.c. applications, the test will be done with an a.c. 50/60Hz voltage. The test voltage is defined as $1,1 U_m/\sqrt{2}$. The radio interference voltage shall not exceed $2\,500 \mu\text{V}$.

6.4 Mechanical requirements

Free standing equipment shall be capable of withstanding the static test loads given in Table 6.

The specified test loads are intended to be applied in any direction to the primary terminals.

Table 6 – Static withstand test loads for insulators

| Highest voltage for equipment U_m kV | Static withstand test load F_R [N] | | |
|--|--------------------------------------|---------------------------|-------|
| | Equipment with: | | |
| | Voltage terminals | Through current terminals | |
| Load class I | | Load class II | |
| 72,5 to 100 | 500 | 1 250 | 2 500 |
| 123 to 170 | 1 000 | 2 000 | 3 000 |
| 245 to 362 | 1 250 | 2 500 | 4 000 |
| ≥ 420 | 1 500 | 4 000 | 5 000 |
| d.c. voltages | 1 500 | 2 500 | 4 000 |

NOTE 1 These requirements do not apply to suspended equipment.

NOTE 2 The sum of the loads acting in routine operating conditions should not exceed 50 % of the specified withstand test load.

NOTE 3 In some applications equipment with through current terminals should withstand rarely occurring extreme dynamic loads (e.g. short circuits) not exceeding 1,4 times the static test load.

NOTE 4 The suspension system of the equipment should be so designed to withstand a tensile stress of at least the mass in kilograms, with a safety factor of 2,5, multiplied by 9,81 to get the corresponding force in newtons.

NOTE 5 If the equipment is used to support a line trap, other test loads should be agreed between manufacturer and purchaser.

NOTE 6 For some applications it may be necessary to establish the resistance to rotation of the primary terminals. The moment to be applied during the test shall be agreed between manufacturer and purchaser.

6.5 Tightness of equipment

6.5.1 General

The complete equipment shall be tight in the full temperature range specified for the applicable temperature category.

6.5.2 Gas tightness

6.5.2.1 General

The following specifications apply to all equipment that use gas, other than air at atmospheric pressure, as an insulating medium.

6.5.2.2 Closed pressure systems for gas

The tightness characteristic of a closed pressure system stated by the manufacturer shall be consistent with a minimum maintenance and inspection philosophy.

The tightness of closed pressure systems for gas is specified by the relative leakage rate F_{rel} of each compartment.

Standardized value is 0,5 % per year, for SF6 and SF6-mixtures.

Means shall be provided to enable gas systems to be safely replenished while the equipment is in service.

NOTE 1 These values can be used to calculate times between replenishments, T , outside extreme conditions of temperature.

NOTE 2 Lower leakage rates can be specified according to national regulations and regional practice

An increased leakage rate at extreme temperatures (if such tests are required in the relevant standards) is acceptable, provided that this rate resets to a value not higher than the maximum permissible value at normal ambient air temperature. The increased temporary leakage rate shall not exceed the values given in Table 7.

In general, for the application of an adequate test method, reference is made to IEC 60068-2-17.

Table 7 – Permissible temporary leakage rates for gas systems

| Temperature class [°C] | Permissible temporary leakage rate |
|----------------------------|------------------------------------|
| +40 and +50 | $3F_p$ |
| ambient temperature | F_p |
| -5 / -10 / -15 / -25 / -40 | $3F_p$ |
| -50 | $6F_p$ |

6.5.2.3 Sealed pressure systems

The tightness of sealed pressure systems is specified by their expected operating life. The manufacturer shall specify the expected operating life. Preferred values are 20 years and 30 years.

6.6 Voltage grading for d.c. capacitors

The manufacturer should take in account the d.c. voltage distribution between the capacitor element of a unit and between the series connected unit by using grading resistors or equivalent grading systems.

NOTE For instance, following criteria have to be taken in account

- Thermal properties (thermal stability, temperature distribution)
- Insulating system (construction, porcelain, composite insulator, ...)
- Pollution-levels.

7 Test conditions

Unless otherwise specified for a particular test or measurement, the temperature of the capacitor dielectric at the start of the test shall be between +5 °C and +35 °C and shall be known.

It may be assumed that the temperature of the dielectric is the same as that of the ambient air, provided that the capacitor has been left in an unenergized state in a constant ambient-air temperature for an adequate period.

If correction is necessary, the reference temperature shall be +20 °C, unless otherwise agreed between the manufacturer and the purchaser.

Unless otherwise specified the a.c. tests and measurements shall be carried out at a frequency between 0,8 and 1,2 times the rated frequency for capacitors with a rated frequency of 50 Hz or higher and at a frequency between 40 Hz and 72 Hz for capacitors with a rated frequency below 50 Hz.

The type tests shall be carried out on a capacitor stack, unless otherwise specified. The routine tests, if the capacitor consists of several capacitor units, may be carried out on separate units,

taking into account the increased test voltage (as specified in 9.2), to account for the non-uniformity of the voltage distribution due to capacitance tolerance.

8 Classification of tests

8.1 General

The tests specified in this standard are classified as routine tests, type tests and special tests. The routine and type tests shall be carried out in the same sequence as outlined in the flow chart (see Figure 2).

The classification is as follows:

- Routine test
A test to which each individual equipment is subjected.
- Type test
A test made on each type of equipment to demonstrate that all equipments made according to the same specification comply with the requirements not covered by routine tests.

NOTE 1 A type test may also be considered valid if it is made on an equipment which has minor deviations. Such deviations should be subject to agreement between manufacturer and purchaser.

NOTE 2 The type test must follow the procedure as specified in the flow chart of Figure 2.
- Special test
A test other than a type test or a routine test, which shall be performed upon agreement between manufacturer and purchaser.

8.2 Routine tests

The following tests are routine tests. For details, reference should be made to the relevant sub-clauses:

- a) tightness of equipment (9.1);
- b) capacitance and $\tan\delta$ measurement at power-frequency (9.2.1);
- c) power-frequency or d.c. withstand test (9.2.2);
- d) measurement of partial discharges (9.2.3);
- e) resistance measurement if resistance(s) is(are) mounted inside the equipment (9.2.5).
- f) power-frequency withstand test on low voltage terminal if applicable (9.2.4);

The order or possible combination of the tests is not standardized excepted for the highlighted test in Figure 2.

Repeated power-frequency tests should be performed at 80 % of the specified test voltage

8.3 Type tests

The following tests are type tests.

The electrical routine tests have to be performed before and after the type test at 100% test voltages.

For details, reference should be made to the relevant subclauses

- a) discharge test (10.1.2) for d.c.-coupling/filter capacitor
- b) chopped impulse test for a.c. equipment and d.c.-dividers (10.1.2.2)

- c) lightning impulse test (10.1.3);
- d) power frequency withstand voltage wet test for outdoor type equipment for a.c. voltage for the voltage range $U_m < 300$ kV (10.2.1);
- e) d.c.-withstand voltage wet test for outdoor type equipment for d.c. voltage for the voltage range $SIL < 750$ kV (peak) (10.2.1);
- f) switching impulse test under wet conditions for a.c. voltage range ≥ 300 kV (10.2.2);
- g) switching impulse test under wet conditions for the d.c. voltage equipment with a voltage range $SIL \geq 750$ kV (peak) (10.2.2);
- h) EMC radio interference voltage (RIV) tests, if applicable (10.3);
- i) Polarity reversal test for d.c. equipment (10.4)

The type tests can be carried out on two different units; electrical type tests from a) to g) have to be made on the same unit.

The capacitance C of a unit or a stack or a coupling capacitor or capacitive divider shall not change by more than $\frac{\Delta C}{C} \leq \frac{1}{n} = \frac{C}{C_0}$ during any test sequence (6.2.5).

The type test report shall include the results of the routine tests.

NOTE 1 ΔC is the measured change of the capacitance C .

NOTE 2 By an agreement between the manufacturer and the purchaser the order of the test sequence (Figure 2) can be modified.

8.4 Special tests

The following tests are special tests. For details, reference should be made to the relevant sub-clause:

- a) mechanical strength test (11)

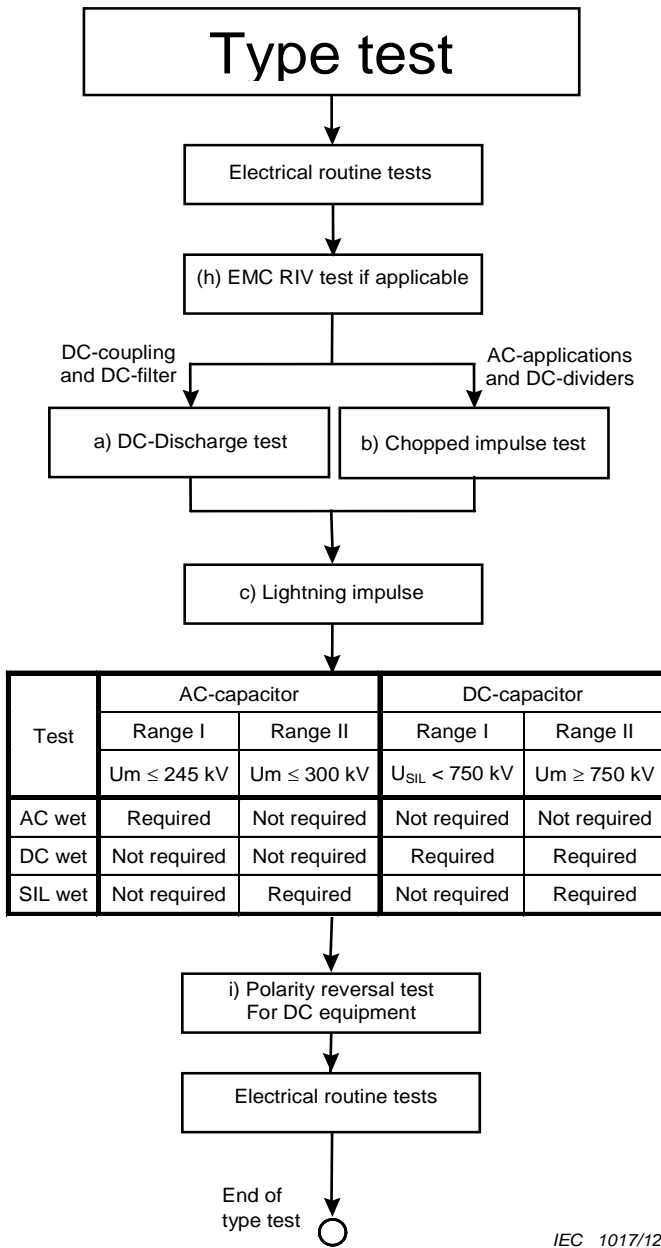


Figure 2a – Type test

IEC 1017/12

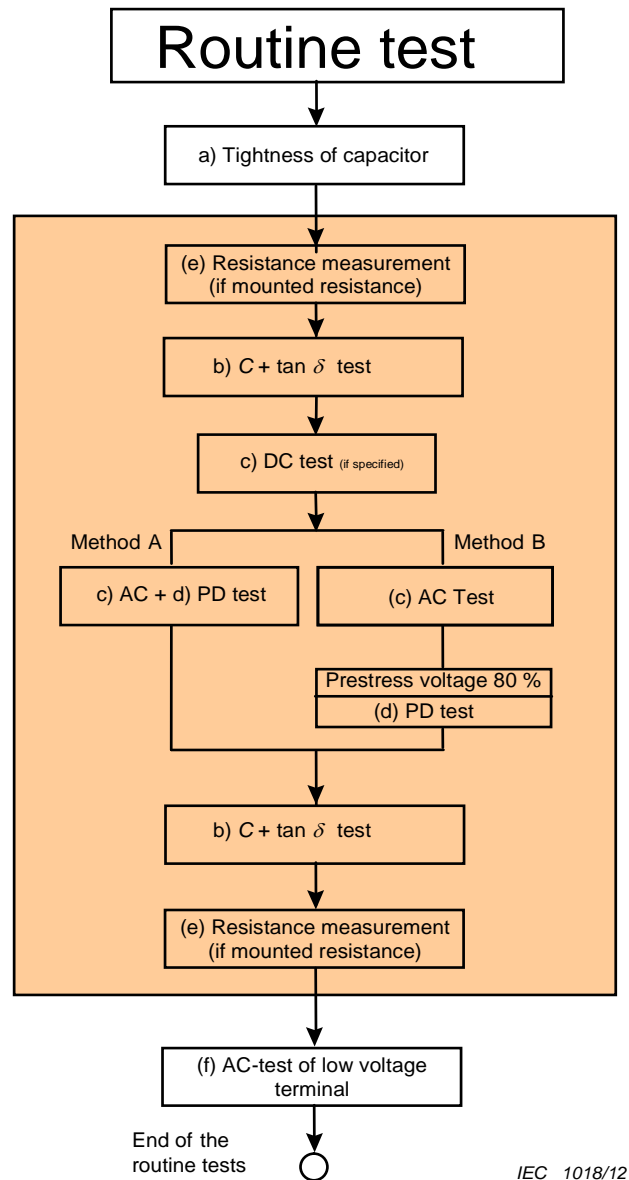


Figure 2b – Routine test

IEC 1018/12

Figure 2 – Flow charts test sequence to be applied when performing the type test (Figure 2a) and routine test (Figure 2b)

NOTE Specific supplementary tests (for example accuracy, ratio) are defined in the specific parts.

9 Routine tests

9.1 Tightness of the liquid-filled equipment

9.1.1 General

The tightness test shall be a routine test on the equipment. The tightness test shall be done with a pressure of the liquid above the operating pressure, depending on the type of the expansion device for the equipment for 8 h.

A helium leakage test before impregnation can also be performed. The maximum leakage rates shall be 1×10^{-6} l*mbar/s.

NOTE On agreement between manufacturer and purchaser a special test can be specified to prove the tightness design of equipment (11.1).

9.1.2 Closed pressure systems for gas

The tightness test on the enclosure of gas-insulated equipment shall prove compliance with the requirements given in 6.5.2 and shall be performed on a complete equipment at ambient temperature 20 ± 10 °C.

If possible, the method will be the cumulative method for closed pressurised systems as specified by IEC 60068-2-17 (test method 1 of Qm test). Leakage detection using a sniffing device may be used. If a leak is detected with the leakage detector, then the leakage shall be quantified using the cumulative method.

The test should be started at least one hour after the filling of the equipment in order to reach a stabilised leakage flow.

The position of the equipment may be different from the service position due to the physical limitations of the environmental chamber. The sensitivity of the leakage measurement shall be such as to detect a leakage rate corresponding to about 0,25 %/year.

A helium leakage test before gas filling can also be performed. The maximum leakage rates shall be 1×10^{-6} l*mbar/s

9.2 Electrical routine tests

9.2.1 General

The order of the highlighted electrical test according to flow chart of Figure 2 is mandatory.

9.2.2 Capacitance and $\tan\delta$ measurement at power-frequency

Before and after the dielectric test a measurement of capacitance C and $\tan\delta$ at $U_R \pm 10$ %, respectively $U_R/\sqrt{2}$ for d.c. applications, shall be carried out; however in order to reveal any change in capacitance due to the puncture of one or more elements, a preliminary capacitance measurement shall be made before the dielectric routine tests, at a sufficiently low voltage (10 % of rated voltage).

This test may be carried out either on a capacitor stack or on separate units. In case of measurement of a unit, capacitance C and $\tan\delta$ shall be measured at:

$$U_{\text{test}} = U_R \times \frac{\text{rated voltage of the unit}}{\text{rated voltage of the stack}}$$

And in case of measurement of a stack:

$$U_{\text{test}} = U_R \times \frac{\text{rated voltage of the stack}}{\text{rated voltage of the complete equipment}}$$

NOTE 1 For multiple unit resp. stack, see similar calculation for a.c. withstand voltage test in Table 8.

The capacitance shall be measured using a method that excludes errors due to harmonics and to accessories in the measuring circuit. The accuracy of the measuring method shall be as required by the specific application.

NOTE 2 When there is an intermediate voltage terminal which is still accessible when the equipment is completely assembled the following should be measured:

- a) the capacitance between line and low voltage terminal or line and earth terminal,
- b) the capacitance between the intermediate and low voltage terminals or intermediate and earth terminal.

NOTE 3 If the number of elements in series in the tested unit is large, it may be difficult to ascertain whether no puncture has occurred because of the following uncertainties:

- reproducibility of the measurement;
- capacitance change caused by the mechanical forces on the elements during the dielectric tests;
- capacitance change caused by temperature difference of the equipment before and after the tests.

In this case, it should be proved by the manufacturer, for example by comparing the capacitance variations of equipments of the same type and/or by calculation of the capacitance change caused by the temperature increase during the test, that no puncture had occurred. To reduce the measurement uncertainty it may be convenient to carry out these measurements on each unit.

9.2.3 Power-frequency or d.c. withstand test

9.2.3.1 AC withstand test

The withstand test shall be performed in accordance with IEC 60060-1.

The a.c. test shall be carried out with voltages of substantially sinusoidal waveshape. The voltage shall be rapidly increased from a relatively low value to the test voltage value, maintained for 1 min, unless otherwise agreed, and then rapidly reduced to a relatively low value before being switched off.

Capacitance C , $\tan\delta$ (9.2.2) and partial discharge measurements (9.2.4) can be made during the a.c. test of the equipment.

Every equipment or capacitor stack or unit shall be subjected to the withstand test. The test voltage being applied between the high voltage and the earth terminals when testing a capacitor stack, and between the terminals when testing a unit. When a low voltage terminal is provided, it shall be connected directly, or by a low impedance, to earth during this test. During the test, neither puncture (see 9.2.2) nor flashover shall occur.

The value of the test voltage shall be equal to:

$$k \times \text{test voltage of the stack} \times \frac{\text{rated voltage of the unit}}{\text{rated voltage of the stack}}$$

when testing a single unit forming part of a stack.

The value of the test voltage shall be equal to:

$$k \times \text{test voltage of the complete equipment} \times \frac{\text{rated voltage of the stack}}{\text{rated voltage of the complete equipment}}$$

when testing a single stack forming part of a complete equipment.

k factor is 1,05 for a.c./d.c. withstand test.

NOTE An example of test values of units and stacks for a 550 kV a.c. equipment is given in Table 8.

- highest voltage for equipment: $U_m = 550$ kV;
- rated short-duration power-frequency withstand voltage: 680 kV.

Table 8 – Test voltages for units, stacks and complete equipment

| Number | | Test voltage (r.m.s.) kV | | |
|--------|--------|-----------------------------|------------|--------------------|
| Units | Stacks | Unit | Stack | Complete equipment |
| 2 | 1 | 340 × 1,05 | 680 | 680 |
| 4 | 2 | 170 × 1,05 | 340 × 1,05 | 680 |
| 6 | 3 | 113 × 1,05 | 227 × 1,05 | 680 |

9.2.3.2 DC withstand test

The test voltages for equipment are defined with a factor F_T specified in 6.1.

This voltage, in positive polarity has to be applied for 10 s.

This test has to be done before the PD measurement.

NOTE By agreement between purchaser and manufacturer, this test can be replaced by an a.c. test at d.c. test voltage according to 6.2.2.1 divided by $\sqrt{2}$.

9.2.4 Partial discharge measurement

9.2.4.1 Test procedure for equipment (see Annex B)

After a pre-stressing performed according to procedure A or B, the partial discharge test voltage specified in Table 4 is applied and the corresponding partial discharge level shall be measured within 30 s.

The limits of partial discharge level are specified in 6.2.3 (for a.c.: Table 4).

Procedure A: The partial discharge test voltages are reached while decreasing the voltage after the power frequency withstand test.

Procedure B: The partial discharge test is performed after the AC voltage withstand test. The applied voltage is raised to 80 % of the withstand voltage, maintained for not less than 60 s, then reduced without interruption to the specified partial discharge test voltage. For d.c. application, the pre-stress a.c. voltage is $1,3 \times U_r$ during at least 10 s.

If not otherwise specified, the choice of procedure is left to the manufacturer. The test method used shall be indicated in the test report.

9.2.5 AC-withstand test on low-voltage terminal of the equipment (6.2.1 and 6.2.2)

Equipment with a low-voltage terminal shall be subjected for 1 min to a test voltage between the low-voltage and earth terminals. The test voltage shall be an a.c. voltage as given at 6.2.1 & 6.2.2.

NOTE 1 If a protection gap between low voltage terminal and earth is incorporated, it should be prevented from functioning during the test. The carrier frequency accessories should be disconnected during the tests.

NOTE 2 If the test voltage is too low for the insulation co-ordination of the carrier-frequency accessories with the low voltage terminal, a higher value may be agreed upon the request of the purchaser.

NOTE 3 In case of post insulator delivered with the capacitor (instead of low voltage bushing) the necessity of the test shall be agreed between seller and purchaser.

9.2.6 Resistance measurement for d.c. equipment

The resistance of the grading resistor shall be measured before and after the dielectric tests at 500 V d.c. or 1 000 V d.c. The value shall be within the tolerances specified for the design.

10 Type tests

10.1 Impulse tests

10.1.1 General

Impulse tests shall be performed on a complete equipment in accordance with IEC 60060-1.

The test voltage shall be applied between high voltage terminal and earth. The low voltage terminal of the equipment shall be earthed during the test.

The impulse test generally consists of voltage application at reference and rated voltage levels. The reference impulse voltage shall be between 50 % and 75 % of the rated impulse withstand voltage.

The peak value and the wave-shape of the impulse voltage shall be recorded.

Evidence of insulation failure due to the test may be given by variation in the wave-shape at both reference and rated withstand voltage.

The absence of failure shall be verified during the final routine test by measurement of the capacitance of the unit(s) at 0,9 to 1,1 times the rated voltage before and after the test (see 8.3).

NOTE The earth connections may be made through suitable current recording devices.

10.1.2 Discharge test for d.c. coupling/filter capacitor

10.1.2.1 General

The test may be carried out either on a capacitor stack or on a unit. A voltage shall be applied between the line and earth terminals of a stack or between the terminals of a unit in order to charge the capacitor to a voltage equal to the lightning impulse test voltage. The capacitor shall then be discharged through a rod gap so situated as to obtain the highest discharge frequency. The charging voltage can be positive or negative.

The test shall be made twice within 5 min.

NOTE 1 This test is intended to check the internal connections of the capacitor.

NOTE 2 The capacitor may be charged either by means of a d.c. generator or by an impulse generator, the choice being left to the manufacturer.

10.1.2.2 Chopped impulse test for a.c. equipment and d.c. dividers

The test shall be carried out on a complete equipment with negative polarity only and combined with the negative polarity lightning impulse test in the manner described below.

The voltage shall be a standard lightning impulse as defined in IEC 60060-1, chopped after the crest value has been reached between 2 μ s and 8 μ s. The chopping circuit shall be so arranged that the polarity reversal of the recorded impulse shall be limited to 30 % of the peak value. The lightning impulse shall be chopped with a suitable gap.

NOTE 1 If the front time is longer (see 10.1.3) the chopped time should be adjusted accordingly (after the crest value).

10.1.3 Lightning-impulse test

The waveform of the applied impulses shall be in accordance with IEC 60060-1, but the front time may be increased to a maximum of 8 μ s (for large capacitance values), owing to the limitations of the testing equipment.

The test voltage as given in Table 3 depending on the highest voltage for equipment and the specified insulation level.

a) Range I: $U_m < 300$ kV

The test shall be performed with both positive and negative polarities. Fifteen consecutive impulses of each polarity, not corrected for atmospheric conditions, shall be applied.

The equipment passes the test if for each polarity:

- no disruptive discharge occurs in the non-self-restoring internal insulation,
- no flashovers occur along the non-self-restoring external surface insulation,
- no more than two flashovers occur across the self-restoring external insulation,
- no other evidence of insulation failure is detected (e.g., variations in the waveshape of the recorded quantities for the same voltage level).

NOTE 1 The application of 15 positive and 15 negative impulses is specified for testing the internal and external insulation. If other tests are agreed between manufacturer and purchaser to check the external insulation (see 10.2.1), the number of lightning impulses may be reduced to three of each polarity, not corrected for atmospheric conditions.

b) Range II: $U_m \geq 300$ kV

The test shall be performed with both positive and negative polarities. Three consecutive impulses of each polarity, not corrected for atmospheric conditions, shall be applied.

The equipment passes the test if:

- no disruptive discharge and no external breakdown occurs,
- no other evidence of insulation failure is detected (e.g., variations in the waveshape of the recorded quantities, taking into account the remarks for range I).

10.2 Wet test for outdoor equipment

The wetting procedure shall be in accordance with IEC 60060-1.

10.2.1 a.c./d.c. withstand wet test on equipment

10.2.1.1 a.c. wet test on a.c. equipment range I ($U_m < 300$ kV)

For a.c., the test shall be performed during 1 minute on a complete equipment with rated short duration withstand voltage value given in Table 3 depending on the highest voltage for equipment and applying corrections for atmospheric conditions.

10.2.1.2 d.c. wet test on d.c. equipment

For d.c. application the test is performed during 1 hour at the voltage specified in 6.1.

10.2.2 Switching impulse withstand wet test on equipment “range II” (a.c.: $U_m \geq 300$ kV and d.c.: $U_{SIL} \geq 750$ kV (peak))

The test shall be performed on a complete equipment in accordance with 10.1.1 only with positive switching impulse voltage of the appropriate value given in Table 3, depending on the highest voltage for the equipment and the rated insulation level.

Fifteen consecutive impulses, corrected for atmospheric conditions, shall be applied. Outdoor type equipment shall be subjected to the wet test. Dry test is not required.

The equipment passes the test if:

- no disruptive discharge occurs in the non-self-restoring internal insulation,
- no flashovers occur along the non-self-restoring external surface insulation,
- no more than two flashovers occur across the self-restoring external insulation,
- no other evidence of insulation failure is detected (e.g. variations in the waveshape of the recorded quantities for the same voltage level).

NOTE Test arrangement and test connections shall be in accordance with 10.1.1.

10.3 Radio interference voltage test

The equipment, shall be dry and clean and at approximately the same temperature as the laboratory room in which the test is made.

The test shall be performed in accordance with Annex C.

The test shall be performed under the following atmospheric conditions (see CISPR 18-2):

- temperature between 10 °C and 30 °C;
- pressure between $0,870 \times 10^5$ Pa and $1,070 \times 10^5$ Pa;
- relative humidity between 45 % and 75 %.

NOTE 1 By agreement between purchaser and manufacturer, tests may be carried out under other atmospheric conditions.

NOTE 2 No correction factors for atmospheric conditions in accordance with IEC 60060-1 are applicable to radio interference tests.

A pre-stress voltage of $1,5 U_m / \sqrt{3}$ shall be applied and maintained for 30 s.

Then the voltage shall be decreased to $1,1 U_m / \sqrt{3}$ in about 10 s and maintained at this value for 30 s before measuring the radio interference voltage.

The equipment shall be considered to have passed the test if the radio interference level at $1,1 U_m / \sqrt{3}$ does not exceed the limit prescribed in 6.3.

NOTE 3 By agreement between manufacturer and purchaser, the RIV test as described above may be replaced by a partial discharge measurement applying the pre-stress and test voltages specified above. Any precaution taken during PD measurement performed in accordance with 9.2.3 for avoiding external discharges (i.e. shielding) shall be removed. In this case the balanced test circuit is not appropriate.

For d.c. applications, the test will be done with an a.c. 50/60 Hz voltage. The test voltage is defined as $1,1 U_r / \sqrt{2}$. The pre-stress voltage shall be $1,5 U_r / \sqrt{2}$.

10.4 Voltage polarity reversal test for d.c. equipment

The test may be carried out either on a equipment stack or on a unit. A d.c. voltage of $1,1 U_R$ shall be applied for 90 minutes. The voltage shall then be reversed within 1 minute to the same value of opposite polarity; after 90 minutes a new reversal shall be performed and the voltage is kept for 45 minutes.

NOTE 1 By agreement between manufacturer and purchaser, due to limitation of the d.c. generator, the time to reverse the voltage can be increased up to 2 min.

NOTE 2 By agreement between manufacturer and purchaser, the duration 90/90/45 min can be reduced to 60/60/30 min.

The absence of failure shall be verified during the final routine test by measurement of the capacitance and resistance of the unit(s).

11 Special tests – Mechanical strength test

The tests are carried out to demonstrate if the equipment is in compliance with the requirements specified in 6.4.

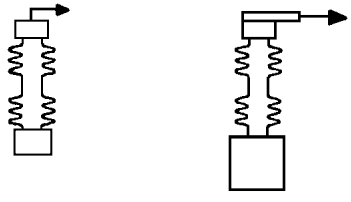
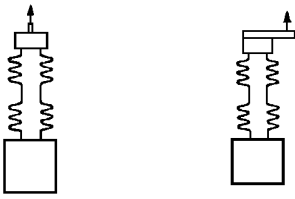
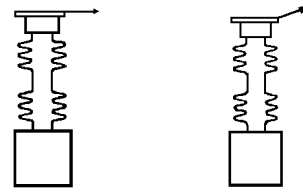
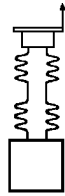
The equipment shall be completely assembled and installed in vertical position with the frame rigidly fixed.

For each of the conditions indicated in Table 9, the test loads shall be increased smoothly within 30 seconds to 90 seconds to the test load values according Table 6. When the value is reached, it will be maintained for at least 60 s. During this time the deflection shall be measured. Then the test load is released smoothly. The residual deflection shall be recorded.

The equipment shall be considered to have passed the test if there is no evidence of damage (deformation, rupture or leakage).

Supplementary for equipment with composite insulator, after the mechanical strength test, a voltage test (9.2.3) and a partial discharge measurement (9.2.4) shall be performed.

Table 9 – Modalities of application of the test loads to the line primary terminals

| Type of equipment | Modality of application | |
|--|-----------------------------|--|
| With voltage terminal | Horizontal |  |
| | Vertical |  |
| With through current terminals | Horizontal to each terminal |  |
| | Vertical to each terminal |  |
| NOTE The test load is applied to the centre of the terminal. | | |

12 Marking of the equipment

12.1 General

If the equipment contains material (e.g. mineral or synthetic oil,) that might pollute the environment or may be hazardous in any other way, the unit shall be equipped with a label according to the relevant laws of the country of the user, who is responsible for informing the manufacturer about such laws.

12.2 Markings of the rating plate

Table 10 – Marking of the rating plate

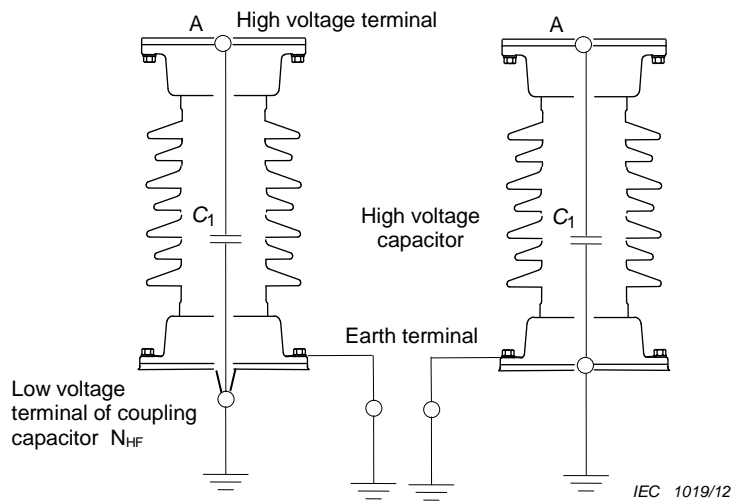
| No. | Rating | Abbreviation | Clause/ subclause | Equipment | Unit | Remark |
|-----|--|-----------------------|----------------------|--------------|------|--------|
| 1 | Manufacturer's name or abbreviation ¹ | | | x | x | |
| 2 | Type and designation ¹ | | | x | | |
| 3 | Year of manufacture | | | x | | |
| 4 | Serial number | | | x | x | |
| 5 | Highest voltage for equipment | U_m [kV] | 6 / 6.1 | x | | |
| 6 | Rated insulation level based on U_m SIL /BIL /AC e.g. Range I: AC/BIL Range II: AC/SIL/BIL | | 6 / 6.1 | x | | |
| 7 | Rated frequency | f_R [Hz] | 3.1.3 | x | | |
| 8 | Rated capacitance | C_N [pF] | 3.2.6 | x | | |
| 9 | Number of units of the equipment | | 3.2.3 | x | | |
| 10 | Serial number of capacitor units | | | If necessary | | |
| 11 | Ambient temperature categories | | 4.1.1 4.2.2 | x | | |
| 12 | insulation oil (mineral or synthetic oil) | Type Mass [kg] | 12.1 | x | | |
| 13 | Standard edition (year) | IEC 60358-x (201x) | - | x | | |

¹ Designation available: Capacitor or Voltage Divider.

Annex A (informative)

Typical diagram of an equipment

Figure A.1 gives an example of a diagram for a coupling capacitor.



**Figure A.1 – Example of a diagram for a coupling capacitor
(with and without low voltage terminal)**

NOTE For low voltage terminal, N_{HF} is a designation used for PLC purpose, if no PLC the designation will be N.

Annex B (informative)

Partial discharge test circuit and instrumentation

The test circuit and the instrumentation used shall be in accordance with IEC 60270. Some examples of test circuits are shown in Figures B.1 to B.4.

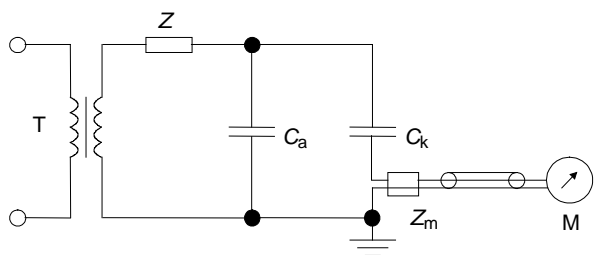
The instrument used shall measure the apparent charge q expressed in pico-coulomb (pC). Its calibration shall be performed in the test circuit (see example in Figure B.4).

The sensitivity and noise-level shall allow to detect a partial discharge level of 5 pC to prove compliance with Table 4.

NOTE 1 Pulses that are known to be caused by external disturbances can be disregarded.

NOTE 2 For the suppression of external noise, the balanced test circuit is appropriate (Figure B3)

NOTE 3 When electronic signal processing and recovery are used to reduce the background noise, this shall be demonstrated by varying its parameters such that it allows the detection of repetitive pulses.



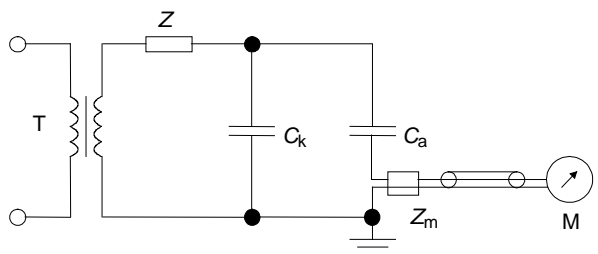
IEC 313/04

Components

| | | | |
|-------|------------------------------|-------|-------------------------|
| T | Test transformer | M | PD measuring instrument |
| C_a | Equipment to be tested | Z_m | Measuring impedance |
| C_k | Reference coupling capacitor | Z | Filter |

NOTE The filter is not present if C_k is the capacitance of the test object.

Figure B.1 – Test circuit

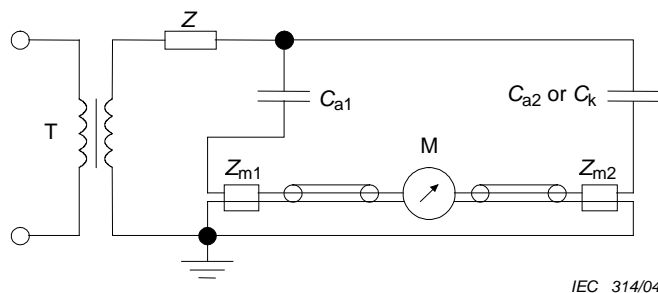


IEC 312/04

Components

| | | | |
|-------|------------------------|-------|-------------------------|
| T | Test transformer | Z_m | Measuring impedance |
| C_a | Equipment to be tested | Z | Filter |
| C_k | Coupling capacitor | M | PD measuring instrument |

Figure B.2 – Alternative circuit



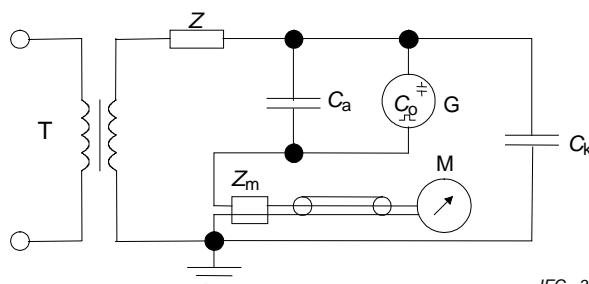
IEC 314/04

Components

- | | | | |
|----------|--|-------|-------------------------|
| T | Test transformer | M | PD measuring instrument |
| C_{a1} | Equipment under test | Z_m | Measuring impedance |
| C_{a2} | Auxiliary object or C_k (Coupling capacitor) | Z | Filter |

NOTE The objects C_{a2} or C_k in the second bridge branch shall have a similar impedance as the capacitor C_{a1} . C_{a2} can be another capacitor of similar capacitance.

Figure B.3 – Example of balanced test circuit



IEC 315/04

Components

- | | | | |
|----------|--|-------|-------------------------|
| T | Test transformer | M | PD measuring instrument |
| C_{a1} | Equipment under test | Z_m | Measuring impedance |
| C_{a2} | Auxiliary object or C_k (Coupling capacitor) | Z | Filter |
| G | Pulse generator with capacitance C_o | | |

Figure B.4 – Example of calibration circuit

Annex C (normative)

Radio interference voltage – Measurement circuit

The measuring circuit (see Figure C.1) shall comply with CISPR 18-2. The measuring circuit shall preferably be tuned to a frequency in the range of 0,5 MHz to 2 MHz, the measuring frequency being recorded. The results shall be expressed in microvolts.

The impedance between the test conductor and earth ($Z_S + (R_1 + R_2)$ in Figure C.1) shall be $300 \Omega \pm 40 \Omega$ with a phase angle not exceeding 20° at the measuring frequency.

A capacitor, C_S , may also be used in place of the filter Z_S and a capacitance of 1 000 pF is generally adequate.

NOTE 1 A specially designed capacitor may be necessary in order to avoid too low a resonant frequency.

The filter Z shall have a high impedance at the measuring frequency in order to decouple the power frequency source from the measuring circuit. A suitable value for this impedance has been found to be 10 000 Ω to 20 000 Ω at the measuring frequency.

The radio interference background level (radio interference caused by external field and by the high-voltage transformer) shall be at least 6 dB (preferably 10 dB) below the specified radio interference level.

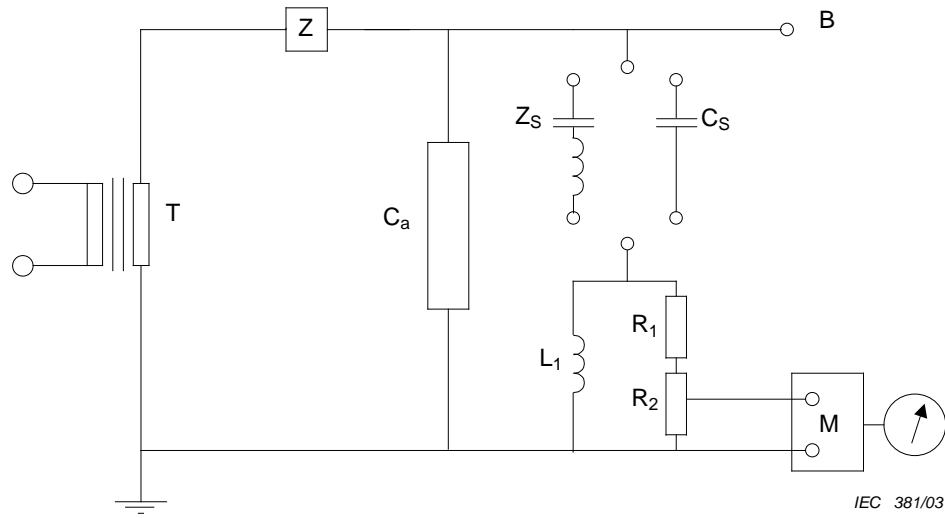
NOTE 2 Care should be taken to avoid disturbances caused by nearby objects to the test object and to the test and measuring circuits.

Calibration methods for the measuring instruments and for the measuring circuit are given in CISPR 18-2.

NOTE 3 By agreement between manufacturer and purchaser, the RIV test as described above may be replaced by a partial discharge measurement applying the pre-stress and test voltages specified above.

Any precaution taken during partial discharge measurement performed in accordance with 9.2 for avoiding external discharges (i.e., shielding) shall be removed. In this case, the balanced test circuit is not appropriate.

Although there is no direct conversion between RIV microvolts and partial discharge picocoulombs, the equipment is considered to have passed the test if at $1,1 U_m / \sqrt{3}$ the partial discharge level does not exceed 300 pC.



T Test transformer

M Measuring set

C_a Test object

$Z_S + R_1 + R_2 = 300 \Omega$

Z Filter

Z_S, C_S, L_1, R_1, R_2 see CISPR 18-2

B Corona-free termination

Figure C.1 – Measuring circuit

Bibliography

IEC 60060-2, *High-voltage test techniques – Part 2: Measuring systems*

IEC 60085, *Electrical insulation – Thermal evaluation and designation*

IEC 60358-1⁵, *Coupling capacitors and capacitor dividers – Part 1: Common clauses*

IEC 60358-2⁶, *Coupling capacitors and capacitor dividers – Part 2: AC or DC single-phase coupling capacitor connected between line and ground for power line carrier-frequency (PLC) application*

IEC 60358-3⁷, *Coupling capacitors and capacitor dividers – Part 3: AC or DC coupling capacitor for harmonic-filters applications*

IEC 60422, *Mineral insulating oils in electrical equipment – Supervision and maintenance guide*

IEC 61869-5, *Instrument transformers – Part 5: Additional requirements for capacitive voltage transformers*

IEC 62155, *Hollow pressurized and unpressurized ceramic and glass insulators for use in electrical equipment with rated voltages greater than 1 000 V*

IEC/TR 62271-300, *High voltage switchgear and controlgear – Seismic qualification of alternating current circuit breakers*

CISPR 16-1, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Measuring apparatus*

⁵ To be published.

⁶ To be published.

⁷ Under consideration.

SOMMAIRE

| | |
|---|----|
| AVANT-PROPOS | 47 |
| INTRODUCTION..... | 49 |
| 1 Domaine d'application..... | 50 |
| 2 Références normatives | 50 |
| 3 Termes et définitions | 51 |
| 3.1 Termes et définitions générales | 51 |
| 3.2 Définitions du condensateur de couplage | 54 |
| 4 Conditions de fonctionnement en service | 56 |
| 4.1 Conditions normales de fonctionnement en service | 56 |
| 4.2 Conditions normales de fonctionnement en service | 56 |
| 4.2.1 Température de l'air ambiant | 56 |
| 4.2.2 Altitude | 56 |
| 4.2.3 Vibrations ou tremblements de terre..... | 56 |
| 4.2.4 Autres conditions de fonctionnement en service pour les matériels utilisés à l'intérieur | 56 |
| 4.2.5 Autres conditions de fonctionnement en service pour les matériels utilisés à l'extérieur | 57 |
| 4.3 Conditions de fonctionnement en service spéciales | 57 |
| 4.3.1 Généralités | 57 |
| 4.3.2 Altitude | 57 |
| 4.3.3 Température ambiante..... | 58 |
| 4.3.4 Tremblements de terre..... | 58 |
| 4.4 Mise à la terre du système | 59 |
| 5 Caractéristiques assignées | 59 |
| 5.1 Valeurs normales de fréquences assignées | 59 |
| 5.2 Valeurs normales de tensions assignées..... | 59 |
| 5.2.1 Tensions assignées U_R pour courant alternatif | 59 |
| 5.2.2 Tensions assignées U_R pour courant continu | 59 |
| 5.3 Valeurs normales du facteur de tension assignée..... | 60 |
| 5.3.1 valeurs normales du facteur de tension assignée pour les tensions alternatives..... | 60 |
| 5.3.2 Valeurs normales du facteur de tension assignée pour les tensions continues..... | 60 |
| 6 Exigences de conception | 61 |
| 6.1 Exigences d'isolation | 61 |
| 6.2 Autres exigences d'isolation..... | 63 |
| 6.2.1 Borne basse tension non exposée à l'atmosphère | 63 |
| 6.2.2 Borne basse tension exposée à l'atmosphère | 64 |
| 6.2.3 Décharges partielles | 64 |
| 6.2.4 Essai de choc de foudre coupé | 64 |
| 6.2.5 Capacité à fréquence industrielle | 65 |
| 6.2.6 Pertes du condensateur à la fréquence industrielle..... | 65 |
| 6.2.7 Exigences d'isolation externe | 65 |
| 6.3 Exigences relatives aux émissions électromagnétiques – Tension de perturbation radioélectrique (RIV) | 66 |
| 6.4 Exigences mécaniques | 67 |

| | | |
|--|--|----|
| 6.5 | Etanchéité de l'équipement | 67 |
| 6.5.1 | Généralités | 67 |
| 6.5.2 | Etanchéité au gaz | 67 |
| 6.6 | Gradient de tension pour les condensateurs à courant continu | 68 |
| 7 | Conditions d'essai..... | 68 |
| 8 | Classification des essais..... | 69 |
| 8.1 | Essais individuels de série | 69 |
| 8.2 | Essais individuels de série | 69 |
| 8.3 | Essais de type | 70 |
| 8.4 | Essais spéciaux..... | 70 |
| 9 | Essais individuels de série | 72 |
| 9.1 | Etanchéité du matériel rempli de liquide | 72 |
| 9.1.1 | Généralités | 72 |
| 9.1.2 | Systèmes à pression autonome de gaz | 72 |
| 9.2 | Essais individuels électriques | 72 |
| 9.2.1 | Généralités | 72 |
| 9.2.2 | Mesure de la capacité et de $\tan\delta$ à fréquence industrielle | 72 |
| 9.2.3 | Essai de tenue en continu ou à fréquence industrielle | 73 |
| 9.2.4 | Mesure des décharges partielles..... | 74 |
| 9.2.5 | Essai de tension alternatif de tenue sur une borne basse tension du matériel (6.2.1 et 6.2.2)..... | 75 |
| 9.2.6 | Mesure de résistance pour matériel à courant continu | 75 |
| 10 | Essais de type | 75 |
| 10.1 | Essais aux chocs..... | 75 |
| 10.1.1 | Généralités | 75 |
| 10.1.2 | Essai de décharge pour condensateur à courant continu de couplage ou de filtrage | 76 |
| 10.1.3 | Essai aux chocs de foudre | 76 |
| 10.2 | Essai pour le matériel utilisé à l'extérieur en condition humide..... | 77 |
| 10.2.1 | Essai de tension de tenue alternative et continue sous pluie sur un matériel | 77 |
| 10.2.2 | Essai de tenue aux chocs de manœuvre en condition humide sur un matériel de la gamme II (tension alternative: $U_m \geq 300$ kV, tension continue: $U_{SIL} \geq 750$ kV (crête) | 77 |
| 10.3 | Essai de tension de perturbation radioélectrique | 77 |
| 10.4 | Essai d'inversion de polarité pour matériel à courant continu | 78 |
| 11 | Essais spéciaux – Essai de résistance mécanique | 78 |
| 12 | Marquage du matériel | 79 |
| 12.1 | Généralités..... | 79 |
| 12.2 | Marquage de la plage signalétique | 80 |
| Annexe A (informative) | Schéma type d'un matériel | 81 |
| Annexe B (informative) | Circuit d'essai de décharges partielles et instruments | 82 |
| Annexe C (normative) | Tension de perturbation radioélectrique – Circuit de mesure..... | 84 |
| Bibliographie | | 86 |
| Figure 1 – Facteur de correction d'altitude pour l'isolation | | 58 |
| Figure 2 – Organigrammes de séquence d'essai à appliquer pour effectuer un essai de type (Figure 2a) et un essai individuel (Figure 2b)..... | | 71 |

| | |
|---|----|
| Figure A.1 – Exemple de schéma pour un condensateur de couplage (avec et sans borne basse tension)..... | 81 |
| Figure B.1 – Circuit d'essai | 82 |
| Figure B.2 – Circuit alternatif..... | 82 |
| Figure B.3 – Exemple de circuit d'essai équilibré | 83 |
| Figure B.4 – Exemple de circuit d'étalonnage | 83 |
| Figure C.1 – Circuit de mesure..... | 85 |
| | |
| Tableau 1 – Catégories de températures ambiantes assignées..... | 56 |
| Tableau 2 – Valeurs normales des facteurs de tension assignée..... | 60 |
| Tableau 3 – Niveaux d'isolation normalisés pour les tensions alternatives..... | 61 |
| Tableau 4 – Tensions d'essai de décharge partielle et niveaux admissibles | 64 |
| Tableau 5 – Ligne de fuite | 66 |
| Tableau 6 – Charges d'essais de tenue statiques pour des isolants | 67 |
| Tableau 7 – Taux de fuite temporaire admissible pour les systèmes au gaz | 68 |
| Tableau 8 – Tensions d'essai pour des unités, des empilages et un matériel complet | 74 |
| Tableau 9 – Modalités d'application des charges d'essai sur les bornes primaires de ligne..... | 79 |
| Tableau 10 – Marquage de la plage signalétique | 80 |

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONDENSATEURS DE COUPLAGE ET DIVISEURS CAPACITIFS –

Partie 1: Règles générales

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 60358-1 a été établie par le comité d'études 33 de la CEI: Condensateurs de puissance et leurs applications.

La présente norme annule et remplace la deuxième édition de la CEI 60358 (1990) et constitue une révision technique.

La présente édition de la CEI 60358-1 inclut les modifications techniques suivantes par rapport à la dernière édition de la CEI 60358 :

- La norme a été partagée en 4 parties ; la Partie 1 présente les règles générales et les Parties 2, 3, 4 sont spécifiques aux applications aux fréquences des courants porteurs sur lignes d'énergie (CPL), aux filtres et aux diviseurs.
- Les essais de routine et de type ont été revus et sont présentés en Figure 2.

Le texte de cette norme est basé sur les documents suivants:

| FDIS | Rapport de vote |
|-------------|-----------------|
| 33/499/FDIS | 33/508/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.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60358, présentées sous le titre général *Condensateurs de couplage et diviseurs capacitifs*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

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. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

Pour la nouvelle série restructurée de la CEI 60358, les parties suivantes sont prévues:

- | | |
|--------------------------|--|
| CEI 60358-1 ¹ | Condensateurs de couplage et diviseurs capacitifs – Partie 1: Règles générales |
| CEI 60358-2 ² | Condensateurs de couplage et diviseurs capacitifs – Partie 2: Condensateur de couplage monophasé à courant alternatif ou à courant continu connecté entre la ligne et la terre pour applications aux fréquences des courants porteurs sur lignes d'énergie (CPL) |
| CEI 60358-3 ³ | Condensateurs de couplage et diviseurs capacitifs – Partie 3: Condensateur de couplage monophasé à courant alternatif ou à courant continu pour applications à filtres harmoniques |
| CEI 60358-4 ⁴ | Condensateurs de couplage et diviseurs capacitifs – Partie 4: Diviseur RC et diviseur capacitif monophasé à courant alternatif ou à courant continu connectés entre la ligne et la terre (sauf pour les TVT qui appartiennent à la série CEI 61869) |

1 À publier.

2 À publier.

3 À l'étude.

4 À l'étude.

CONDENSATEURS DE COUPLAGE ET DIVISEURS CAPACITIFS –

Partie 1: Règles générales

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60358 s'applique:

- aux condensateurs, avec une tension assignée $> 1\,000\text{ V}$, connectés entre la ligne et la terre avec la borne basse tension connectée de manière permanente à la terre ou connectée à des dispositifs, pour les applications énumérées ci-dessous et d'autres utilisations semblables.

La présente norme sert de norme de base pour le condensateur de couplage, les différentes parties de la présente norme présenteront les essais et les spécifications supplémentaires, par exemple la CEI 60358-2, la CEI 60358-3 ou la CEI 60358-4

NOTE La Figure A.1 donne les schémas des condensateurs de couplage auxquels s'applique la présente norme.

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 60038, *Tensions normales de la CEI*

CEI 60050-321:1986, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 321: Transformateurs de mesure*

CEI 60050-436:1990, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 436: Condensateurs de puissance*

CEI 60050-601:1985, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 601: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Généralités*

CEI 60050-604:1987, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 604: Production, transport et distribution d'énergie électrique – Exploitation*

CEI 60060-1, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et exigences générales*

CEI 60068-2-17, *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique – Partie 2-17: Essais – Essai Q: Etanchéité*

CEI 60071-1, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

CEI 60270, *Techniques des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles*

CEI 60721(toutes les parties), *Classification des conditions d'environnement*

CEI 61462, *Isolateurs composites creux – Isolateurs avec ou sans pression interne pour utilisation dans des appareillages électriques de tensions nominales supérieures à 1 000 V – Définitions, méthodes d'essais, critères d'acceptation et recommandations de conception*

CISPR/TR 18-2, *Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment – Part 2: Methods of measurement and procedure for determining limits* (disponible uniquement en anglais)

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

NOTE Certains de ces termes et définitions sont identiques ou similaires à ceux de la CEI 60050-321:1986, de la CEI 60050-436:1990, de la CEI 60050-601:1985 et de la CEI 60050-604:1987. Ils sont indiqués par la référence applicable entre crochets.

3.1 Termes et définitions générales

3.1.1

matériel

terme général utilisé pour la présente norme, pour un condensateur complet, un diviseur capacitif ou un diviseur RC

3.1.2

condensateur de couplage

condensateur utilisé pour la transmission de signaux sur un réseau de puissance

[SOURCE: CEI 60050-436:1990, 436-02-11]

3.1.3

fréquence assignée d'un matériel

fréquence pour laquelle le condensateur de couplage a été conçu

3.1.4

gamme de fréquences normale de référence

gamme de fréquences applicable au matériel

3.1.5

tension assignée

U_R

valeur de la tension qui figure dans la désignation du matériel et sur laquelle sa performance est basée

[SOURCE: CEI 60050-321:1986, 321-01-12]

3.1.6

tension la plus élevée pour le matériel

U_m

en courant alternatif: valeur efficace de tension la plus haute entre phases pour laquelle le matériel est conçu et peut être utilisé compte tenu de son isolation

en courant continu: valeur la plus haute de tension entre ligne et terre pour laquelle le matériel est conçu et peut être utilisé compte tenu de son isolation

3.1.7

tension du système continu

U_{DC}

tension moyenne ou tension moyenne la plus élevée de fonctionnement par rapport à la terre, à l'exclusion des harmoniques et des dépassements de commutation

[SOURCE: CEI 60071-5]

3.1.8

tension maximale du système continu

U_{DCmax}

tension maximale du système continu, qui est quasiment une tension continue pure dont l'amplitude dépend de la commande de la tension et des tolérances de mesure à l'exclusion des harmoniques et des dépassements de commutation

3.1.9

niveau d'isolation assigné

combinaison des valeurs de tension qui caractérise l'isolation du matériel en ce qui concerne sa capacité à supporter des contraintes diélectriques

3.1.10

réseau à neutre isolé

réseau dont aucun point neutre n'a de connexion intentionnelle avec la terre, à l'exception des liaisons à haute impédance destinées à des dispositifs de protection ou de mesure

[SOURCE: CEI 60050-601:1985, 601-02-24]

3.1.11

réseau à neutre directement à la terre

réseau dont le ou les points neutres sont reliés directement à la terre

[SOURCE: CEI 60050-601:1985, 601-02-25]

3.1.12

réseau à neutre non directement à la terre

réseau dont le ou les points neutres sont reliés à la terre par l'intermédiaire d'impédances destinées à limiter les courants de défaut à la terre

[SOURCE: VEI 601-02-26]

3.1.13

réseau compensé par bobine d'extinction

réseau dont un ou plusieurs points neutres sont reliés à la terre par des réactances compensant approximativement la composante capacitive du courant de défaut monophasé à la terre

[SOURCE: CEI 60050-601:1985, 601-02-27]

Note 1 à l'article: Pour un réseau compensé par bobine d'extinction, le courant résiduel dans le défaut est limité à tel point qu'un arc de défaut dans l'air s'éteint généralement automatiquement.

3.1.14

facteur de défaut à la terre

au niveau d'un emplacement donné d'un réseau triphasé, et pour un schéma d'exploitation donné de ce réseau, rapport entre, d'une part, la tension efficace la plus élevée, à la fréquence du réseau, entre une phase saine et la terre pendant un défaut à la terre affectant une phase quelconque ou plusieurs phases en un point quelconque du réseau, et d'autre part la valeur efficace de la tension entre phase et terre à la fréquence du réseau qui serait obtenue à l'emplacement considéré en l'absence du défaut

[SOURCE: CEI 60050-604:1987, 604-03-06]

3.1.15

réseau à neutre mis à la terre

réseau dont le neutre est connecté à la terre, soit directement, soit à travers une résistance ou une réactance suffisamment faible pour réduire les oscillations transitoires et laisser passer un courant suffisant pour la protection par courant de terre:

- a) Un réseau triphasé à neutre effectivement à la terre en un emplacement déterminé est un réseau caractérisé par un facteur de défaut à la terre en cet emplacement qui ne dépasse pas 1,4

Note 1 à l'article: Cette condition est approximativement réalisée quand le rapport de la réactance homopolaire à la réactance directe est inférieur à trois et le rapport de la résistance homopolaire à la réactance directe est inférieur à un pour toutes les configurations du réseau.

- b) Un réseau triphasé à neutre non effectivement à la terre en un emplacement déterminé est un réseau caractérisé par un facteur de défaut à la terre en cet emplacement qui peut dépasser 1,4

3.1.16

ligne de fuite spécifique unifiée

ligne de fuite d'un isolateur divisée par la valeur efficace de la plus haute tension de service appliquée à l'isolateur

Note 1 à l'article: Cette définition diffère de celle de la ligne de fuite spécifique pour laquelle la valeur phase-phase de la plus haute tension appliquée est utilisée (pour des réseaux à tensions alternative, d'habitude $U_m/\sqrt{3}$). Pour une isolation phase terre, cette définition résultera en une valeur qui est $\sqrt{3}$ fois celle donnée par la définition de la ligne de fuite spécifique de la CEI/TR 60815 (1986).

Note 2 à l'article: Pour U_m , voir CEI 60050-604 : 1987, I 604-03-01.

Note 3 à l'article: Elle est généralement exprimée en mm/kV et représente généralement un minimum.

3.1.17

installation en situation exposée

installation dans laquelle le matériel est soumis à des surtensions d'origine atmosphérique

Note 1 à l'article: Ces installations sont généralement connectées à des lignes aériennes, directement ou par l'intermédiaire d'un câble de faible longueur.

3.1.18

installation en situation non exposée

installation dans laquelle le matériel n'est pas soumis à des surtensions d'origine atmosphérique

Note 1 à l'article: Ces installations sont généralement connectées à un réseau de câbles souterrains.

3.1.19

facteur de tension assignée

F_V

facteur par lequel il faut multiplier la tension assignée U_R pour déterminer la tension maximale pour laquelle il faut qu'un matériel réponde aux exigences d'échauffement correspondantes pendant un temps spécifié

3.1.20

catégorie de température assignée du matériel

plage de températures de l'air ambiant ou du milieu de refroidissement pour laquelle le matériel de tension a été conçu

3.1.21

borne de ligne

borne destinée à être reliée à un conducteur de ligne d'un réseau

[SOURCE: CEI 60050-436:1990, 436-03-01]

3.1.22

contraintes mécaniques

contraintes exercées sur différentes parties du matériel en fonction de quatre forces principales:

- forces exercées sur les bornes dues aux raccordements de ligne,
- forces dues au vent sur la section transversale du matériel avec et sans circuit-bouchon de ligne monté sur le dessus du condensateur de couplage ou de filtrage,
- forces sismiques et
- forces électrodynamiques dues au courant de court-circuit

3.1.23

matériel connecté en tension

matériel qui a seulement une connexion à la ligne haute tension

Note 1 à l'article: Dans des conditions normales, le raccordement supérieur conduit uniquement le courant du matériel.

3.1.24

matériel connecté en courant

matériel qui a deux connexions à la ligne haute tension

Note 1 à l'article: Les bornes et le raccordement supérieur sont conçus pour transporter le courant de ligne dans des conditions normales.

3.1.25

condensateur de couplage ou de filtrage connecté à un circuit-bouchon

condensateur de couplage ou de filtrage qui supporte un circuit-bouchon sur sa partie supérieure

Note 1 à l'article: Dans ce cas, les deux connexions au circuit-bouchon transportent le courant de la ligne HT et une connexion du circuit-bouchon au condensateur transporte le courant du condensateur.

Note 2 à l'article: Les circuits-bouchons de ligne montés sur piédestal dans deux phases produisent des forces supplémentaires lors d'un court-circuit affectant plus d'une phase.

3.2 Définitions du condensateur de couplage

3.2.1

condensateur de couplage

condensateur utilisé pour la transmission de signaux sur un réseau de puissance

[SOURCE: CEI 60050-436:1990, 436-02-11]

3.2.2

élément (de condensateur)

dispositif constitué essentiellement par deux électrodes séparées par un diélectrique

3.2.3

unité (de condensateur)

ensemble d'un ou de plusieurs éléments de condensateurs placés dans une même enveloppe et reliés à des bornes de sortie

[SOURCE: CEI 60050-436:1990, 436-01-04]

3.2.4

empilage (de condensateurs)

ensemble d'unités de condensateurs connectées en série

[SOURCE: CEI 60050-436:1990, 436-01-05]

3.2.5

condensateur

terme général utilisé lorsqu'il n'est pas nécessaire de préciser s'il s'agit d'une unité de condensateur ou d'un empilage de condensateurs

3.2.6

capacité assignée d'un condensateur C_R

valeur de la capacité pour laquelle le condensateur a été conçu

Note 1 à l'article: Cette définition s'applique:

- dans le cas d'une unité de condensateur, à la capacité entre les bornes de l'unité;
- dans le cas d'un empilage de condensateurs, à la capacité entre les bornes de ligne et de basse tension ou entre les bornes de ligne et de terre de l'empilage;

3.2.7

borne basse tension d'un condensateur de couplage

borne (NHF) destinée à être reliée directement à la terre ou par l'intermédiaire d'une bobine de drainage de valeur négligeable, à la fréquence assignée, pour application pour courant porteur sur ligne (CPL)

[SOURCE: CEI 60050-436:1990, 436-03-04, modifiée]

3.2.8

tolérance de capacité

différence admise entre la valeur réelle de la capacité et la valeur assignée dans des conditions spécifiées

[SOURCE: CEI 60050-436:1990, 436-04-01]

3.2.9

résistance-série équivalente d'un condensateur

résistance virtuelle qui, connectée en série avec un condensateur idéal de capacité égale à celle du condensateur considéré, occasionnerait des pertes égales à la puissance active absorbée par le condensateur, dans des conditions de fonctionnement spécifiées à une haute fréquence donnée

3.2.10

pertes d'un condensateur

puissance active dissipée dans le condensateur

[SOURCE: CEI 60050-436:1990, 436-04-10]

3.2.11

tangente de l'angle de pertes ($\tan \delta$) d'un condensateur

rapport entre la puissance active P_a et la puissance réactive P_r : $\tan \delta = P_a/P_r$

3.2.12

coefficient de température de la capacité T_C

changement partiel de la capacité pour une variation donnée de la température:

$$T_C = \frac{\Delta C}{C_0 \Delta T} \frac{1}{K} \text{ or } \frac{1}{^\circ C}$$

ΔC représente le changement observé de la capacité dans l'intervalle de température ΔT

$C_{20\text{ °C}}$ représente la capacité mesurée à 20 °C

Note 1 à l'article: Le terme $\Delta C/\Delta T$ selon cette définition est utilisable seulement si la capacité est une fonction linéaire approximative de la température dans la plage prise en considération. En cas contraire, il convient que la variation de la capacité en fonction de la température soit donnée dans un graphique ou un tableau.

3.2.13

diélectrique d'un condensateur

matériau isolant entre les électrodes

Note 1 à l'article: La principale isolation est généralement constituée de papier, d'un film en matière plastique ou d'un mélange de papier et de film en matière plastique qui est ensuite traité et imprégné d'huile ou de gaz à pression atmosphérique ou supérieure.

4 Conditions de fonctionnement en service

4.1 Conditions normales de fonctionnement en service

Des informations détaillées sur la classification des conditions environnementales sont données dans la série CEI 60721.

4.2 Conditions normales de fonctionnement en service

4.2.1 Température de l'air ambiant

Les matériels sont classés dans les trois catégories données dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Catégories de températures ambiantes assignées

| Catégorie | Température minimale °C | Température maximale °C |
|-----------|----------------------------|----------------------------|
| -5/40 | -5 | 40 |
| -25/40 | -25 | 40 |
| -40/40 | -40 | 40 |

NOTE Dans le choix de la catégorie de température, il convient également de considérer les conditions de stockage et de transport.

4.2.2 Altitude

L'altitude ne dépasse pas 1 000 m.

4.2.3 Vibrations ou tremblements de terre

Les vibrations dont l'origine est externe au matériel ou les tremblements de terre sont négligeables.

4.2.4 Autres conditions de fonctionnement en service pour les matériels utilisés à l'intérieur

Les autres conditions de service considérées sont les suivantes:

- l'influence du rayonnement solaire peut être négligée;
- l'air ambiant n'est pas pollué de manière significative par la poussière, la fumée, les gaz corrosifs, les vapeurs ou le sel;
- les conditions d'humidité sont comme suit:

- 1) la valeur moyenne de l'humidité relative, mesurée pendant une période de 24 h, ne dépasse pas 95 %;
- 2) la valeur moyenne de la pression de la vapeur d'eau pendant une période de 24 h, ne dépasse pas 2,2 kPa;
- 3) la valeur moyenne de l'humidité relative, pendant une période d'un mois, ne dépasse pas 90 %;
- 4) la valeur moyenne de la pression de la vapeur d'eau pendant une période d'un mois, ne dépasse pas 1,8 kPa;

Pour ces conditions, de la condensation peut apparaître occasionnellement.

NOTE 1 De la condensation peut apparaître en cas de variation brutale de température dans les périodes d'humidité élevée.

NOTE 2 Pour supporter les effets d'une humidité élevée et de la condensation, tels que le claquage de l'isolation ou la corrosion des pièces métalliques, il convient d'utiliser un matériel conçu pour de telles conditions.

NOTE 3 On peut empêcher la condensation par une conception spéciale du boîtier, par une ventilation et un chauffage appropriés ou par l'utilisation de matériel de déshumidification.

4.2.5 Autres conditions de fonctionnement en service pour les matériels utilisés à l'extérieur

Les autres conditions de service considérées sont les suivantes:

- a) la valeur moyenne de la température de l'air ambiant, mesurée pendant une période de 24 h, ne dépasse pas 35 °C;
- b) il convient de considérer le rayonnement solaire jusqu'à un niveau de 1 000 W/m² (par temps clair à midi);
- c) l'air ambiant peut être pollué par de la poussière, de la fumée, des gaz corrosifs, des vapeurs ou du sel. La pollution ne dépasse pas les niveaux de pollution donnés dans le Tableau 5;
- d) la pression du vent ne dépasse pas 700 Pa (ce qui correspond à une vitesse de vent de 34 m/s);
- e) il convient de tenir compte de la présence de la condensation ou de précipitations.

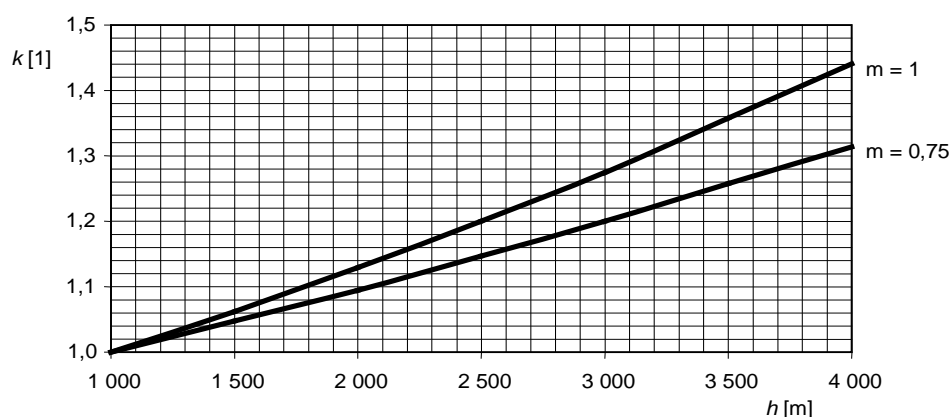
4.3 Conditions de fonctionnement en service spéciales

4.3.1 Généralités

Quand le matériel peut être utilisé dans des conditions différentes des conditions de service normales données en 4.1, il convient que les exigences de l'utilisateur se rapportent à des étapes normalisées comme suit.

4.3.2 Altitude

Pour une installation à une altitude supérieure à 1 000 m, la distance d'arc dans les conditions atmosphériques de référence normalisées doit être déterminée en multipliant les tensions de tenue exigées à l'emplacement du service par le facteur k conformément à la Figure 1.



IEC 305/04

Ces facteurs peuvent être calculés en utilisant l'équation suivante:

$$k = e^{m (h - 1000)/8150}$$

où

h est l'altitude en mètres;

$m = 1$ pour la tension à fréquence industrielle et de choc de foudre;

$m = 0,75$ pour la tension de choc de manœuvre.

NOTE Pour ce qui est de l'isolation interne, la rigidité diélectrique n'est pas sensible à altitude. Il convient que la méthode pour vérifier l'isolation externe fasse l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

Figure 1 – Facteur de correction d'altitude pour l'isolation

4.3.3 Température ambiante

Pour l'installation à un endroit où la température ambiante peut sortir de manière significative de la gamme normale des conditions de service indiquées en 4.1.1, il convient que les gammes préférentielles de températures minimale et maximale à spécifier soient:

- a) –50 °C et 40 °C pour des climats très froids;
- b) –5 °C et 50 °C pour des climats très chauds.

NOTE 1 Dans les cas extrêmes, il convient que les utilisateurs informent le fabricant d'une autre gamme de températures.

Dans certaines régions qui subissent fréquemment des vents chauds humides, la présence de variations brutales de température peut créer l'apparition de condensation même à l'intérieur.

NOTE 2 Dans certaines conditions de rayonnement solaire, des mesures appropriées, par exemple une couverture spéciale, une ventilation forcée, etc. peuvent être nécessaires pour que la température ne dépasse pas les valeurs spécifiées.

4.3.4 Tremblements de terre

Pour les installations pouvant subir des tremblements de terre, le niveau de sécurité approprié conformément à la CEI 62271 doit être spécifié par l'utilisateur.

La conformité à de telles exigences spéciales, le cas échéant, doit être démontrée, soit par le calcul, soit par des essais, comme cela est défini dans les normes applicables.

4.4 Mise à la terre du système

Les mises à la terre du système considérées sont:

- a) réseau à neutre isolé (voir 3.1.8);
- b) réseau compensé par bobine d'extinction (voir 3.1.11);
- c) réseau à neutre mis à la terre (voir 3.1.13):
 - 1) réseau à neutre directement à la terre (voir 3.1.9)
 - 2) réseau à neutre non directement à la terre (voir 3.1.10).

5 Caractéristiques assignées

5.1 Valeurs normales de fréquences assignées

Les valeurs normales sont 50 Hz et 60 Hz pour les tensions alternatives.

5.2 Valeurs normales de tensions assignées

5.2.1 Tensions assignées U_R pour courant alternatif

Les valeurs normales de tension assignée d'un matériel connecté entre une ligne d'un réseau triphasé et la terre ou entre un point neutre du réseau et la terre doivent être $1/\sqrt{3}$ multiplié par les valeurs de la tension assignée du réseau.

Les valeurs préférentielles sont données dans la CEI 60038.

NOTE Les performances d'un matériel sont basées sur la tension assignée U_R alors que le niveau d'isolation assigné est basé sur une des tensions les plus élevées pour le matériel U_m (CEI 60071-1).

5.2.2 Tensions assignées U_R pour courant continu

Les valeurs de tension assignée d'un matériel connecté entre une ligne et la terre sont les valeurs de la tension continue assignée de ligne.

Pour les condensateurs de filtrage, les tensions des harmoniques doivent être incluses dans la tension assignée conformément à la formule suivante:

$$U_R = U_{DCMAX} + \sqrt{2} \times \sqrt{\sum U_h^2}$$

$\sqrt{\sum U_h^2}$: tension efficace des composantes de la tension alternative

5.3 Valeurs normales du facteur de tension assignée

5.3.1 valeurs normales du facteur de tension assignée pour les tensions alternatives

Le facteur de tension est déterminé par la tension maximale de fonctionnement qui dépend des conditions de mise à la terre du réseau.

Les facteurs de tension normaux appropriés aux différentes conditions de mise à la terre sont donnés dans le Tableau 2 ci-dessous, ainsi que la durée admissible de la tension maximale de fonctionnement (c'est-à-dire le temps assigné).

Tableau 2 – Valeurs normales des facteurs de tension assignée

| Facteur de tension assignée F_V | Temps assigné | Méthode pour connecter la borne primaire et conditions de mise à la terre du réseau |
|--------------------------------------|---------------|--|
| 1,2 | Continu | Entre phase et terre dans un réseau à neutre mis effectivement à la terre (3.1.15 a) |
| 1,5 | 30 s | |
| 1,2 | Continu | Entre phase et terre dans un réseau à neutre non mis effectivement à la terre (3.1.15 b) avec déclenchement automatique en cas de défaut de terre. |
| 1,9 | 30 s | |
| 1,2 | Continu | Entre la phase et la terre dans un réseau à neutre isolé (3.1.10) sans déclenchement automatique en cas de défaut de terre ou dans un réseau compensé par bobine d'extinction (3.1.13) sans déclenchement automatique en cas de défaut de terre. |
| 1,9 | 8 h | |

NOTE 1 Les temps assignés peuvent être réduits après accord entre le fabricant et l'utilisateur.

NOTE 2 Les exigences thermiques d'un matériel sont basées sur la tension assignée alors que le niveau d'isolation assigné est basé sur la tension la plus élevée pour le matériel U_m (CEI 60071-1).

NOTE 3 Il faut que la tension maximale de fonctionnement d'un matériel soit inférieure ou égale à la tension la plus élevée du matériel $\frac{U_m}{\sqrt{3}}$ ou à la tension assignée U_R multipliée par le facteur de tension assignée 1,2 pour un service continu, la plus petite des deux valeurs.

5.3.2 Valeurs normales du facteur de tension assignée pour les tensions continues

Aucun facteur de tension assignée ne s'applique aux tensions continues, la tension est commandée pour le convertisseur et la tension assignée inclut la tolérance de la tension (voir définition U_{DCmax} , 3.1.8).

6 Exigences de conception

6.1 Exigences d'isolation

Pour les applications à courant alternatif, le choix du niveau d'isolation pour le matériel doit être fait conformément aux niveaux d'isolation normaux du Tableau 3. Les niveaux d'isolation assignés doivent être basés sur la tension la plus élevée pour le matériel U_m .

Tableau 3 – Niveaux d'isolation normalisés pour les tensions alternatives

| Gamme | Tension la plus élevée pour le matériel U_m | Tension de tenue assignée à fréquence industrielle | Tension de tenue assignée aux chocs de foudre | Tension de tenue assignée aux chocs de manœuvre | |
|-------|---|--|---|---|--|
| | (valeur efficace) kV | (valeur efficace) kV | (valeur de crête) kV | (valeur de crête) kV | |
| I | 0,72 | 3 | --- | | |
| | 1,2 | 6 | --- | | |
| | 3,6 | 10 | 20 40 | | |
| | 7,2 | 20 | 40 60 | | |
| | 12 | 28 | 60 75 | | |
| | 17,5 | 38 | 75 95 | | |
| | 24 | 50 | 95 125 | | |
| | 36 | 70 | 145 170 | | |
| | 52 | 95 | 250 | | |
| | 72,5 | 140 | 325 | | |
| | 100 | 185 | 450 | | |
| | 123 | | 185 | 450 | |
| | | | 230 | 550 | |
| | 145 | | 230 | 550 | |
| | | | 275 | 650 | |
| | 170 | | 275 | 650 | |
| | | | 325 | 750 | |
| 245 | | 395 | 950 | | |
| | | 460 | 1 050 | | |

| Gamme | Tension la plus élevée pour le matériel U_m | Tension de tenue assignée à fréquence industrielle | Tension de tenue assignée aux chocs de foudre | Tension de tenue assignée aux chocs de manœuvre | |
|-------|---|--|---|---|-------|
| | (valeur efficace) kV | (valeur efficace) kV | (valeur de crête) kV | (valeur de crête) kV | |
| II | 300 | 395 | 850 | 750 | |
| | | | 950 | | |
| | 362 | 460 | 950 | 850 | |
| | | | 1050 | | |
| | 420 | 460 | 950 | 850 | |
| | | | 1 050 | | |
| | | 510 | 1 050 | 950 | |
| | | | 1 175 | | |
| | 550 | 570 | 1 050 | 850 | |
| | | | 1 175 | | |
| | | 630 | 1 175 | 950 | |
| | | | 1 300 | | |
| | 800 | 630 | 1 300 | 1 050 | |
| | | | 1 425 | | |
| | | 680 | 1 175 | 950 | |
| | | | 1 300 | | |
| | 1 100 | 880 | 1 300 | 1 050 | |
| | | | 1 425 | | |
| | | 975 | 1 425 | 1 175 | |
| | | | 1 550 | | |
| | 1 200 | 880 | 1 675 | 1 300 | |
| | | | 1 800 | | |
| | | | 975 | 1 800 | 1 425 |
| | | | | 1 950 | |
| | | 1 100 | 975 | 1 950 | 1 550 |
| | | | | 2 100 | |
| | | | 1 200 | 1 950 | 1 425 |
| | | | | 2 100 | |
| 1 200 | 1 100 | 2 100 | 1 550 | | |
| | | 2 250 | | | |
| | 1 200 | 2 250 | 1 675 | | |
| | | 2 400 | | | |
| 1 200 | 1 200 | 2 400 | 1 800 | | |
| | | 2 550 | | | |
| | 1 200 | 2 100 | 1 675 | | |
| | | 2 250 | | | |
| 1 200 | 2 250 | 1 800 | | | |
| | 2 400 | | | | |
| 1 200 | 2 550 | 1 950 | | | |
| | 2 700 | | | | |

NOTE 1 Pour les installations exposées, il est recommandé de choisir le niveau d'isolation le plus élevé.

NOTE 2 Les niveaux de tension de tenue assignée à fréquence industrielle selon la CEI 62271-203 peuvent être différents.

NOTE 3 Voir la CEI 60071-1 pour d'autres niveaux.

Pour une application en courant continu, l'essai de tension continue de tenue est défini avec un facteur $F_T = 2,6$. La tension doit être appliquée pendant 10 s.

Tension continue d'essai = $(F_T \times U_R) = 2,6 \times U_R$ (U_R : voir 5.2.2)

Règles générales appliquées:

- La tension de tenue assignée positive aux chocs de manœuvre en conditions humides est la base pour la détermination de la distance d'arc minimale (isolation externe) du matériel.
- La force de l'isolation externe est habituellement soumise à un essai en condition humide avec la tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle (gamme I) ou avec la tension de tenue positive aux chocs de manœuvre en condition humide (gamme II) (voir 10.2).
- La valeur de la tension de tenue assignée aux chocs de foudre est un facteur qui permet de déterminer la rigidité du diélectrique des condensateurs.
- Pour les applications à courant alternatif dans la CEI 60071-1, pour chaque U_m , deux tensions de tenue normalisées suffisent pour définir le niveau d'isolation normal pour le matériel:
 - gamme I: $U_m < 300$ kV: la tension de tenue aux chocs de foudre assignée et la tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle;
 - Gamme II: $300 \text{ kV} \leq U_m \leq 800$ kV: les tensions de tenue aux chocs de manœuvre et de foudre assignées.
- Il n'existe pas de norme pour les applications en courant continu ; le niveau d'isolation doit être défini entre le fabricant et l'utilisateur. Généralement, pour chaque tension assignée, deux tensions de tenue normalisées suffisent pour définir le niveau d'isolation normal pour le matériel:
 - gamme I: $U_{SIL} < 750$ kV: une tension de tenue aux chocs de foudre assignée et une tension de tenue assignée à fréquence industrielle correspondante dans des conditions humides (correspondant à la tension BIL du Tableau 3).
 - Gamme II: $U_{SIL} \geq 750$ kV: les tensions de tenue aux chocs de manœuvre (conditions humides) et de foudre assignées.
- En raison de l'isolation interne non auto-régénératrice du matériel, pour la gamme II, trois tensions de tenue normalisées sont spécifiées dans le Tableau 3. L'essai de tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle (respectivement essai de tension continue pour les applications en courant continu) a été spécifié pour la gamme II comme un essai individuel avec une mesure de décharge partielle. La contrainte avec une tension alternative (respectivement la tension continue pour les applications en courant continu) détermine le comportement de longue durée de l'isolation interne non auto-régénératrice du matériel.
- L'essai de tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle (Tableau 3, colonne 3), avec une mesure de décharge partielle (PD) dans la gamme II est une indication pour la contrainte sur l'isolation du matériel.
- Le niveau d'isolation assigné est basé sur la tension la plus élevée pour le matériel U_m , alors que l'exigence thermique du matériel est basée sur la tension assignée U_R .
- Le choix du niveau d'isolement doit être fait conformément à 5.2.1 et à la CEI 60071-1.

6.2 Autres exigences d'isolation

6.2.1 Borne basse tension non exposée à l'atmosphère

Un matériel muni d'une borne basse tension doit être soumis à une tension d'essai entre les bornes basse tension et de terre. La tension d'essai doit être une tension alternative de 4 kV (valeur efficace).

6.2.2 Borne basse tension exposée à l'atmosphère

Si la borne basse tension est exposée à l'atmosphère, elle doit être soumise à une tension alternative de 10 kV (valeur efficace) entre les bornes basse tension et de terre.

6.2.3 Décharges partielles

Le niveau de décharge partielle ne doit pas dépasser les limites spécifiées dans le Tableau 4 à la tension d'essai de décharge partielle spécifiée dans le même tableau, après une précontrainte effectuée selon les procédures de 9.2.3.1.

Les exigences de décharge partielle sont applicables à tout le matériel.

Tableau 4 – Tensions d'essai de décharge partielle et niveaux admissibles

| Type de mise à la terre du réseau | Tension d'essai de décharge partielle (valeur efficace) | Niveau de décharge partielle admissible (pC) Isolation immergée dans un liquide ou un gaz |
|---|---|---|
| Réseau à neutre mis à la terre | U_m | 10 |
| | $\frac{1,2 U_m}{\sqrt{3}}$ | 5 |
| Réseau à neutre non mis effectivement à la terre ou isolé | $1,2 U_m$ | 10 |
| | $\frac{1,2 U_m}{\sqrt{3}}$ | 5 |

NOTE 1 Si le réseau à neutre n'est pas défini, les valeurs données pour les réseaux non mis effectivement à la terre ou isolés sont valides.

NOTE 2 Le niveau de décharge partielle admissible est également valide pour des fréquences différentes de la fréquence de réseau.

NOTE 3 En raison de la capacité élevée, le niveau de bruit de fond inférieur à 5pC ne peut pas être atteint. Dans ce cas, il convient qu'un accord entre le fabricant et l'acheteur soit trouvé.

| | |
|--|--|
| Pour une application en courant continu, la tension de mesure de décharge partielle doit être la tension alternative (kVrms) suivante: $1,2 \times U_R / \sqrt{2}$ | Le niveau de décharge partielle admissible (pC) pour le matériel avec isolation immergée dans un liquide ou un gaz est 5pC |
|--|--|

NOTE 4 En raison de la capacité élevée, le niveau de bruit de fond inférieur à 5pC ne peut pas être atteint. Dans ce cas, un niveau de décharge partielle admissible de 10 pC peut être appliqué avec une tension de $1,5 \times U_R / \sqrt{2}$

| |
|---|
| NOTE 5 Pour les matériels à courant alternatif et pour les matériels à courant continu, si seules des parties des matériels sont soumises à un essai, la valeur de la tension d'essai sera égale à: |
| $1,05 \times \text{tension d'essai du matériel} \times \frac{\text{tension assignée de l'unité}}{\text{tension assignée du matériel}}$ |
| ou |
| $1,05 \times \text{tension d'essai du matériel} \times \frac{\text{tension assignée de l'empilement}}{\text{tension assignée du matériel}}$ |

6.2.4 Essai de choc de foudre coupé

Le but de cet essai est de contrôler les connexions internes du matériel.

Si cela est spécifié, le matériel complet doit également être capable de supporter une tension de choc de foudre coupée ayant une valeur de crête de 115 % de la tension assignée de choc de foudre.

6.2.5 Capacité à fréquence industrielle

La capacité C d'une unité, d'un empilage et d'un condensateur ne doit pas s'écarter de la capacité assignée de plus que –5 % à +10 %.

Le rapport des capacités de deux unités quelconques faisant partie d'un empilage de condensateurs ne doit pas s'écarter de plus de 5 % de l'inverse du rapport des tensions assignées des unités.

La capacité doit être mesurée à 0,1 fois et 0,9 à 1,1 fois la tension U_R , respectivement $U/\sqrt{2}$ pour les applications en courant continu, ou elle peut faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

NOTE 1
$$C = \frac{C_o}{n}$$

où

n est le nombre d'éléments dans la série;

C_o est la capacité d'un élément.

NOTE 2 Il convient que la valeur réelle de la capacité soit mesurée ou rapportée à la température à laquelle la capacité assignée a été définie.

6.2.6 Pertes du condensateur à la fréquence industrielle

Les exigences relatives aux pertes d'un condensateur, exprimées sous la forme $\tan\delta$ sont mesurées à 0,9 à 1,1 fois la tension U_R , respectivement $U/\sqrt{2}$ pour les applications en courant continu, ou elle peut faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

NOTE 1 Le but est de contrôler la régularité de la production. Les limites des variations admissibles peuvent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

NOTE 2 La valeur de $\tan\delta$ dépend de la conception de l'isolation ainsi que de la tension, de la température et de la fréquence de mesure.

NOTE 3 La valeur de $\tan\delta$ de certains types de diélectriques est fonction de la durée de la mise sous tension précédant la mesure.

NOTE 4 Les pertes du condensateur donnent une indication sur le processus de séchage et d'imprégnation.

NOTE 5 Pour information, les valeurs typiques de $\tan\delta$ pour les diélectriques imprégnés d'huile minérale ou d'huile synthétique sont, à 20 °C (293 K) et à tension nominale:

- | | |
|---|-------------------------|
| a) Papier: | $\leq 5 \times 10^{-3}$ |
| b) Mélange, film-papier-film et papier-film-papier: | $\leq 3 \times 10^{-3}$ |
| c) Film: | $\leq 1 \times 10^{-3}$ |

NOTE 6 La valeur de $\tan\delta$ d'un condensateur à courant continu avec une résistance de répartition en parallèle sera supérieure à la valeur typique.

6.2.7 Exigences d'isolation externe

Pour une isolation externe susceptible d'être contaminée, la ligne de fuite assignée minimale spécifique mesurée en millimètres sur la surface d'isolation est indiquée dans le Tableau 5.

Tableau 5 – Ligne de fuite

| Niveau de pollution | Ligne de fuite minimale assignée spécifique ^a mm/kV AC ^b | | Ratio Ligne de fuite Distance d'arc mm |
|--|---|-----------------------------------|---|
| | Ligne de fuite spécifique pour réseaux à courant alternatif triphasé | Ligne de fuite spécifique unifiée | |
| a Très faible | 12.7 | 22.0 | - |
| b Faible | 16 | 27.8 | ≤ 3,5 |
| c Moyen | 20 | 34.7 | ≤ 3,5 |
| d Elevé | 25 | 43.3 | ≤ 4,0 |
| e Très élevé | 31 | 53.7 | ≤ 4,0 |
| a Pour la ligne de fuite réelle, les tolérances de fabrication spécifiées sont applicables (voir CEI 62155). b Rapport entre, d'une part la ligne de fuite mesurée en millimètres entre la phase et la terre, et d'autre part la valeur efficace entre phases de la tension la plus élevée en kV pour le matériel U_m (voir CEI 60071-1) D'autres informations et tolérances de fabrication sur la ligne de fuite sont données dans la CEI 60815. | | | |
| NOTE 1 Il est reconnu que la performance de l'isolation superficielle est largement affectée par la forme de l'isolateur. | | | |
| NOTE 2 Dans le cas d'une sévérité de pollution exceptionnelle, une ligne de fuite assignée spécifique de 31 mm peut ne pas être appropriée En fonction de l'expérience de service et/ou des résultats d'essai en laboratoire, une valeur plus élevée de ligne de fuite spécifique peut être utilisée, mais dans certains cas, la possibilité d'effectuer un lavage peut devoir être considérée. | | | |
| NOTE 3 Les valeurs sont celles des isolateurs en porcelaine. Il existe des isolants composites qui offrent de meilleures performances contre la pollution, conformément à la CEI 61462. | | | |

Lorsqu'une borne basse tension est exposée à l'atmosphère, elle doit avoir une ligne de fuite assignée de 60 mm au minimum.

Il n'existe pas de norme pour les tensions continues. La ligne de fuite doit être définie entre le fabricant et l'acheteur.

6.3 Exigences relatives aux émissions électromagnétiques – Tension de perturbation radioélectrique (RIV⁵)

Cette exigence s'applique aux matériels dont $U_m \geq 123$ kV à installer dans une sous-station à isolation par air. La tension de perturbation radioélectrique ne doit pas dépasser $2\,500 \mu V$ à $1,1 U_m / \sqrt{3}$.

NOTE 1 Cette exigence est incluse pour satisfaire à quelques certaines réglementations sur la compatibilité électromagnétique.

NOTE 2 Bien qu'il n'existe pas de conversion directe entre les microvolts des tensions de perturbation radioélectrique et les picocoulombs des décharges partielles, on considère que le matériel a réussi l'essai si à $1,1 U_m / \sqrt{3}$ le niveau de décharge partielle ne dépasse pas 300 pC.

Pour des applications en courant continu, l'essai sera effectué avec une tension alternative 50/60 Hz. La tension d'essai est définie par $1,1 U_m / \sqrt{2}$. La tension de perturbation radioélectrique ne doit pas dépasser $2\,500 \mu V$.

⁵ RIV = *Radio interference voltage*.

6.4 Exigences mécaniques

Un matériel posé librement doit être capable de supporter les charges d'essais statiques indiquées dans le Tableau 6.

Les charges d'essai spécifiées sont destinées à être appliquées aux bornes primaires dans n'importe quelle direction.

Tableau 6 – Charges d'essais de tenue statiques pour des isolants

| Tension la plus élevée pour le matériel U_m kV | Charge d'essai de tenue statique F_R N | | |
|--|---|------------------------------|-------|
| | Équipement avec: | | |
| | Bornes de tension | Bornes de courant traversant | |
| Classe de charge I | | Classe de charge II | |
| 72,5 à 100 | 500 | 1 250 | 2 500 |
| 123 à 170 | 1 000 | 2 000 | 3 000 |
| 245 à 362 | 1 250 | 2 500 | 4 000 |
| ≥ 420 | 1 500 | 4 000 | 5 000 |
| Tensions continues | 1 500 | 2 500 | 4 000 |

NOTE 1 Ces exigences ne s'appliquent pas aux équipements suspendus.

NOTE 2 Il convient que la somme des charges agissant dans des conditions de fonctionnement courantes ne dépasse pas 50 % de la charge d'essai de tenue spécifiée.

NOTE 3 Dans certaines applications, il convient que le matériel équipé de bornes de courant traversant supporte des charges dynamiques extrêmes se produisant rarement (par exemple des courts-circuits) ne dépassant pas 1,4 fois la charge statique d'essai.

NOTE 4 Il convient que le système de suspension du matériel soit conçu pour supporter une résistance à la traction d'au moins la masse en kilogrammes, avec un facteur de sécurité de 2,5, multipliée par 9,81 pour obtenir la force correspondante en newtons.

NOTE 5 Si le matériel est utilisé pour supporter un circuit-bouchon, il convient que le fabricant et l'acheteur définissent d'autres charges d'essai.

NOTE 6 Pour certaines applications, il peut être nécessaire d'établir la résistance à la rotation des bornes primaires. Il convient que le moment à appliquer pendant l'essai fasse l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

6.5 Étanchéité de l'équipement

6.5.1 Généralités

Le matériel complet doit être étanche sur toute la gamme de températures spécifiée pour la catégorie de température applicable.

6.5.2 Étanchéité au gaz

6.5.2.1 Généralités

Les spécifications suivantes appliquent à tous les matériels qui utilisent du gaz, autre que l'air à pression atmosphérique, comme milieu isolant.

6.5.2.2 Systèmes à pression autonome de gaz

L'étanchéité caractéristique d'un système à pression autonome indiquée par le fabricant doit être cohérente avec une philosophie de maintenance et d'inspection minimales.

L'étanchéité des systèmes à pression autonome de gaz est spécifiée par le taux de fuite relatif F_{rel} de chaque compartiment.

La valeur normalisée est 0,5 % par an, pour le SF6 et les mélanges à base de SF6.

Des moyens doivent être prévus pour permettre de remplir les systèmes au gaz d'être en toute sécurité lorsque le matériel est en service.

NOTE 1 Ces valeurs peuvent être utilisées pour calculer le temps entre les remplissages, T , en dehors des conditions de température extérieure extrêmes.

NOTE 2 Des taux de fuite inférieurs peuvent être spécifiés conformément aux réglementations nationales et aux pratiques régionales.

Un taux de fuite augmenté à des températures extrêmes (si de tels essais sont nécessaires dans les normes applicables) est acceptable, à condition que ce taux soit réinitialisé à une valeur inférieure à la valeur maximale admissible à la température normale de l'air ambiant. Le taux de fuite provisoire élevé ne doit pas dépasser les valeurs données dans le Tableau 7.

En général, pour l'application d'une méthode d'essai appropriée, on se réfère à la CEI 60068-2-17.

Tableau 7 – Taux de fuite temporaire admissible pour les systèmes au gaz

| Classe de température [°C] | Taux de fuite temporaire admissible |
|----------------------------|-------------------------------------|
| +40 et +50 | $3F_p$ |
| température ambiante | F_p |
| 5 / -10 / -15 / -25 / -40 | $3F_p$ |
| 50 | $6F_p$ |

6.5.2.3 Systèmes de pression étanche

L'étanchéité des systèmes de pression étanche est spécifiée par leur durée de vie de fonctionnement prévue. Le fabricant doit spécifier la durée de vie de fonctionnement prévue. Les valeurs préférentielles sont 20 ans et 30 ans

6.6 Gradient de tension pour les condensateurs à courant continu

Il convient que le fabricant tienne compte de la distribution de tension continue entre l'élément de condensateur d'une unité et entre les unités connectées en série en utilisant des résistances de répartition ou des systèmes de répartition équivalents.

NOTE Par exemple, les critères suivants doivent être considérés

- Les propriétés thermiques (stabilité thermique, distribution de température)
- Le système d'isolation (construction, porcelaine, isolateur composite, ...)
- Les niveaux de pollution.

7 Conditions d'essai

Sauf spécification contraire pour un essai ou une mesure de nature particulière, la température du diélectrique d'un condensateur doit, au commencement de l'essai, être comprise entre +5 °C et +35 °C et être connue.

On peut admettre que la température du diélectrique est la même que celle de l'air ambiant pourvu que le condensateur ait été laissé hors tension à température ambiante constante pendant une durée suffisante.

Lorsqu'une correction est nécessaire, la température de référence doit être de +20 °C, sauf convention différente entre le fabricant et l'acheteur.

Sauf spécification différente, les essais et les mesures en courant alternatif doivent être effectués à une fréquence comprise entre 0,8 et 1,2 fois la fréquence assignée pour les condensateurs de fréquence assignée égale ou supérieure à 50 Hz et à une fréquence comprise entre 40 Hz et 72 Hz pour les condensateurs de fréquence assignée inférieure à 50 Hz.

Les essais de type doivent être effectués, sauf spécification contraire, sur un empilage complet de condensateurs. Si le condensateur est constitué de plusieurs unités, les essais individuels peuvent être effectués sur les unités séparées à condition de prendre en considération la valeur augmentée de la tension d'essai (comme spécifié au paragraphe 9,2) pour tenir compte du manque d'uniformité de la répartition de la tension dû à la tolérance sur la capacité.

8 Classification des essais

8.1 Essais individuels de série

Les essais spécifiés dans la présente norme sont classés comme des essais individuels, des essais de type et des essais spéciaux. Les essais individuels et les essais de type doivent être effectués dans la même séquence conformément à l'organigramme (voir Figure 2).

La classification est comme suit:

- Essai individuel de série

Un essai auquel chaque matériel est soumis.

- Essai de type

Un essai fait sur chaque type de matériel pour montrer que tous les matériels faits selon la même spécification sont conformes aux exigences non couvertes par des essais individuels.

NOTE 1 Un essai de type peut également être considéré valide s'il est fait sur un matériel qui présente des écarts mineurs. Il convient que de tels écarts fassent l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

NOTE 2 Il faut que l'essai de type suive la procédure spécifiée dans l'organigramme de la Figure 2.

- Essai spécial

Un essai autre qu'un essai de type ou un essai individuel, qui doit être effectué après accord entre le fabricant et l'acheteur.

8.2 Essais individuels de série

Les essais suivants sont des essais individuels. Pour plus de détails, il convient de se référer aux paragraphes appropriés:

- a) étanchéité de l'équipement (9.1);
- b) mesure de la capacité et de $\tan\delta$ à fréquence industrielle (9.2.1);
- c) essai de tenue en continu ou à fréquence industrielle (9.2.2);
- d) mesure des décharges partielles (9.2.3);
- e) mesure de la résistance si une ou plusieurs résistances sont montées à l'intérieur du matériel (9.2.5).

f) essai de tenue à fréquence industrielle sur la borne basse tension, le cas échéant (9.2.4).

L'ordre ou la combinaison possible des essais n'est pas normalisée sauf pour l'essai représenté à la Figure 2.

Il convient d'effectuer des essais répétés à fréquence industrielle à 80 % de la tension d'essai spécifiée.

8.3 Essais de type

Les essais suivants sont des essais de type.

Les essais individuels électriques doivent être effectués avant et après l'essai de type à 100 % des tensions d'essai.

Pour plus de détails, il convient de se référer aux paragraphes appropriés:

- a) Essai de décharge (10.1.2) pour condensateur à courant continu de couplage ou de filtrage;
- b) Essai de choc coupé pour un matériel à courant alternatif et diviseurs à courant continu (10.1.2.2);
- c) Essai aux chocs de foudre (10.1.3);
- d) Essai de tension de tenue à fréquence industrielle en condition humide pour matériel utilisé à l'extérieur à tension alternative pour la gamme de tension $U_m < 300$ kV (10.2.1);
- e) Essai de tension continue de tenue en condition humide pour matériel utilisé à l'extérieur à tension continue pour la gamme de tension SIL < 750 kV (crête) (10.2.1);
- f) Essai aux chocs de manœuvre en condition humide pour une gamme de tension alternative ≥ 300 kV (10.2.2);
- g) Essai aux chocs de manœuvre en condition humide pour le matériel à tension continue avec une gamme de tension SIL ≥ 750 kV (crête) (10.2.2);
- h) Essais de tension de perturbation radioélectrique CEM, le cas échéant (10.3);
- i) Essai d'inversion de polarité pour matériel à courant continu (10.4).

Les essais de type peuvent être effectués sur deux unités différentes. Les essais de type électriques de a) à g) doivent être effectués sur la même unité.

La capacité C d'une unité, d'un empilage, d'un condensateur de couplage ou d'un diviseur capacitif ne doit pas varier de plus que $\frac{\Delta C}{C} \leq \frac{1}{n} = \frac{C}{C_0}$ pendant toute séquence d'essai (6.2.5).

Le rapport d'essai de type doit inclure les résultats des essais individuels.

NOTE 1 ΔC est la variation de la capacité C mesurée.

NOTE 2 Après accord entre le fabricant et l'acheteur, l'ordre de la séquence d'essai (Figure 2) peut être modifié.

8.4 Essais spéciaux

Les essais suivants sont des essais spéciaux. Pour plus de détails, il convient de se référer au paragraphe approprié:

- a) essai de résistance mécanique (11).

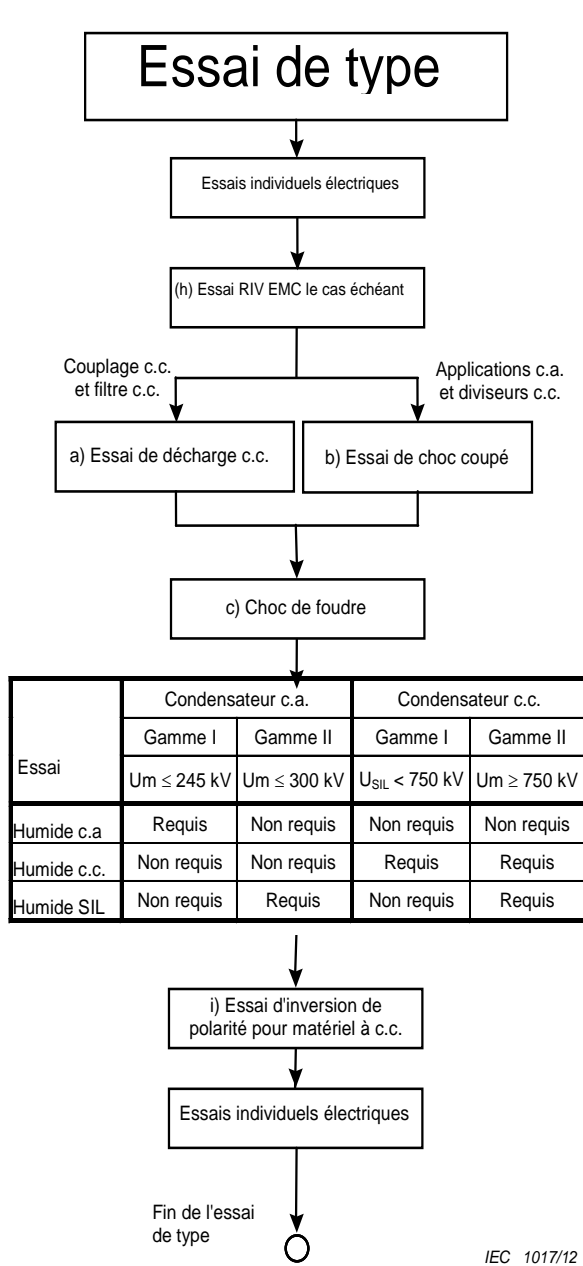


Figure 2a – Essai de type

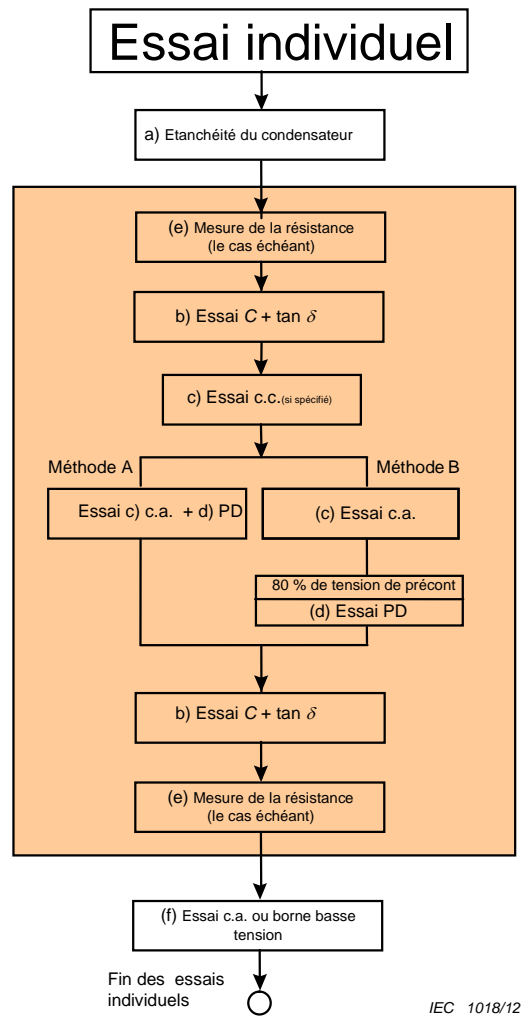


Figure 2b – Essai individuel

Figure 2 – Organigrammes de séquence d'essai à appliquer pour effectuer un essai de type (Figure 2a) et un essai individuel (Figure 2b)

NOTE D'autres essais spécifiques (portant par exemple sur la précision, les taux, etc.) sont définis dans les parties spécifiques.

9 Essais individuels de série

9.1 Etanchéité du matériel rempli de liquide

9.1.1 Généralités

L'essai d'étanchéité doit être un essai individuel sur le matériel. L'essai d'étanchéité doit être effectué avec une pression de liquide supérieure à la pression de fonctionnement, selon le type de dispositif d'expansion du matériel, pendant 8 h.

Un essai de fuite d'hélium avant imprégnation peut également être effectué. Les taux de fuite maximum doivent être de 1×10^{-6} l*mbar/s.

NOTE Après accord entre le fabricant et l'acheteur, un essai spécial peut être spécifié pour montrer la conception de l'étanchéité du matériel (11.1).

9.1.2 Systèmes à pression autonome de gaz

L'essai d'étanchéité sur l'enceinte du matériel étanche au gaz doit montrer la conformité aux exigences données à l'Article 6.5.2 et doit être effectué sur un matériel complet à une température ambiante de 20 ± 10 °C.

Si possible, on utilisera la méthode cumulative pour les systèmes sous pression fermés comme cela est spécifié dans la CEI 60068-2-17 (méthode d'essai 1 de l'essai Qm). On peut utiliser un dispositif de reniflage pour détecter les fuites. Si le détecteur de fuite détecte une fuite, elle doit être mesurée en utilisant la méthode cumulative.

Il convient de démarrer l'essai au moins une heure après le remplissage du matériel afin d'atteindre un flux de fuite stabilisé.

La position du matériel peut être différente de la position de service en raison des limitations physiques de l'enceinte climatisée. La sensibilité de la mesure de fuite doit permettre de détecter un taux de fuite correspondant à environ 0,25 % par an.

Un essai de fuite d'hélium avant le remplissage du gaz peut également être effectué. Les taux de fuite maximum doivent être de 1×10^{-6} l*mbar/s.

9.2 Essais individuels électriques

9.2.1 Généralités

L'ordre de l'essai électrique représenté sur l'organigramme de la Figure 2 est obligatoire.

9.2.2 Mesure de la capacité et de $\tan\delta$ à fréquence industrielle

Avant et après l'essai de diélectrique, la capacité C et la valeur de $\tan\delta$ doivent être mesurées à $U_R \pm 10$ %, respectivement $U_R/\sqrt{2}$ pour les applications en courant continu. Toutefois, pour montrer toute variation de capacité causée par la perforation d'un ou de plusieurs éléments, une mesure de capacité préliminaire doit être effectuée avant les essais individuels de diélectrique, à une tension suffisamment basse (10 % de la tension assignée).

Cet essai peut être effectué soit sur un empilage de condensateurs, soit sur des unités séparées. Dans le cas de la mesure d'une unité, la capacité C et la valeur de $\tan\delta$ doivent être mesurées à:

$$U_{\text{essai}} = U_R \times \frac{\text{tension assignée de l'unité}}{\text{tension assignée de l'empilage}}$$

Et dans le cas de la mesure d'un empilage, à:

$$U_{\text{essai}} = U_R \times \frac{\text{tension assignée de l'empilage}}{\text{tension assignée de l'équipement complet}}$$

NOTE 1 pour plusieurs unités ou plusieurs empilages, un calcul similaire pour l'essai de tension alternative de tenue est donné dans le Tableau 8.

La capacité doit être mesurée en utilisant une méthode permettant d'éviter les erreurs dues aux harmoniques et à des accessoires dans le circuit de mesure. La précision de la méthode de mesure doit être conforme aux exigences de l'application spécifique.

NOTE 2 Lorsqu'il existe une borne intermédiaire encore accessible quand le matériel est complètement assemblé, il convient de mesurer:

- a) la capacité entre les bornes de ligne et de basse tension ou entre les bornes de ligne et de terre,
- b) la capacité entre les bornes intermédiaire et de basse tension ou entre les bornes intermédiaire et de terre.

NOTE 3 Si le nombre des éléments en série dans l'unité essayée est important, il peut être difficile d'avoir la certitude qu'il ne s'est produit aucune perforation, du fait des incertitudes suivantes:

- fidélité de reproduction de la mesure;
- variation de capacité provoquée par les forces mécaniques exercées sur les éléments pendant les essais diélectriques;
- variation de capacité provoquée par une différence de température du matériel avant et après les essais.

En pareil cas, il convient que le fabricant apporte la preuve qu'il ne s'est produit aucune perforation, par exemple en comparant les variations de capacité des matériels du même type et/ou en calculant la variation de capacité causée par l'augmentation de température au cours de l'essai. Pour réduire les incertitudes de mesure, on peut effectuer ces mesures sur chaque unité.

9.2.3 Essai de tenue en continu ou à fréquence industrielle

9.2.3.1 Essai de tenue en tension alternative

L'essai de tenue doit être conforme à la CEI 60060-1.

Les essais en courant alternatif doivent être effectués avec des tensions de forme d'onde pratiquement sinusoïdale. A partir d'une tension relativement basse, la tension doit être rapidement montée à la valeur d'essai, maintenue à cette valeur durant 1 min, pour autant qu'une autre durée n'ait pas fait l'objet d'un accord, puis rapidement descendue à une valeur relativement basse avant d'être déclenchée.

La capacité C , la valeur de $\tan\delta$ (9.2.2) et la décharge partielle (9.2.4) peuvent être mesurées pendant l'essai à courant alternatif du matériel.

Chaque matériel ou unité ou empilage de condensateurs doivent être soumis à l'essai de tenue. La tension d'essai étant appliquée entre les bornes haute tension et de terre pendant l'essai d'un empilage de condensateurs, et entre les bornes pendant l'essai d'une unité. Quand il existe une borne basse tension, elle doit être connectée à la terre directement, ou par une impédance faible, pendant cet essai. Au cours de l'essai, il ne doit se produire ni perforation (voir 9.2.2) ni contournement.

La valeur de la tension d'essai doit être égale à:

$$k \times \text{tension d'essai de l'empilage} \times \frac{\text{tension assignée de l'unité}}{\text{tension assignée de l'empilage}}$$

pendant l'essai d'une seule unité faisant partie d'un empilage.

La valeur de la tension d'essai doit être égale à:

$$k \times \text{tension d'essai du matériel complet} \times \frac{\text{tension assignée de l'empilage}}{\text{tension assignée du matériel complet}}$$

pendant l'essai d'un seul empilage faisant partie d'un matériel complet.

Le facteur k vaut 1,05 pour les essais de tension alternative et continue de tenue.

NOTE Un exemple de valeurs d'essai des unités et des empilages pour un matériel à 550 kVAC est présenté dans le Tableau 8.

- tension la plus élevée pour le matériel: $U_m = 550$ kV;
- tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle: 680 kV.

Tableau 8 – Tensions d'essai pour des unités, des empilages et un matériel complet

| Nombre | | Tension d'essai (valeur efficace) kV | | |
|--------|-----------|---|------------|------------------|
| Unités | Empilages | Unité | Empilage | Matériel complet |
| 2 | 1 | 340 × 1,05 | 680 | 680 |
| 4 | 2 | 170 × 1,05 | 340 × 1,05 | 680 |
| 6 | 3 | 113 × 1,05 | 227 × 1,05 | 680 |

9.2.3.2 Essai de tenue en tension continue

Les tensions d'essai pour le matériel sont définies avec un facteur F_T spécifié au paragraphe 6.1.

Cette tension, en polarité positive, doit être appliquée pendant 10 s.

Cet essai doit être effectué au préalable.

NOTE Par accord entre le fabricant et l'acheteur, cet essai peut être remplacé par un essai en courant alternatif à la tension d'essai continue, conformément au paragraphe 6.2.2.1, divisée par $\sqrt{2}$.

9.2.4 Mesure des décharges partielles

9.2.4.1 Procédure d'essai pour matériel (voir Annexe B)

Après une précontrainte effectuée conformément à la procédure A ou B, la tension d'essai de décharge partielle spécifiée dans le Tableau 4 est appliquée et le niveau correspondant de décharge partielle doit être mesuré dans les 30 s.

Les limites du niveau de décharge partielle sont spécifiées en 6.2.3 (pour le courant alternatif, voir le Tableau 4).

Procédure A: les tensions d'essai de décharge partielle sont atteintes en diminuant la tension après l'essai de tenue à fréquence industrielle.

Procédure B: l'essai de décharge partielle est effectué après l'essai de tension alternative de tenue. La tension appliquée est augmentée à 80 % de la tension de tenue, maintenue pendant au moins 60 s, puis réduite sans interruption à la tension d'essai de décharge partielle

spécifiée. Pour les applications en courant continu, la tension alternative de précontrainte est $1,3 \times U_r$ pendant au moins 10 s.

Sauf spécification contraire, le choix de la procédure est laissé au fabricant. La méthode d'essai doit être indiquée dans le rapport d'essai.

9.2.5 Essai de tension alternatif de tenue sur une borne basse tension du matériel (6.2.1 et 6.2.2)

Un matériel muni d'une borne basse tension doit être soumis pendant 1 min à une tension d'essai entre les bornes basse tension et de terre. La tension d'essai doit être une tension alternative comme indiquée aux paragraphes 6.2.1 et 6.2.2.

NOTE 1 Si un éclateur de protection entre la borne basse tension et la terre est inclus, il convient d'empêcher qu'il fonctionne pendant l'essai. Il convient de déconnecter les accessoires pour la liaison à fréquences porteuses pendant les essais.

NOTE 2 Si la tension de tenue est trop basse pour la coordination de l'isolement des accessoires pour la liaison à fréquences porteuses avec la borne basse tension, une valeur plus élevée peut faire l'objet d'un accord à la demande de l'acheteur.

NOTE 3 Si le condensateur a été livré avec un support isolant (au lieu d'une borne basse tension), il convient que la nécessité de l'essai fasse l'objet d'un accord entre le vendeur et l'acheteur.

9.2.6 Mesure de résistance pour matériel à courant continu

La valeur de la résistance de répartition doit être mesurée avant et après les essais diélectriques à 500 V c.c. ou 1 000 V c.c. La valeur doit respecter les tolérances spécifiées pour la conception.

10 Essais de type

10.1 Essais aux chocs

10.1.1 Généralités

Les essais aux chocs doivent être réalisés sur un matériel complet conformément à la CEI 60060-1.

La tension d'essai doit être appliquée entre la borne haute tension et la terre. La borne basse tension du matériel doit être mise à la terre pendant l'essai.

L'essai aux chocs est généralement réalisé en appliquant une tension au niveau de référence et au niveau de tension assignée. La tension de choc de référence doit être comprise entre 50 % et 75 % de la tension de tenue aux chocs assignée.

La valeur de crête et la forme de la tension de choc doivent être enregistrées.

Une variation de la forme d'onde aux deux tensions, tension de référence et tension de tenue assignée, peut montrer un défaut d'isolation causé par l'essai.

L'absence de défaillance doit être vérifiée pendant l'essai individuel final par la mesure de la capacité de l'unité ou des unités à une tension comprise entre 0,9 et 1,1 fois la tension assignée avant et après l'essai (voir 8.3).

NOTE Les connexions de terre peuvent être faite par des dispositifs d'enregistrement de courant appropriés.

10.1.2 Essai de décharge pour condensateur à courant continu de couplage ou de filtrage

10.1.2.1 Généralités

L'essai peut être effectué soit sur un empilage de condensateurs, soit sur une unité. Une tension doit être appliquée entre les bornes de ligne et de terre d'un empilage ou entre les bornes d'une unité afin de charger le condensateur à une tension égale à la tension d'essai aux chocs de foudre. Le condensateur doit ensuite être déchargé au travers d'un éclateur à tige placé de façon à obtenir fréquence de décharge la plus élevée. La tension de charge peut être positive ou négative.

L'essai doit être effectué deux fois en 5 min.

NOTE 1 Le but de cet essai est de contrôler les connexions internes du condensateur.

NOTE 2 Le condensateur peut être chargé soit par un générateur à courant continu, soit par un générateur de chocs, le choix étant laissé au fabricant.

10.1.2.2 Essai de choc coupé pour un matériel à courant alternatif et diviseurs à courant continu

L'essai doit être effectué sur un matériel complet uniquement avec une polarité négative et combiné à l'essai de choc de foudre de polarité négative de la manière décrite ci-dessous.

La tension doit être un choc de foudre normal comme défini dans la CEI 60060-1, coupé après que la valeur de crête a été atteinte entre 2 μ s et 8 μ s. Le circuit de coupure doit être disposé de telle sorte que l'inversion de polarité du choc enregistré doive être limitée à 30 % de la valeur de crête. Le choc de foudre doit être coupé avec un intervalle approprié.

NOTE 1 Si la durée du front est plus grande (voir 10.1.3), il convient que la durée coupée soit ajustée en conséquence (après la valeur de crête).

10.1.3 Essai aux chocs de foudre

La forme d'onde des chocs appliqués doit être conforme à la CEI 60060-1, mais la durée de front peut être portée à 8 μ s au maximum (pour des valeurs de capacité élevées), en raison des limitations du matériel d'essai.

La tension d'essai est indiquée dans le Tableau 3 en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel et le niveau d'isolation spécifié.

a) Gamme I: $U_m < 300$ kV

L'essai doit être effectué avec les deux polarités, négative et positive. Quinze chocs consécutifs doivent être appliqués pour chaque polarité, sans apporter la correction des conditions atmosphériques.

Le matériel passe l'essai si pour chaque polarité:

- en l'absence de décharge disruptive dans l'isolation interne non auto-régénératrice,
- en l'absence de contournement à la surface de l'isolation externe non auto-régénératrice,
- il n'y a pas plus de deux contournements dans l'isolation externe auto-régénératrice,
- aucun autre défaut d'isolation n'est détecté (par exemple, des variations de la forme d'onde des quantités enregistrées pour le même niveau de tension).

NOTE L'application de 15 chocs positifs et 15 chocs négatifs est spécifiée pour l'essai de l'isolation interne et externe. Si d'autres essais font l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur pour vérifier l'isolation externe (voir 10.2.1), le nombre de chocs de foudre peut être réduit à trois pour chaque polarité, sans apporter de correction des conditions atmosphériques.

b) Gamme II: $U_m \geq 300$ kV

L'essai doit être effectué avec les deux polarités, négative et positive. Trois chocs consécutifs doivent être appliqués pour chaque polarité, sans apporter la correction des conditions atmosphériques.

Le matériel passe l'essai avec succès si:

- en l'absence de décharge disruptive et de claquage externe,
- aucun autre défaut d'isolation n'est détecté (par exemple, des variations de la forme d'onde des quantités enregistrées, en tenant compte des remarques pour la gamme I).

10.2 Essai pour le matériel utilisé à l'extérieur en condition humide

La procédure de mouillage doit être conforme à la CEI 60060-1.

10.2.1 Essai de tension de tenue alternative et continue sous pluie sur un matériel**10.2.1.1 Essai de tension alternative sous pluie sur un matériel à courant alternatif de la gamme I ($U_m < 300$ kV)**

Pour une application en courant alternatif, l'essai doit être effectué pendant 1 min sur un matériel complet avec une valeur de tension de tenue assignée de courte durée donnée dans le Tableau 3 en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel et en appliquant les corrections pour les conditions atmosphériques.

10.2.1.2 Essai de tension continue sous pluie sur un matériel à courant continu

Pour une application en courant continu, l'essai est effectué pendant 1 h à la tension spécifiée sous 6.1.

10.2.2 Essai de tenue aux chocs de manœuvre en condition humide sur un matériel de la gamme II (tension alternative: $U_m \geq 300$ kV, tension continue: $U_{SIL} \geq 750$ kV (crête))

L'essai doit être effectué sur un matériel complet, conformément à 10.1.1, seulement avec une tension de choc de manœuvre positive dont la valeur appropriée est indiquée dans le Tableau 3, en fonction de la tension la plus élevée pour le matériel et le niveau d'isolement assigné.

Quinze chocs consécutifs doivent être appliqués, sans apporter la correction des conditions atmosphériques. Un matériel prévu pour l'extérieur doit être soumis à l'essai sous pluie. Un essai à sec n'est pas nécessaire.

Le matériel passe l'essai avec succès si:

- en l'absence de décharge disruptive dans l'isolation interne non auto-régénératrice,
- en l'absence de contournement à la surface de l'isolation externe non auto-régénératrice,
- il n'y a pas plus de deux contournements dans l'isolation externe auto-régénératrice,
- aucun autre défaut d'isolation n'est détecté (par exemple, des variations de la forme d'onde des quantités enregistrées pour le même niveau de tension).

NOTE Il convient que les dispositions et les connexions d'essai soient conformes à 10.1.1.

10.3 Essai de tension de perturbation radioélectrique

Le matériel, doit être sec et propre et à une température approximativement égale à celle de la salle de laboratoire dans laquelle l'essai est fait.

L'essai doit être conforme à l'Annexe C.

L'essai doit être effectué dans les conditions atmosphériques suivantes (voir CISPR 18-2):

- température comprise entre 10 °C et 30 °C;
- pression comprise entre $0,870 \times 10^5$ Pa et $1,070 \times 10^5$ Pa;
- humidité relative comprise entre 45 % et 75 %.

NOTE 1 Après accord entre l'acheteur et le fabricant, les essais peuvent être effectués dans d'autres conditions atmosphériques.

NOTE 2 Aucun facteur de correction pour des conditions atmosphériques selon la CEI 60060-1 n'est applicable aux essais de perturbations radioélectriques.

Une tension de précontrainte de $1,5 U_m / \sqrt{3}$ doit être appliquée et maintenue pendant 30 s.

La tension doit ensuite être baissée à $1,1 U_m / \sqrt{3}$ en environ 10 s et maintenue à cette valeur pendant 30 s avant de mesurer la tension de perturbation radioélectrique.

On doit considérer que le matériel a passé l'essai avec succès si le niveau de perturbation radioélectrique à $1,1 U_m / \sqrt{3}$ ne dépasse pas la limite prescrite en 6.3.

NOTE 3 Après accord entre le fabricant et l'acheteur, l'essai tension de perturbation radioélectrique (RIV), tel qu'il est décrit ci-dessus, peut être remplacé par une mesure de décharge partielle appliquant les tensions de précontrainte et d'essai spécifiées ci-dessus. Il est recommandé que les précautions prises pendant la mesure de décharge partielle effectuée conformément au paragraphe 9.2.3 pour éviter les décharges externes (c'est-à-dire un blindage) ne soient pas appliquées. Dans ce cas, le circuit d'essai équilibré n'est pas approprié.

Pour des applications en courant continu, l'essai sera effectué avec une tension alternative 50/60 Hz. La tension d'essai est définie par $1,1 U_r / \sqrt{2}$. La tension de précontrainte doit être $1,5 U_r / \sqrt{2}$.

10.4 Essai d'inversion de polarité pour matériel à courant continu

L'essai peut être effectué soit sur un empilage de matériels, soit sur une unité. Une tension continue de $1,1 U_R$ doit être appliquée pendant 90 min. La tension doit ensuite être inversée dans un délai de 1 min à la même valeur mais avec une polarité opposée. Après 90 min, une nouvelle inversion doit être effectuée et la tension est maintenue pendant 45 min.

NOTE 1 Après accord entre le fabricant et l'acheteur, en raison des limitations du générateur de courant continu, la tension peut être inversée en moins de 2 min au maximum.

NOTE 2 Après accord entre le fabricant et l'acheteur, la durée 90/90/45 min peut être réduite à 60/60/30 minutes.

On doit vérifier, pendant l'essai individuel final, l'absence de défaillance par la mesure de la capacité et de la résistance de l'unité ou des unités.

11 Essais spéciaux – Essai de résistance mécanique

Les essais sont effectués pour montrer si le matériel est conforme aux exigences spécifiées en 6.4.

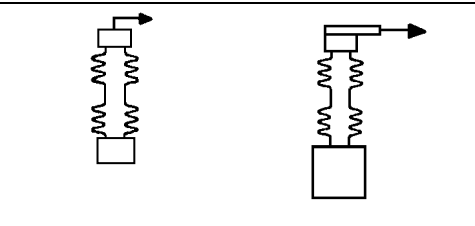
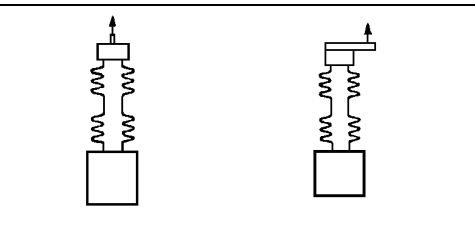
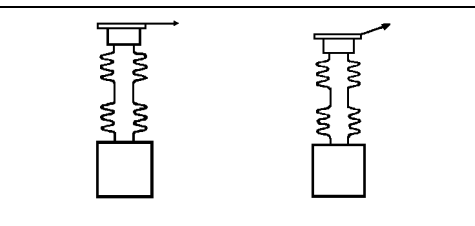
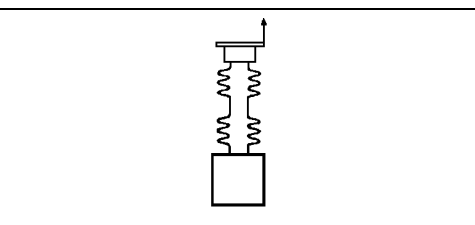
Le matériel doit être complètement assemblé et installé en position verticale avec le cadre solidement fixé.

Pour chacune des conditions indiquées dans le Tableau 9, les charges d'essai doivent être augmentées doucement en 30 s à 90 s jusqu'aux valeurs de charge d'essai conformément au Tableau 6. Quand la valeur est atteinte, elle doit être maintenue pendant au moins 60 s. Pendant cette période de temps, la flexion doit être mesurée. La charge d'essai est ensuite retirée doucement. La flexion résiduelle doit être enregistrée.

On doit considérer que le matériel a passé l'essai avec succès si on ne constate aucun dommage (déformation, rupture ou fuite).

Dans le cas d'un matériel doté d'un isolant composite, on doit effectuer un essai de tension (9.2.3) et une mesure de décharge partielle (9.2.4) après l'essai de résistance mécanique.

Tableau 9 – Modalités d'application des charges d'essai sur les bornes primaires de ligne

| Type d'équipement | Modalité d'application | |
|---|------------------------------|--|
| Avec borne de tension | Horizontale |  |
| | Verticale |  |
| Avec bornes de courant traversant | Horizontale sur chaque borne |  |
| | Verticale sur chaque borne |  |
| NOTE La charge d'essai est appliquée au centre de la borne. | | |

12 Marquage du matériel

12.1 Généralités

Si le matériel contient un matériau (par exemple de l'huile minérale ou synthétique) susceptible de polluer l'environnement ou de présenter un risque d'une autre nature, le matériel doit porter une étiquette conforme aux lois correspondantes du pays de l'utilisateur; ce dernier étant responsable de fournir au fabricant les informations relatives à ces lois.

12.2 Marquage de la plage signalétique

Tableau 10 – Marquage de la plage signalétique

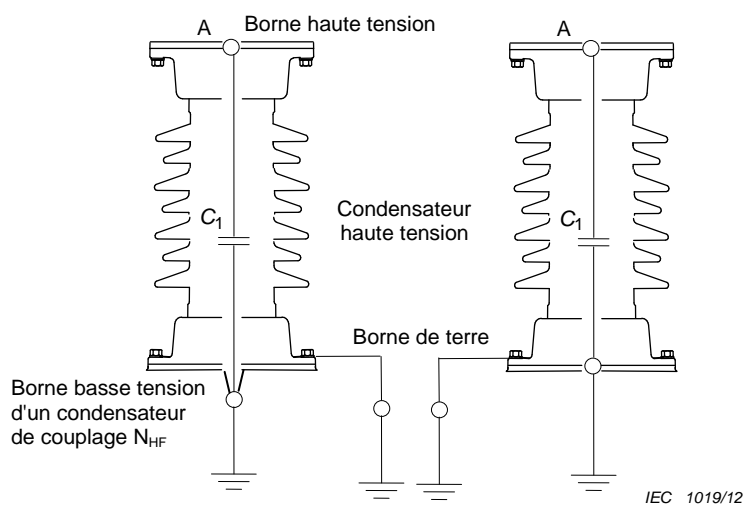
| N° | Caractéristiques assignées | Abréviation | Article/ paragraphe | Equipement | Unité | Remarque |
|----|--|---------------------|------------------------|---------------|-------|----------|
| 1 | Nom du fabricant ou abréviation | | | x | x | |
| 2 | Modèle et désignation ¹ | | | x | | |
| 3 | Année de fabrication | | | x | | |
| 4 | Numéro de série | | | x | x | |
| 5 | Tension la plus élevée pour le matériel | U_m [kV] | 6 / 6.1 | x | | |
| 6 | Niveau d'isolation assigné basé sur U_m SIL /BIL /AC par exemple. Gamme I: AC/BIL Gamme II: AC/SIL/BIL | | 6 / 6.1 | x | | |
| 7 | Fréquence assignée | f_R [Hz] | 3.1.3 | x | | |
| 8 | Capacité assignée | C_N [pF] | 3.2.6 | x | | |
| 9 | Nombre d'unités du matériel | | 3.2.3 | x | | |
| 10 | Numéro de série des unités de condensateur | | | Si nécessaire | | |
| 11 | Catégories de température ambiante | | 4.1.1 4.2.2 | x | | |
| 12 | Huile isolante (huile minérale ou synthétique) | Type Masse [kg] | 12.1 | x | | |
| 13 | Edition de la norme (année) | CEI 60358 (200.) | - | | | |

¹ Désignation possible: condensateur ou diviseur de tension.

Annexe A (informative)

Schéma type d'un matériel

La Figure A.1 donne un exemple de schéma pour un condensateur de couplage.



**Figure A.1 – Exemple de schéma pour un condensateur de couplage
(avec et sans borne basse tension)**

NOTE Pour une borne basse tension, N_{HF} est une désignation utilisée pour les CPL. En l'absence de CPL, la désignation sera N.

Annexe B (informative)

Circuit d'essai de décharges partielles et instruments

Le circuit d'essai et les instruments utilisés doivent être conformes à la CEI 60270. Des exemples de circuits d'essai sont représentés dans les Figures B.1 à B.4.

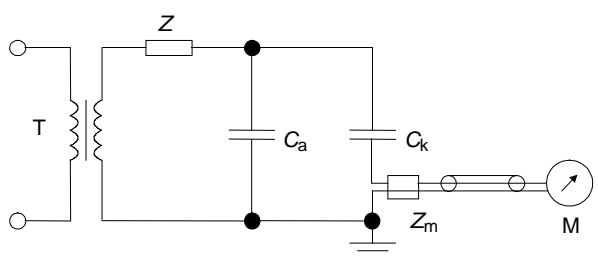
L'instrument utilisé doit mesurer la charge apparente q exprimée en picocoulomb (pC). Son étalonnage doit être effectué dans le circuit d'essai (voir l'exemple de la Figure B.4).

La sensibilité et le niveau de bruit doit permettre de détecter un niveau de décharge partielle de 5 pC pour prouver la conformité au Tableau 4.

NOTE 1 Les impulsions connues pour être provoquées par des perturbations externes peuvent être négligées.

NOTE 2 Pour la suppression du bruit externe, le circuit d'essai équilibré est approprié (Figure B3)

NOTE 3 Quand on utilise le traitement des signaux électroniques et le rétablissement pour réduire le bruit de fond, il y a lieu de démontrer ceci en faisant varier les paramètres de sorte que les impulsions répétées soient détectées.



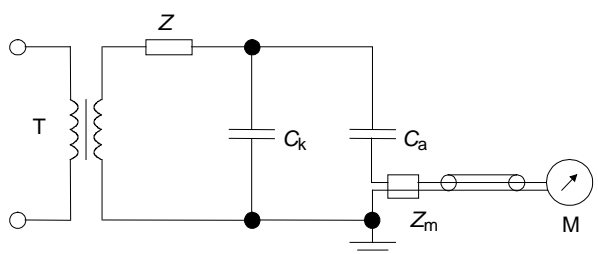
IEC 313/04

Composants

| | | | |
|-------|---------------------------------------|-------|---|
| T | Transformateur d'essai | M | Instrument de mesure des décharges partielles |
| C_a | Matériel à soumettre à l'essai | Z_m | Impédance de mesure |
| C_k | Condensateur de couplage de référence | Z | Filtre |

NOTE Le filtre n'est pas présent si C_k est la capacité de l'objet d'essai.

Figure B.1 – Circuit d'essai

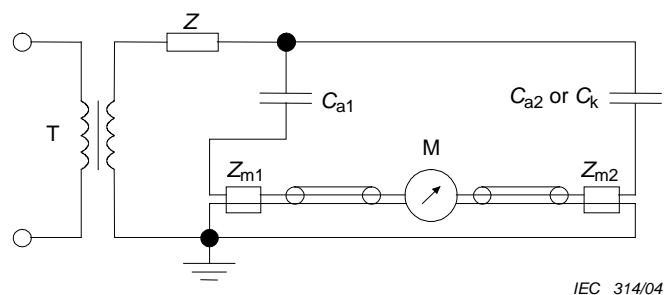


IEC 312/04

Composants

| | | | |
|-------|--------------------------------|-------|---|
| T | Transformateur d'essai | Z_m | Impédance de mesure |
| C_a | Matériel à soumettre à l'essai | Z | Filtre |
| C_k | condensateur de couplage | M | Instrument de mesure des décharges partielles |

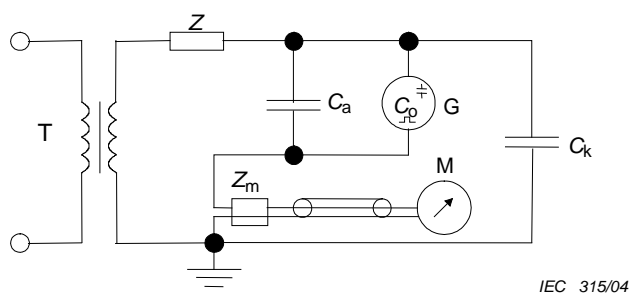
Figure B.2 – Circuit alternatif

**Composants**

| | | | |
|----------|--|-------|---|
| T | Transformateur d'essai | M | Instrument de mesure des décharges partielles |
| C_{a1} | Matériel soumis à l'essai | Z_m | Impédance de mesure |
| C_{a2} | Objet auxiliaire ou C_k (Condensateur de couplage) | Z | Filtre |

NOTE Les objets C_{a2} ou C_k dans la deuxième branche du pont doivent avoir une impédance similaire à celle du condensateur C_{a1} . C_{a2} peut être un autre condensateur de capacité similaire.

Figure B.3 – Exemple de circuit d'essai équilibré

**Composants**

| | | | |
|----------|--|-------|---|
| T | Transformateur d'essai | M | Instrument de mesure des décharges partielles |
| C_{a1} | Matériel soumis à l'essai | Z_m | Impédance de mesure |
| C_{a2} | Objet auxiliaire ou C_k (Condensateur de couplage) | Z | Filtre |
| G | Générateur d'impulsions avec une capacité C_0 | | |

Figure B.4 – Exemple de circuit d'étalonnage

Annexe C (normative)

Tension de perturbation radioélectrique – Circuit de mesure

Le circuit de mesure (voir Figure C1) doit être conforme à la CISPR 18-2. Le circuit de mesure doit de préférence être accordé sur une fréquence dans la gamme de 0,5 MHz à 2 MHz, la fréquence de mesure étant enregistrée. Les résultats doivent être exprimés en microvolts.

L'impédance entre le conducteur d'essai et la terre ($Z_S + (R_1 + R_2)$ à la Figure C.1) doit être $300 \Omega \pm 40 \Omega$ avec un angle de phase ne dépassant pas 20° à la fréquence de mesure.

Un condensateur, C_S , peut également être utilisé à la place du filtre Z_S et une capacité de 1 000 pF est généralement appropriée.

NOTE 1 Un condensateur conçu spécialement peut être nécessaire pour éviter une fréquence de résonance trop faible.

Le filtre Z doit avoir une impédance élevée à la fréquence de mesure afin de découpler la source à la fréquence industrielle du circuit de mesure. La valeur appropriée pour cette impédance va de 10 000 Ω à 20 000 Ω à la fréquence de mesure.

Le niveau de fond des perturbations radioélectriques (perturbations radioélectriques causées par un champ externe et par le transformateur haute tension) doit être au minimum 6 dB (de préférence 10 dB) au-dessous du niveau de perturbation radioélectrique spécifié.

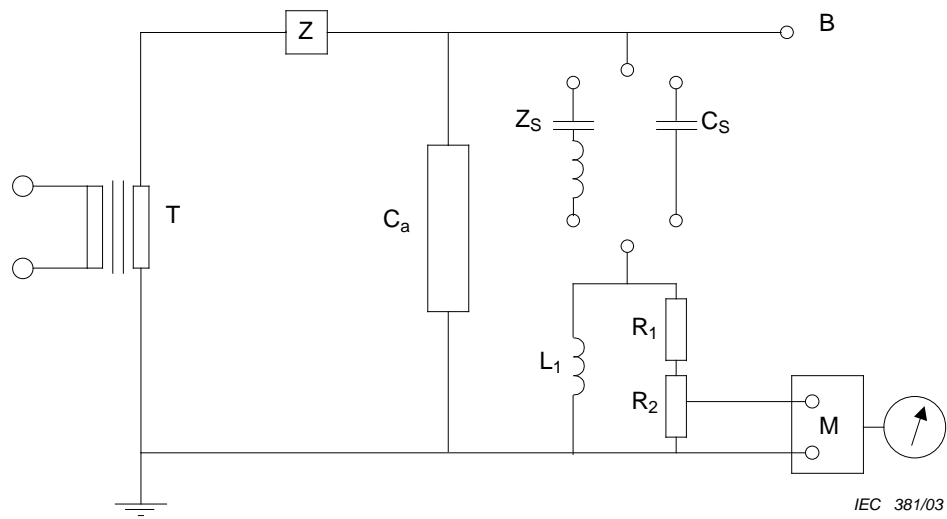
NOTE 2 Il convient de prendre des précautions pour éviter les perturbations causées par les objets situés au voisinage de l'objet d'essai et aux circuits d'essai et de mesure.

Des méthodes d'étalonnage pour les instruments de mesure et pour le circuit de mesure sont données dans la CISPR 18-2.

NOTE 3 Après accord entre le fabricant et l'acheteur, l'essai tension de perturbation radioélectrique (RIV), tel qu'il est décrit ci-dessus, peut être remplacé par une mesure de décharge partielle appliquant les tensions de précontrainte et d'essai spécifiées ci-dessus.

Il convient que les précautions prises pendant la mesure de décharge partielle effectuée conformément au paragraphe 9.2 pour éviter les décharges externes (c'est-à-dire un blindage) ne soient pas appliquées. Dans ce cas, le circuit d'essai équilibré n'est pas approprié.

Bien qu'il n'existe pas de conversion directe entre les microvolts des tensions de perturbation radioélectrique et les picocoulombs des décharges partielles, on considère que le matériel a réussi l'essai si à $1,1 U_m / \sqrt{3}$ le niveau de décharge partielle ne dépasse pas 300 pC.



T Transformateur d'essai

C_a Objet d'essai

Z Filtre

B Terminaison sans effet de couronne

M Ensemble de mesure

$Z_S + R_1 + R_2 = 300 \Omega$

Z_S, C_S, L_1, R_1, R_2 voir CISPR 18-2

Figure C.1 – Circuit de mesure

Bibliographie

CEI 60060-2, *Techniques des essais à haute tension – Partie 2: Systèmes de mesure*

CEI 60085, *Isolation électrique – Evaluation et désignation thermiques*

CEI 60358-1⁶, *Coupling capacitors and capacitor dividers – Part 1: Common clauses* (disponible uniquement en anglais)

CEI 60358-27, *Coupling capacitors and capacitor dividers – Part 2: AC or DC single-phase coupling capacitor connected between line and ground for power line carrier-frequency (PLC) application* (disponible uniquement en anglais)

CEI 60358-38, *Coupling capacitors and capacitor dividers – Part 3: AC or DC coupling capacitor for harmonic-filters applications* (disponible uniquement en anglais)

CEI 60422, *Huiles minérales isolantes dans les matériels électriques – Lignes directrices pour la maintenance et la surveillance*

CEI 61869-5, *Instrument transformers – Part 5: Additional requirements for capacitive voltage transformers* (disponible uniquement en anglais)

CEI 62155, *Isolateurs creux avec ou sans pression interne, en matière céramique ou en verre, pour utilisation dans des appareillages prévus pour des tensions nominales supérieures à 1 000 V*

CEI/TR 62271-300, *Appareillage à haute tension – Partie 300: Qualification sismique des disjoncteurs à courant alternatif*

CISPR 16-1, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Appareils de mesure*

6 A publier.

7 A publier.

8 A l'étude.

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