

# CONSOLIDATED VERSION

# VERSION CONSOLIDÉE



---

**Grading capacitors for high-voltage alternating current circuit-breakers –  
Part 1: General**

**Condensateurs de répartition pour disjoncteurs à courant alternatif haute  
tension –  
Partie 1: Généralités**



**THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED**  
**Copyright © 2016 IEC, Geneva, Switzerland**

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

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

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

Tel.: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)

#### **About the IEC**

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

#### **About IEC publications**

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

#### **IEC Catalogue - [webstore.iec.ch/catalogue](http://webstore.iec.ch/catalogue)**

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

#### **IEC publications search - [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)**

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

#### **IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)**

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

#### **Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)**

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

#### **IEC Glossary - [std.iec.ch/glossary](http://std.iec.ch/glossary)**

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

#### **IEC Customer Service Centre - [webstore.iec.ch/csc](http://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](mailto:csc@iec.ch).

---

#### **A propos de l'IEC**

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

#### **A propos des publications IEC**

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

#### **Catalogue IEC - [webstore.iec.ch/catalogue](http://webstore.iec.ch/catalogue)**

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

#### **Recherche de publications IEC - [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)**

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

#### **IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)**

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

#### **Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)**

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

#### **Glossaire IEC - [std.iec.ch/glossary](http://std.iec.ch/glossary)**

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

#### **Service Clients - [webstore.iec.ch/csc](http://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](mailto:csc@iec.ch).

# CONSOLIDATED VERSION

# VERSION CONSOLIDÉE



---

**Grading capacitors for high-voltage alternating current circuit-breakers –  
Part 1: General**

**Condensateurs de répartition pour disjoncteurs à courant alternatif haute  
tension –  
Partie 1: Généralités**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

---

ICS 31.060.01; 31.060.70

ISBN 978-2-8322-3485-3

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



# REDLINE VERSION

# VERSION REDLINE



---

**Grading capacitors for high-voltage alternating current circuit-breakers –  
Part 1: General**

**Condensateurs de répartition pour disjoncteurs à courant alternatif haute  
tension –  
Partie 1: Généralités**

## CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope .....	7
2 Normative references .....	7
3 Terms and definitions .....	8
4 Abbreviations .....	13
5 Normal and special service conditions.....	14
5.1 General.....	14
5.2 Normal service conditions .....	14
5.2.1 Ambient temperature.....	14
5.2.2 Mechanical stress and vibrations.....	14
5.2.3 Additional service conditions for indoor and completely immersed grading capacitor .....	14
5.3 Special service conditions.....	15
5.3.1 General .....	15
5.3.2 Earthquakes .....	15
6 Ratings .....	15
6.1 Rated voltage ( $U_{CR}$ ).....	15
6.2 Rated insulation level .....	15
6.3 Rated frequency ( $f_r$ ).....	16
7 Design and construction .....	16
7.1 Capacitance tolerances .....	16
7.2 Capacitor loss requirements.....	16
7.3 Angle of mounting.....	17
7.4 Minimum withstand value of mechanical bending load .....	17
7.4.1 Capacitors mounted on air insulated circuit -breaker .....	17
7.4.2 Immersed capacitors .....	17
7.5 Requirements for impregnation medium in capacitor.....	17
7.6 Protection against corrosion.....	17
7.7 Nameplates .....	18
7.8 Creepage distances for outdoor insulators.....	18
7.9 Tightness .....	18
7.9.1 Liquid tightness.....	18
7.9.2 Gas tightness for grading capacitors immersed in gas.....	18
8 Type tests .....	18
8.1 Information for identification of specimens.....	18
8.2 Information to be included in type-test reports .....	19
8.3 Test conditions .....	19
8.4 Dielectric tests.....	20
8.4.1 General .....	20
8.4.2 Capacitance measurement at power frequency .....	20
8.4.3 Measurement of the tangent of the loss angle ( $\tan\delta$ ).....	21
8.4.4 Partial discharge test .....	21
8.4.5 Switching impulse voltage test.....	22
8.4.6 Lightning and chopped impulse voltage test.....	22
8.4.7 Power frequency voltage test. ....	23

8.5	Voltage test at low and high temperature.....	23
8.6	Radio interference voltage (RIV) test.....	24
8.7	Resonance frequency measurements.....	24
8.8	Mechanical bending test.....	24
8.9	Tightness test at different temperatures.....	24
8.10	Tightness test to check gas ingress from a pressurised environment.....	25
8.11	Vibration test.....	25
9	Routine tests.....	26
9.1	General.....	26
9.2	Test conditions.....	27
9.3	Capacitance and loss angle measurement at power frequency.....	27
9.4	Power frequency voltage test.....	27
9.5	Partial discharge test.....	27
9.6	Tightness test.....	27
9.6.1	General.....	27
9.6.2	Oil impregnated capacitor.....	27
9.6.3	Tightness test for gas filled grading capacitors.....	28
9.7	Visual inspection and dimensional check.....	28
10	Recommendations for transport, storage, erection, operation and maintenance.....	28
10.1	General.....	28
10.2	Conditions during transport, storage and installation.....	29
10.3	Installation.....	29
10.4	Unpacking and lifting.....	29
10.5	Assembly.....	29
10.5.1	Mounting.....	29
10.5.2	Connections to metal parts.....	29
10.5.3	Final installation inspection.....	30
10.6	Operation.....	30
10.7	Maintenance.....	30
10.7.1	General.....	30
10.7.2	Recommendation for the installation and maintenance.....	30
<del>10.7.3</del>	<del>Recommendations for the user.....</del>	<del>30</del>
<del>10.7.4</del>	<del>Failure report.....</del>	<del>30</del>
11	Safety.....	32
11.1	General.....	32
11.2	Precautions by manufacturers.....	32
11.3	Precautions by users.....	32
11.4	National regulations.....	33
12	Environmental aspects.....	33
Annex A (informative) Corrosion: Information regarding service conditions and recommended test requirements.....		34
Annex B (informative) Resonance frequency measurements.....		35
Bibliography.....		36

Figure 1 – Dielectric type tests .....20

Figure 2 – Dielectric routine test.....26

Figure B.1 – Example of resonance frequency measurement recording (see 8.7) .....35

Table 1 – Partial discharge test voltages and permissible levels .....22



INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

---

**GRADING CAPACITORS FOR HIGH-VOLTAGE  
ALTERNATING CURRENT CIRCUIT-BREAKERS –**

**Part 1: General**

**FOREWORD**

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

**DISCLAIMER**

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

**This Consolidated version of IEC 62146-1 bears the edition number 1.1. It consists of the first edition (2013-09) [documents 33/535/FDIS and 33/541/RVD] and its amendment 1 (2016-06) [documents 33/583/FDIS and 33/586/RVD]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.**

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

International Standard IEC 62146-1 has been prepared by IEC technical committee 33: Power capacitors and their applications.

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

A list of all parts in the IEC 62146 series, published under the general title *Grading capacitors for high-voltage alternating current circuit-breakers*, can be found on the IEC website.

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

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

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

# GRADING CAPACITORS FOR HIGH-VOLTAGE ALTERNATING CURRENT CIRCUIT-BREAKERS –

## Part 1: General

### 1 Scope

This part of the IEC 62146 series is applicable to grading capacitors used on circuit-breakers. Their function is to control the voltage distribution across the individual interrupter units of a multi-break circuit-breaker.

Grading capacitors can also be used in parallel to the interrupter unit on single break circuit-breakers to modify the Transient Recovery Voltage (TRV).

The grading capacitor is a sub-component for the circuit-breaker and shall be specified in accordance with the circuit-breaker specifications.

This standard applies to grading capacitors falling into one or both of the following categories for:

- mounting on air-insulated circuit-breakers;
- mounting on enclosed circuit-breakers (for example immersed in SF<sub>6</sub>, in oil, etc.).

The testing for each of the above applications is in some cases different.

The object of this standard is:

- to define uniform rules regarding performances, testing and rating;
- to define specific safety rules;
- to provide a guidance for installation and operation.

**NOTE** CIGRE Technical Brochure 368 [2] presents a study about the operating environment of voltage grading capacitors applied to high-voltage circuit-breakers.

**This standard does not apply to phase-to-earth capacitors installed on the circuit-breaker to modify the Transient Recovery Voltage.**

### 2 Normative references

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

IEC 60050 (all parts), *International electrotechnical vocabulary* (available at <http://www.electropedia.org>)

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

IEC 60068-2-17:1994, *Official version in Russian – Basic environmental testing procedures – Part 2-17: Tests – Test Q: Sealing*

- IEC 60071-1:2006, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*
- IEC 60270:2000, *High-voltage test techniques – Partial discharge measurements*
- IEC 60376:2005, *Specification of technical grade sulfur hexafluoride (SF<sub>6</sub>) for use in electrical equipment*
- IEC 60507-1:1991, *Artificial pollution tests on high-voltage insulators to be used on a.c. systems*
- IEC 60567:2011, *Oil-filled electrical equipment – Sampling of gases and analysis of free and dissolved gases – Guidance*
- IEC 60721-1:2002, *Classification of environmental conditions – Part 1: Environmental parameters and their severities*
- IEC 60815 (all parts), *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions*
- IEC 61462:2007, *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*
- IEC 62155:2003, *Hollow pressurized and unpressurized ceramic and glass insulators for use in electrical equipment with rated voltages greater than 1 000 V*
- IEC 62271-1:2007, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 1: Common specifications*
- IEC 62271-100:2008, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 100: Alternating current circuit-breakers*
- IEC 62271-203:2003, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 203: Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV*
- IEC 62271-300:2006, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 300: Seismic qualification of alternating current circuit-breakers*
- IEC Guide 109, *Environmental aspects – Inclusion in electrotechnical product standards*
- CISPR 18-2:1986, *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.

#### **3.1**

##### **arcing distance**

shortest distance in the air external to the insulator between the metallic parts which normally have the operating voltage between them

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-01]

### 3.2

#### **capacitor element**

device consisting essentially of two electrodes separated by a dielectric

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

### 3.3

#### **capacitor losses**

active power dissipated in the capacitor

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

### 3.4

#### **capacitor terminals**

terminals intended for electrical and mechanical connection to the terminals of the interrupter units of circuit-breakers

### 3.5

#### **capacitance tolerance**

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

Note 1 to entry: The actual capacitance should be measured at, or referred to, the temperature at which the rated capacitance is defined.

[SOURCE: IEC 60050-436:1990, 436-04-01, modified by addition of Note to entry]

### 3.6

#### **capacitor unit**

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

Note 1 to entry: A common type of unit for grading capacitors has a cylindrical housing of insulating material and metal end flanges which serve as terminals.

[SOURCE: IEC 60050-436:1990, 436-01-04, modified by addition of Note to entry]

### 3.7

#### **completely immersed capacitor**

capacitor, both ends of which are intended to be immersed in insulating media other than ambient air (e.g. oil or gas)

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-02-04, modified (definition originally referred to "bushing" instead of "capacitor")]

### 3.8

#### **creepage distance**

shortest distance along the surface of a solid insulating material between two conductive parts

Note 1 to entry: The surface of cement or any other non-insulating jointing material is not considered as forming part of the creepage distance.

Note 2 to entry: If high-resistance coating is applied to parts of the insulating part of an insulator, such parts are considered to be effective insulating surface and the distance over them is included in the creepage distance.

[SOURCE: IEC 60050-604:1987, 604-03-61, modified by addition of Notes to entry]

### 3.9

#### **dielectric of a capacitor**

insulating material between the electrodes of the capacitor element

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.

### 3.10

#### **external insulation**

distance in air and the surfaces in contact with open air of insulation of the grading capacitor which are subject to dielectric stresses

Note 1 to entry: They are also subject to the effects of the atmospheric and other external conditions such as pollution, humidity, ice, vermin, etc.

### 3.11

#### **failure**

termination of the ability of an item to perform a required function

Note 1 to entry: After failure the item has a fault.

Note 2 to entry: "Failure" is an event, as distinguished from "fault", which is a state.

Note 3 to entry: This concept as defined does not apply to items consisting of software only.

[SOURCE: IEC 60050-191:1990, 191-04-01]

### 3.12

#### **flashover**

electric breakdown between conductors in a gas or in a liquid or in a vacuum, at least partly along the surface of solid insulation

[SOURCE: IEC 60050-212:2012, 212-11-47]

### 3.13

#### **grading capacitor**

capacitor for installation on high-voltage circuit-breakers to control the voltage distribution across the individual interrupter unit

Note 1 to entry: The grading capacitors alone are accessories of the circuit-breaker

### 3.14

#### **indoor capacitor**

capacitor, both ends of which are intended to be in ambient air at atmospheric pressure but not exposed to outdoor atmospheric conditions

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-02-05, modified (definition originally referred to "bushing" instead of "capacitor")]

### 3.15

#### **insulating envelope**

insulator which is open from end to end, with or without sheds, including end fittings

Note 1 to entry: An insulating envelope can be made from one or more permanently assembled insulating elements.

Note 2 to entry: The insulating envelope may be in ceramic, glass or analogous inorganic material, cast or moulded resin, composite insulating material, in one piece or more pieces permanently assembled.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-08, modified (definition originally referred to a hollow insulator and Note 2 to entry has been added)]

### 3.16

#### **outdoor capacitor**

capacitor, both ends of which are intended to be in ambient air at atmospheric pressure, and exposed to outdoor atmospheric conditions

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-02-07, modified (definition originally referred to "bushing" instead of "capacitor")]

### 3.17

#### **internal insulation**

internal solid, liquid or gaseous parts of the insulation of the grading capacitor which are protected from the effects of atmospheric conditions

Note 1 to entry: The parts are also protected from other external conditions such as pollution, humidity, ice, vermin, etc.

### 3.18

#### **major failure (of a grading capacitor)**

failure of a grading capacitor which causes the cessation of its fundamental function.

Note 1 to entry: A major failure will result in a mandatory removal from service within 30 min for unscheduled maintenance.

### 3.19

#### **mechanical stress**

any mechanical stress applied to the insulating envelope and to the terminals of the grading capacitor

Note 1 to entry: It is a function of the following main forces:

- forces on the terminals due to the circuit-breaker connection;
- forces due to the wind and ice;
- seismic forces;
- forces due to the operating conditions, opening and closing, of the circuit- breaker;
- thermal forces due to the ambient medium conditions;
- forces due to the transportation of the circuit-breaker or grading capacitors.

### 3.20

#### **minor failure (of a grading capacitor)**

any failure of a grading capacitor which does not cause a major failure of the grading capacitor

### 3.21

#### **puncture**

disruptive discharge occurring through a solid insulation material, producing a path of permanent damage

Note 1 to entry: The term puncture is also used as a synonym for electrical breakdown in solids.

[SOURCE: IEC 60050-212:2010, 212-11-49]

### 3.22

#### **rated capacitance of a capacitor**

$C_r$

capacitance value for which the capacitor has been designed

**3.23****rated chopped lightning impulse withstand voltage**

required peak value of the chopped lightning impulse withstand voltage which characterises the insulation of a grading capacitor as regards the withstand tests

Note 1 to entry: The definitions and the standard parameters applicable to chopped impulses are specified in IEC 60060-1.

**3.24****rated frequency of a capacitor**

$f_r$   
frequency for which the capacitor has been designed

[SOURCE: IEC 60050-436:1990, 436-01-14, modified by addition of symbol]

**3.25****rated insulation level**

test voltages, under specified conditions, that the insulation is designed to withstand

Note 1 to entry: These test voltages can be for instance:

- a) rated chopped and lightning impulse and short duration power frequency withstand voltages for capacitors installed on circuit-breaker with rated voltage lower than 300 kV.
- b) rated switching, lightning, chopped impulse and short duration power frequency withstand voltages for capacitors installed on circuit-breaker with rated voltage equal to or greater than 300 kV.

Note 2 to entry: The rated insulation levels of the grading capacitor should be equal to or higher than the relevant requirements for the circuit-breaker interrupting unit.

[SOURCE: IEC 60050-421:1990, 421-09-02, modified Note to entry]

**3.26****rated lightning impulse withstand voltage**

required peak value of the lightning impulse withstand voltage which characterises the insulation of an equipment as regards the withstand tests

Note 1 to entry: The standard lightning impulse has a front time of 1,2  $\mu\text{s}$  and a time-to-half-value of 50  $\mu\text{s}$  as specified in IEC 60060-1.

**3.27****rated short duration power frequency withstand voltage**

required r.m.s. value of sinusoidal power frequency voltage that the equipment withstands during tests made under specified conditions and for a duration of 1 min unless otherwise specified

**3.28****rated switching impulse withstand voltage**

required peak value of the switching impulse withstand voltage which characterises the insulation of an equipment as regards the withstand tests

Note 1 to entry: The standard switching impulse has a time-to-crest of 250  $\mu\text{s}$  and a time-to-half-value of 2500  $\mu\text{s}$  as specified in IEC 60060-1.

**3.29****rated temperature category of a capacitor**

range of temperature of the ambient air or other medium in which the capacitor is immersed during the service life and for which it has been designed



**3.30**  
**rated voltage of a capacitor**

$U_{cr}$   
r.m.s. value of the alternating voltage assigned to the capacitor for identification and at which the capacitor is designed to operate continuously

**3.31**  
**rated voltage of circuit-breaker**

$U_r$   
indicates the upper limit of the highest voltage of systems for which the circuit-breaker is intended

Note 1 to entry: See IEC 62271-1.

Note 2 to entry:  $U_r$  used in IEC 62271 series corresponds to  $U_m$  presented in IEC 60071.

**3.32**  
**resonance frequency**

frequency for which the reactance of the intrinsic capacitance of the capacitor is equal to the reactance of the self-inductance of the capacitor

**3.33**  
**sample**  
device for testing

Note 1 to entry: Examples of such devices are a complete small capacitor, or the housing of a grading capacitor with metal end flanges filled with impregnating fluid.

**3.34**  
**tangent of the loss angle of a capacitor**  
 **$\tan \delta$**

ratio between the equivalent series resistance and the capacitive reactance of a capacitor at specified sinusoidal alternating voltage and frequency

[SOURCE: IEC 60050-436:1990, 436-04-11]

**3.35**  
**voltage grading factor of a circuit-breaker**  
**( $F_{VG}$ )**

value that defines the standard values of rated voltages for the grading capacitor.

Note 1 to entry: This factor is the ratio between the actual maximum power frequency voltage fraction across one interrupter unit of a multi-break circuit-breaker and the calculated linear power frequency voltage distribution per interrupting unit.

Note 2 to entry: It is dependent on the circuit-breaker design, of the capacitance value of the grading capacitor and its tolerance and of the safety margin.

## 4 Abbreviations

TRV	Transient Recovery Voltage
$C_r$	Rated capacitance of a capacitor
$f_r$	Rated frequency of a capacitor
$U_{cr}$	Rated voltage of a capacitor
$U_r$	Rated voltage of circuit-breaker
$\tan \delta$	Tangent of the loss angle of a capacitor
$F_{VG}$	Voltage grading factor of a circuit-breaker
$U_{CPF}$	Short-duration power frequency withstand voltage for the grading capacitor

$U_{PF}$	Short-duration power frequency withstand voltage across the open circuit-breaker
$U_{CLIWL}$	Rated lightning impulse withstand voltage for the grading capacitor
$U_{(LIWL + PF)}$	Combined lightning and frequency withstand voltage for the circuit-breaker
$U_{CSIWL}$	Rated switching impulse withstand voltage for the grading capacitor
$U_{(SIWL + PF)}$	Combined switching and frequency withstand voltage for the circuit-breaker
$U_{CCHOPPED}$	Chopped lightning impulse voltage for the grading capacitor
BIL	Bushings insulated level
SIL	Standard insulation level
RIV	Radio interference voltage

## 5 Normal and special service conditions

### 5.1 General

The grading capacitors are intended to be installed on circuit-breakers, for which the normal and special service conditions are described in IEC 62271-1.

Additional service conditions specific to the capacitors are given in 5.2.3.

### 5.2 Normal service conditions

#### 5.2.1 Ambient temperature

For outdoor application the normal service conditions of the grading capacitor are given in IEC 62271-1.

For an immersed capacitor, the temperature around the capacitor can be higher than the ambient air around the breaker. The preferred values of maximum surrounding temperature to be specified should be: 60 °C, 70 °C, 80 °C.

The internal operating temperature of the capacitor is higher than the maximum temperature around the capacitor and should be considered by the capacitor manufacturer.

#### 5.2.2 Mechanical stress and vibrations

Mechanical stress and vibrations due to:

- forces due to wind and ice are according to IEC 62271-1;
- forces on the terminals due to the circuit-breaker connection which value shall be defined by agreement between purchaser and capacitor manufacturer;
- forces due to the operations consequent to vibrations, such as opening and closing, of the circuit-breaker.

Vibrations due to earthquakes are not considered for normal service conditions.

#### 5.2.3 Additional service conditions for indoor and completely immersed grading capacitor

The completely immersed grading capacitors are subjected to the following other conditions:

- the influence of SF<sub>6</sub> pressure;
- the resistance of the capacitor materials against the decomposition products of SF<sub>6</sub>.

## 5.3 Special service conditions

### 5.3.1 General

The special service conditions are given in IEC 62271-1; if they are required, the purchaser will specify it to the capacitor manufacturer.

### 5.3.2 Earthquakes

For the earthquake stress the grading capacitors have to be considered as accessories of the circuit-breaker and in this way they have to satisfy the seismic qualification rules according to IEC 62271-300.

NOTE Assuming that the mechanical stresses on circuit-breakers due to seismic activity are covered by the relevant standards, the stressing of the grading capacitor is low in comparison to transport or operation stressing.

## 6 Ratings

### 6.1 Rated voltage ( $U_{cr}$ )

The rated voltage  $U_{cr}$  of a grading capacitor is based on the following equation:

$$U_{cr} = \frac{U_r \times F_{VG}}{n \times \sqrt{3}}$$

where

$U_r$  is the rated voltage of the circuit-breaker;

$n$  is the number of interrupter units per pole;

$F_{VG}$  is the voltage grading factor, standardized to 1,2.

NOTE 1 This value is 20 % higher than the linear voltage distribution and covers most of the common applications.

NOTE 2 In case of single break circuit-breaker the grading factor is not applicable, In some cases, a higher voltage grading factor may be necessary (for example due to low capacitance of grading capacitor and/or high stray capacitance of the circuit-breaker and/or more than 2 interrupter units).

### 6.2 Rated insulation level

The insulation level and the test voltage value shall be obtained by the criteria defined in the type and routine test clauses.

Guidance for the choice of the insulation level is given:

- in IEC 62271-1 for the grading capacitor of an air insulated circuit-breaker;
- in IEC 62271-1 for the grading capacitor of an immersed capacitor in a dead tank breaker;
- in IEC 62271-203 for the grading capacitor of an immersed capacitor in a gas insulated switchgear.

The grading factor  $F_{GV}$  has to be calculated for the circuit-breaker depending on its design.

The voltage stress for the capacitor shall be calculated with the following equation using the test voltage across the complete open circuit-breaker (see IEC 62271-1):

$$U_{CPF} = \frac{U_{PF} \times F_{VG}}{n}$$

$$U_{\text{CLIWL}} = \frac{U_{(\text{LIWL} + \text{PF})} \times F_{\text{VG}}}{n}$$

$$U_{\text{CSIWL}} = \frac{U_{(\text{SIWL} + \text{PF})} \times F_{\text{VG}}}{n}$$

$$U_{\text{CCHOPPED}} = 1,15 \times U_{\text{CLIWL}}$$

where

- $U_{\text{CPF}}$  is the short-duration power frequency withstand voltage for the grading capacitor;
- $U_{\text{PF}}$  is the short-duration power frequency withstand voltage across the open circuit-breaker;
- $U_{\text{CLIWL}}$  is the rated lightning impulse withstand voltage for the grading capacitor;
- $U_{(\text{LIWL} + \text{PF})}$  is the combined lightning and frequency withstand voltage for the circuit-breaker;
- $U_{\text{CSIWL}}$  is the rated switching impulse withstand voltage for the grading capacitor;
- $U_{(\text{SIWL} + \text{PF})}$  is the combined switching and frequency withstand voltage for the circuit-breaker
- $U_{\text{CCHOPPED}}$  is the chopped lightning impulse voltage for the grading capacitor.

The test value shall be the next higher voltage out of the list given below.

The following r.m.s values, according to IEC 60071-1, expressed in kV are standardised as short-duration power frequency withstand voltages:

115 – 140 – 185 – 230 – 275 – 325 – 360 – 395 – 460 – 510 – 570 – 630 – 680 – 710 – 790

The following peak values, according to IEC 60071-1, expressed in kV are standardised as rated lightning and switching impulse withstand voltages:

200 – 250 – 325 – 380 – 450 – 550 – 650 – 750 – 850 – 950 – 1 050 – 1 175 – 1 300 – 1 425  
1 550 – 1 675 – 1 800 – 1 950 – 2 100 – 2 250 – 2 400

### 6.3 Rated frequency ( $f_r$ )

Standard values are 50 and 60 Hz.

## 7 Design and construction

### 7.1 Capacitance tolerances

The measured capacitance shall not differ from the rated capacitance by more than  $\pm 5\%$  for capacitors for air insulated circuit-breakers and  $\pm 3\%$  for capacitor in enclosed circuit-breakers.

### 7.2 Capacitor loss requirements

The capacitor loss is usually expressed in term of  $\tan\delta$ .

NOTE 1 The capacitor loss is sometimes expressed as power factor ( $\sin\delta$ )

The requirements relating to capacitor losses at rated frequency should be agreed upon between capacitor manufacturer and purchaser.

NOTE 2 The purpose of the measurement of the losses is to check the uniformity of the production.

NOTE 3 The  $\tan\delta$  value is dependent on the insulation design and the voltage, the temperature and the measuring frequency.

### 7.3 Angle of mounting

The capacitors shall be designed to be installed in any direction: vertical, horizontal or oblique.

### 7.4 Minimum withstand value of mechanical bending load

#### 7.4.1 Capacitors mounted on air insulated circuit -breaker

The test bending moment  $M_c$  shall be calculated as follows:

~~$$M_c = \left(100 + \frac{m}{2}\right) \times g \times \frac{1}{0,7} \times l$$~~

$$M_c = \left(100 + \frac{m}{2}\right) \times g \times \frac{1}{0,7} \times l$$

where

$M_c$  is in Nm;

$l$  is the length of the capacitor in m;

$m$  is the ~~weight~~ mass of the capacitor in kg;

$g$  is the gravitational acceleration 9,81 m/s<sup>2</sup>.

NOTE The factor ~~of 0,7~~ ~~has been taken~~ comes from figure 1 of IEC 62155:2003, 8.3.1 (relation between type test and routine test value).

$M_c$  shall have a minimum value of 2 500 Nm.

#### 7.4.2 Immersed capacitors

The test bending moment  $M_c$  shall be calculated as follows:

$$M_c = \frac{m}{2} \times g \times \frac{1}{0,7} \times l$$

### 7.5 Requirements for impregnation medium in capacitor

The capacitor manufacturer shall specify the type of the impregnation medium (liquid or gas) used in the capacitor.

### 7.6 Protection against corrosion

Protection against corrosion shall be ensured by the use of suitable materials or by the application of suitable protective coatings to the exposed surfaces, taking into account the intended conditions of use in accordance with the service conditions stated in Clause 5 (reference is made to Annex A).

## 7.7 Nameplates

The capacitor shall be provided with nameplates which contain the following information:

- name or mark of the capacitor manufacturer;
- year of manufacture;
- capacitor manufacturer's type designation;
- serial number or equivalent;
- rated voltage of capacitor  $U_{cr}$ ;
- rated frequency of capacitor;
- rated capacitance  $C_r$  and its tolerances;
- power frequency test voltage  $U_{CPF}$ ;
- temperature range;
- quantity of oil or rated gas filling pressure;
- oil or gas designation;
- reference to IEC 62146-1.

## 7.8 Creepage distances for outdoor insulators

IEC 60815 gives general rules that assist in choosing insulators which should give satisfactory performance under polluted conditions.

## 7.9 Tightness

### 7.9.1 Liquid tightness

A grading capacitor is defined as a sealed pressure system (see 5.15.3 of IEC 62271-1:2007). This means that no liquid loss shall be detected during its specified lifetime.

### 7.9.2 Gas tightness for grading capacitors immersed in gas

Immersing in its most severe ambient conditions (maximum gas-pressure and -temperature), the maximum gas (for example SF<sub>6</sub>) content of the oil shall not exceed a level corresponding to a leakage rate of 10<sup>-6</sup> cm<sup>3</sup>/s at 100 kPa for 1 dm<sup>3</sup> oil.

## 8 Type tests

### 8.1 Information for identification of specimens

The manufacturer shall submit to the testing laboratory, drawings and other data containing sufficient information to unambiguously identify ~~by the type~~ ~~the~~ with essential details and parts of the capacitor presented for test, containing at least the following information:

- capacitance value with tolerance
- tanδ max permissible value at specified voltage
- rated voltage  $U_{cr}$
- temperature range
- rated insulation level (power frequency, BIL/SIL)
- partial discharge permissible value at specified voltage
- weight
- quantity of oil
- capacitance change in case of one capacitive element breakdown (short-circuit)

After completion of verification, the reference of the drawing/data shall be retained by the test laboratory. The detail drawings and other data should be returned to the manufacturer. The manufacturer shall maintain detailed design records of all component parts of the switchgear and controlgear tested and shall ensure that these may be identified from information included in the drawings and data schedules. The testing laboratory shall check that drawings and data schedules adequately represent the essential details and parts of the capacitor to be tested but shall not be responsible for the accuracy of the detailed information. The test specimen shall be clearly identified in the test report to guarantee the traceability (serial number, part number, product family, type number, reference to manufacturing reference).

NOTE An individual type test need not be repeated for a change of construction detail, if the manufacturer can demonstrate that this change does not influence the result of that individual type test.

## 8.2 Information to be included in type-test reports

The results of all type-tests shall be recorded in type-test reports containing sufficient data to prove compliance with the ratings and the test clauses of the relevant standards. Sufficient information shall be included so that the essential parts of the capacitor can be identified. In particular, the following information shall be included:

- manufacturer;
- type designation and serial number of capacitor tested;
- rated characteristics of capacitor tested as specified in the relevant IEC standard;
- general description (by manufacturer) of capacitor tested;
- photographs to illustrate the condition of capacitor before and after test;
- sufficient outline drawings and data schedules to represent the capacitor tested;
- reference numbers of all drawings including revision number submitted to identify the essential parts of the capacitor tested;
- IEC standard 62146-1 with year of publication;
- details of the testing arrangements (including diagram of test circuit);
- statements of the behaviour of the capacitor during tests, its condition after tests and any parts renewed or reconditioned during the tests;
- records of the test quantities during each test or test duty, as specified in the relevant IEC standard.

## 8.3 Test conditions

The order or possible combination of the type tests is at the discretion of the capacitor manufacturer, except the dielectric type test which has to be done according to Figure 1 .

The type tests can be carried out on different units; electrical type tests (Figure 1) have to be made on the same unit. The number of samples is one for each test.

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.

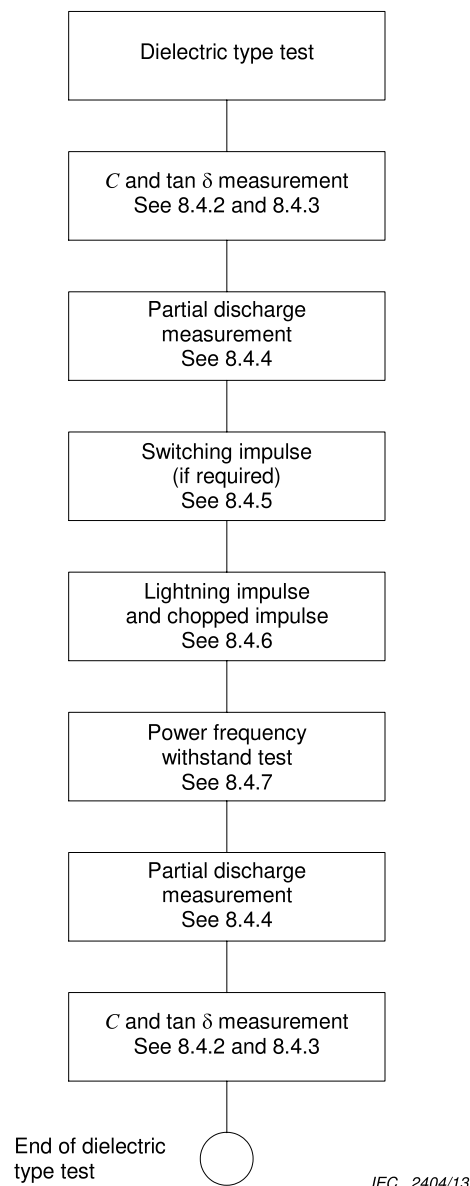
Unless otherwise specified the a.c. tests and measurements shall be carried out at a frequency between 0,8 and 1,2 times the rated frequency for capacitors with a rated

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.

## 8.4 Dielectric tests

### 8.4.1 General

The objective of the dielectric tests is to test the withstand **capability** of the internal part of the capacitor. It is assumed that the wet tests are performed with the grading capacitor mounted on the circuit-breaker as part of the circuit-breaker type tests. For that reason, the wet tests can be omitted for the grading capacitor alone.



**Figure 1 – Dielectric type tests**

### 8.4.2 Capacitance measurement at power frequency

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 given.



The **initial and final** capacitance measurement shall be carried out at a voltage between 1 and ~~at~~ 1,2 times the voltage  $U_{cr}$  **before and** after the voltage tests (see 8.4.7).

The acceptance criteria is that the change of capacitance before and after the test shall not be higher than the value “Capacitance change in case of one capacitive element breakdown (see Note 1)” specified on the data sheet of the capacitor.

NOTE 1 The capacitance change is the following according to the formula:

$$\Delta C < C \times \left( \frac{n}{n-1} - 1 \right)$$

where

$C$  is the 1<sup>st</sup> measured value

$n$  is the number of elements in series in the capacitor.

NOTE 2 If the dielectric system of the capacitor is such that the measured capacitance varies with the voltage, it is more meaningful to repeat the capacitance measurement after the voltage test at the same voltage as that previously used and then at the rated voltage.

NOTE 3 If the number of elements in series in the tested unit is large, it may be difficult to ascertain that 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 voltage tests;
- capacitance change caused by temperature difference of the capacitor before and after the tests. In this case, it should be proven by the capacitor manufacturer that no puncture had occurred. This can be done by, for example, comparing the capacitance variations of capacitors of the same type and/or by calculation of the capacitance change caused by the temperature increase during the test. In view of the uncertainty in the case where measurements are made on a stack, it may be preferable to carry out these measurements on each unit separately.

NOTE 3 Measurement of the capacitance may be made at a frequency outside the rated frequency range, provided an appropriate correction factor is agreed.

### 8.4.3 Measurement of the tangent of the loss angle ( $\tan\delta$ )

The capacitor losses ( $\tan\delta$ ) shall be measured at a voltage between 1 and 1,2 times the voltage  $U_{cr}$  after the voltage tests, using a method that excludes errors due to harmonics and to accessories in the measuring circuit. The measured value before and after the type test shall not be higher than the maximum value specified on the data sheet of the capacitor.

The accuracy of the measuring method shall be given.

NOTE 1 Since the  $\tan\delta$  value of certain types of dielectric is a function of the energisation time before the measurement, (see [1]<sup>1</sup>), the  $\tan\delta$  measurement at 10 kV will not give repeatable values.

NOTE 2 Measurement of the losses may be made at a frequency outside the rated frequency range, provided an appropriate correction factor is agreed upon.

### 8.4.4 Partial discharge test

After a pre-stressing performed according to procedure A or B, the partial discharge test voltage specified in Table 1 is applied and the corresponding partial discharge level shall be measured within 30 s.

The limits of partial discharge level are specified in Table 1.

Procedure A: The partial discharge test voltages are reached while decreasing the voltage after the power frequency withstand test (8.4.7), which covers the pre-stress voltage.

---

<sup>1</sup> Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

Procedure B: The partial discharge test is performed after the a.c. 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.

The preferred method is the procedure A; in case of limitation of the laboratory the procedure B can be applied. The test method used shall be indicated in the test report. The test circuit for the measurement of partial discharges shall be in accordance with 4.2 of IEC 60270:2000.

**Table 1 – Partial discharge test voltages and permissible levels**

	Pre-stress voltage	Measuring voltage	Permissible partial discharge level
			Apparent charge
Air insulated capacitor	80 % $U_{CPF}$ a.c. short-duration power-frequency test	$1,5 \times U_{cr}$	$\leq 5$ pC
Immersed capacitors		$1,5 \times U_{cr}$	$\leq 3$ pC
NOTE For capacitors having very large rated capacitance, a partial discharge test with the values specified above may be impossible to carry out because of the poor transmission factor and the power limitation of the test transformer. In such cases, the relevant values will be agreed upon between capacitor manufacturer and purchaser.			

#### 8.4.5 Switching impulse voltage test

The test shall be performed on all grading capacitors for installation on circuit-breaker having a rated voltage  $U_r \geq 300$  kV.

Fifteen switching impulses of each polarity, with a peak value  $U_{SIWL}$  according to 6.2, shall be applied between the terminals.

The waveform of the applied impulses shall be the standard wave 250/2 500  $\mu$ s in accordance with IEC 60060-1.

It is permissible, after changing polarity, to apply some impulses of reduced amplitude before the application of the test impulses.

The capacitor has passed the test if:

- not more than two external flashovers occur on either polarity,
- no internal breakdown has occurred, which shall be verified by means of records of the impulse voltage wave and by a measurement of the capacitance,  $\tan\delta$  and partial discharges of the units at the rated voltage before and after the test (see 8.4.2, 8.4.3 and 8.4.4).

Voltage records shall be made of each impulse.

NOTE1 Mounting of the capacitor on a metal pedestal influences the switching impulse withstand characteristics. It is therefore acceptable to perform the test with a pedestal mounting corresponding to the service conditions. Direct positioning on an earthed floor is the most severe case.

NOTE 2 The arrangement of the line connection can influence the flashover characteristics. It may therefore be necessary to perform the type test with a line connection corresponding to service conditions at the option of the capacitor manufacturer.

#### 8.4.6 Lightning and chopped impulse voltage test

The test is applicable to all types of capacitors.

The capacitor shall be subjected successively to:

- 15 lightning impulses of positive polarity; followed by
- 1 lightning impulse of negative polarity; followed by
- 3 chopped lightning impulses of negative polarity; and by
- 14 lightning impulses of negative polarity.

The lightning impulses ( $U_{\text{CLIWL}}$ ,  $U_{\text{CCHOPPED}}$ ) with a peak value according to 6.2, shall be applied between the terminals.

The waveform of the applied impulses shall be the standard wave 1,2/50  $\mu\text{s}$  in accordance with IEC 60060-1.

The chopped impulse shall be a standard lightning impulse, and the time to sparkover on the chopping device shall be between 2  $\mu\text{s}$  and 3  $\mu\text{s}$ .

No damping resistor is allowed during this test, the chopping circuit shall be as small as possible to limit the natural damping of the overswing in the opposite polarity so as to be as close as possible to normal service conditions. For an immersed grading capacitor, the chopping gap has to be mounted in parallel to the capacitor in its immersed environment.

It is permissible, after changing polarity, to apply some impulses of reduced amplitude before the application of the test impulses.

For the outdoor capacitors the chopping could be in air, for the immersed capacitors the chopping shall be in the immersing gas/liquid or in another equivalent gas/liquid.

The capacitor has passed the test if:

- not more than two external flashovers occur on either polarity,
- no internal breakdown has occurred, which shall be verified by means of records of the impulse voltage wave and by a measurement of the capacitance,  $\tan\delta$  and partial discharges of the units at the rated voltage before and after the test (see 8.4.2, 8.4.3 and 8.4.4).

Voltage records shall be made of each impulse.

#### **8.4.7 Power frequency voltage test.**

The test shall be performed on all grading capacitors. The value of the voltage  $U_{\text{PF}}$  shall be according to 6.2.

The power frequency voltage withstand test shall be carried out in accordance with IEC 60060-1. The voltage shall be maintained for 1 min.

The capacitor has passed the test if:

- no flashover occurs external to the grading capacitor,
- no internal breakdown occurs, which shall be verified by a measurement of the capacitance,  ~~$\tan\delta$~~   $\tan\delta$  and partial discharges of the units ~~at the rated voltage~~ before and after the test (see 8.4.2, 8.4.3 and 8.4.4).

The dielectric test is passed if each acceptance criteria for each test (8.4.2 to 8.4.7) are covered.

### 8.5 Voltage test at low and high temperature

The test can be carried out on a sample or a full size capacitor. The dielectric routine tests (see Figure 2) shall be carried out before the test.

An a.c. voltage of  $2U_{cr}$  shall be applied for 2 h between the terminals of the capacitors maintained at a temperature equal to the minimum value specified for the capacitor.

An a.c. voltage of  $2U_{cr}$  shall be applied for 2 h between the terminals in an atmosphere lightly ventilated and with a temperature of air approximately equal to the maximum value specified for the capacitor.

After these tests, the capacitor shall pass the dielectric routine tests (see Figure 2) at ambient temperature ~~according to Clause 9~~.

### 8.6 Radio interference voltage (RIV) test

The RIV is dependent on the geometry of the capacitor together with the geometry of the circuit-breaker.

It is assumed that the RIV test is performed with the grading capacitor mounted on the circuit-breaker as part of the circuit-breaker type tests. For that reason, the RIV tests can be omitted for the grading capacitor alone.

### 8.7 Resonance frequency measurements

The following methods can be applied:

- d.c. discharge according to Annex B;
- frequency response;
- capacitance measurement.

The resonance frequency shall be higher than 700 KHz.

### 8.8 Mechanical bending test

A test force  $F_C$  shall be applied to the top terminal of the capacitor perpendicular to its axis and in the two directions related to the fixing devices, with an angle of 90 ° between them, each for a duration of 1 min.

The value of the test force  $F_C$  is calculated from the bending moment  $M_C$  defined in 7.4.

**NOTE** In case of completely axis symmetrical construction, the bending test needs to be performed in one direction only.

The capacitor has successfully passed the test if there is no rupture and no evidence of leakage.

The method of detection shall be the one of IEC 60068-2-17:1994, Clause C.2.

For a gas filled grading capacitor the test could be carried out with the gas at atmospheric pressure, but the applied force  $F_C$  shall be increased of an equivalent value to the gas filling pressure calculated in accordance with IEC 62155:2003, Annex D.

Upon agreement between capacitor manufacturer and user an alternative to the above described method may be used to check the mechanical strength of the capacitor.

### **8.9 Tightness test at different temperatures**

The test is applicable to all types of liquid filled grading capacitors. The test may be performed on a complete capacitor or on a sample.

For a capacitor with internal pressurised bellows, the capacitor shall be assembled as for normal operation.

The capacitor with atmospheric pressure in service shall be filled at a minimum pressure of  $0,1 \text{ MPa} \pm 0,01 \text{ MPa}$  above the maximum internal operating pressure at  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

The capacitor has to be subjected to a temperature cycle between the maximum ambient temperature, according to the temperature category, increased by the self-heating of the capacitor at rated voltage and minimum ambient temperature, according to the temperature category with a minimum rate of  $10 \text{ }^\circ\text{C/h}$ . The maximum and minimum temperatures have to be maintained so that the temperature in the heart of the capacitor reaches these maximum and minimum temperatures during at least 2 h.

NOTE 1 The selfheating of the capacitor is calculated by the capacitor manufacturer.

NOTE 2 The time constant of a capacitor to reach a uniform temperature is in the range of 1 to 2 h.

The complete cycle shall be repeated ten times.

After the ten cycles, the sample shall pass the test in accordance with 9.6.

### **8.10 Tightness test to check gas ingress from a pressurised environment**

The test can be done with a complete capacitor or a sample.

The test is applicable only to all completely immersed grading capacitors, according to 3.7, hermetically sealed and with the service environment around them pressurised at a pressure higher than the internal capacitor pressure at the same temperature.

The capacitor is put in a gas-tight enclosure. The enclosure is filled up with the service insulation gas under the service pressure (for example  $0,5 \text{ MPa (abs)}$  at  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ), then the enclosure is heated up and maintained at the same temperature during 40 days at  $90 \text{ }^\circ\text{C}$ . After the 40 days, the temperature of the enclosure is reduced to ambient temperature and the pressure of the enclosure is reduced to  $0,2 \text{ MPa (abs)}$ . The samples shall be stored in the enclosure until the moment of the analysis of the oil.

The oil analysis shall be applied according to IEC 60567.

The capacitor has passed the test if:

- no visual leakages has occurred;
- no visual mechanical damage has occurred;
- the maximum gas content of the oil shall not exceed a level corresponding to a leakage rate of  $10^{-6} \text{ cm}^3/\text{s}$  at  $100 \text{ kPa}$  for  $1 \text{ dm}^3$  oil.

### **8.11 Vibration test**

The mechanical impulse test using a shaking table on a complete capacitor assembly shall be used. Impulses should be made in all three directions.

In case of completely axis symmetrical construction, the bending test needs to be performed in two directions only. Prior to the impulse tests, the lowest mechanical resonance frequency should be determined by performing a frequency sweep from  $8 \text{ Hz}$  to  $200 \text{ Hz}$ .

Half sine shocks should be applied with an amplitude of 10 g. The duration of the half sine shall be 5 to 15 ms. The number of impulses shall be 1 000 (500 positive and 500 negative) in each direction.

The acceptance criteria are:

- no change bigger than 15% in the mechanical resonance frequency;
- the capacitor shall pass the tests required in 9.3, 9.4, 9.5, 9.6 and 9.7;
- visual inspection of the internal parts shall also be carried out, no defect shall be detected.

## 9 Routine tests

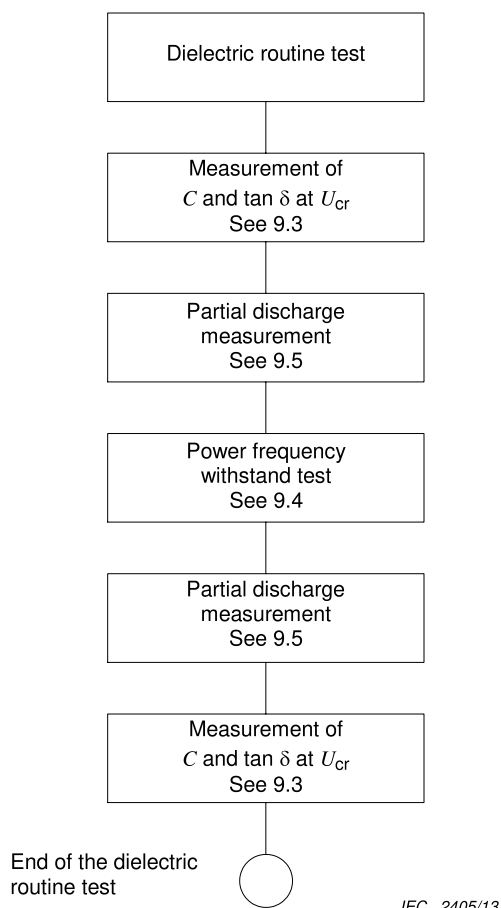
### 9.1 General

The order or possible combination of the tests is at the discretion of the supplier.

Before and after the a.c. short duration voltage test, measurements of dielectric dissipation factor ( $\tan\delta$ ) and capacitance shall be carried out in order to check whether damage has occurred.

Figure 2 shows a sequence of dielectric routine tests.

The measurement of partial discharge shall be made after the power frequency voltage test.



## Figure 2 – Dielectric routine test

### 9.2 Test conditions

According to 8.1.

### 9.3 Capacitance and loss angle measurement at power frequency

Capacitance and  $\tan\delta$  measurement shall be done according to 8.4.2 and 8.4.3.

In order to reveal any change in capacitance due to the puncture of one or more elements during the first voltage application, a preliminary capacitance measurement shall be made before the voltage routine tests, at a sufficiently low voltage (equal or less than 30 % of rated voltage; suggested value is 10 kV in order to obtain a reference value for future site measurement) to ensure that no puncture of an element has occurred.

### 9.4 Power frequency voltage test

The test shall be done according to 8.4.7.

### 9.5 Partial discharge test

The test shall be done according to 8.4.4.

The capacitor has passed the test if:

- no flashover occurs external to the grading capacitor;
- no internal breakdown occurs, which shall be verified by a measurement of the capacitance,  $\tan\delta$  and partial discharges of the units at the rated voltage before and after the test (see 8.4.2, 8.4.3 and 8.4.4).

### 9.6 Tightness test

#### 9.6.1 General

According to the insulating dielectric fluid and the application, different test method shall be applied.

#### 9.6.2 Oil impregnated capacitor

##### 9.6.2.1 Air insulated grading capacitors

The capacitor shall be assembled as for normal operation, filled with the specified liquid and placed in a suitably heated enclosure maintained at the temperature of 75 °C for 12 h. A check of tightness has to be made at the exit of the oven and 48 h later.

For capacitors with internal bellows without any overpressure, a minimum pressure of  $(0,1 \pm 0,01)$  MPa above the maximum internal operating pressure at 20 °C shall be maintained inside the capacitor during the test.

The capacitor shall be considered to have passed the test if there is no evidence of leakage. The method of detection shall be the one of IEC 60068-2-17:1994, Clause C.2.

NOTE Other test methods according to IEC 60068-2-17 can be applied following an agreement between the capacitor manufacturer and purchaser.

### 9.6.2.2 Immersed capacitors

The capacitor shall be placed in an enclosure at the maximum ambient temperature, according to the temperature ~~category of 5.2.1~~ range; the following program has to be applied:

- the ambient pressure in the enclosure is reduced until ~~max 100~~ 10 Pa (abs) during 12 h;
- the ambient pressure in the enclosure is increased up to ~~0,9~~ 0,7 MPa (abs) during ~~12~~ 18 h; in case of an intended application in a circuit breaker with a higher service pressure than 0,7 MPa (abs), a type test shall be performed, with an ambient pressure in the enclosure increased accordingly;
- the ambient pressure in the enclosure is reduced ~~until max~~ to a value between 100 Pa (abs) and 500 Pa (abs) during ~~12~~ 6 h.

The tightness of the capacitor shall be checked when it is removed from the enclosure and 48 h later.

The capacitor shall be considered to have passed the test if there is no evidence of leakage. The method of detection shall be the one of IEC 60068-2-17:1994, C.2.

NOTE Other test methods according to IEC 60068-2-17 can be applied following an agreement between the capacitor manufacturer and purchaser.

### 9.6.3 Tightness test for gas filled grading capacitors

#### 9.6.3.1 Air insulated grading capacitors

The test is applicable to all the type of gas filled grading capacitors intended for use with permanent gas pressure higher than 0,05 MPa relative, having an internal volume equal to or greater than 1 l (1 000 cm<sup>3</sup>).

The capacitor shall be assembled as for normal operation and filled with gas at maximum operating pressure at ambient temperature. The capacitor shall be enclosed in an envelope, for example a plastic bag. The concentration of gas in the air inside the envelope shall be measured twice at an interval of equal to or greater than 8 h.

The capacitor shall be considered to have passed the test if the calculated escape of gas is equal to or less than 0,5 % per year of the amount of gas contained inside the capacitor.

#### 9.6.3.2 Immersed capacitors

The tightness test is not required for ceramic capacitors that are not sealed from the insulating fluid.

### 9.7 Visual inspection and dimensional check

The inspections are applicable to all types of grading capacitors and shall be made on each complete grading capacitor before delivery.

No surface defects shall be tolerated which could affect the satisfactory performance in service. For porcelain, acceptance criteria are defined IEC 62155. For immersed capacitor the acceptance criteria of the surface may be specified by the purchaser.

Dimensions of parts for assembling and/or interconnection shall be in accordance with the relevant drawings, checked by sampling.



## **10 Recommendations for transport, storage, erection, operation and maintenance**

### **10.1 General**

It is essential that the transport, storage and installation of grading capacitors, as well as their operation and maintenance in service, be performed in accordance with instructions given by the capacitor manufacturer.

Consequently, the capacitor manufacturer should provide instructions for the transport, storage, installation, operation and maintenance of grading capacitors. The instructions for the transport and storage should be given at a convenient time before delivery, and the instructions for the installation, operation and maintenance should be given by the time of delivery at the latest.

It is impossible, here, to cover in detail the complete rules for the installation, operation and maintenance of each one of the different types of apparatus manufactured, but the following information is given relative to the most important points to be considered for the instructions provided by the capacitor manufacturer.

### **10.2 Conditions during transport, storage and installation**

A special agreement should be made between capacitor manufacturer and purchaser if the services conditions defined in the order cannot be guaranteed during transport and storage. Special precautions may be essential for the protection of insulation during transport, storage and installation, and prior to energising, to prevent moisture absorption due, for instance, to rain, snow or condensation. Vibrations during transport should be considered. Appropriate instructions should be given.

Gas filled capacitors should be filled to a pressure sufficient to maintain positive pressure during transportation.

### **10.3 Installation**

For each type of grading capacitor the instructions provided by the capacitor manufacturer should at least include the items listed below.

### **10.4 Unpacking and lifting**

The required information for unpacking and lifting safety, including details of any special lifting and positioning devices necessary should be given.

At the arrival on site and before the final filling, the grading capacitor should be checked according to the capacitor manufacturer instructions. For gas filled capacitor, the gas pressure measured at ambient temperature should be above the atmospheric pressure.

### **10.5 Assembly**

#### **10.5.1 Mounting**

Instructions for mounting of grading capacitor, these instructions should indicate the total mass of the grading capacitor.

The gas filled capacitors should be filled with the specified gas to the rated filling pressure specified by the capacitor manufacturer.

#### **10.5.2 Connections to metal parts**

It shall be possible to make reliable connections to any metal parts or terminals of the capacitor to enable the potential of these metal parts to be fixed.

The capacitor manufacturer shall prescribe the maximum tolerances admitted on the holes used to the purchaser for assembling the grading capacitor on the circuit-breaker.

The tolerances shall be relevant to the diameter or the angle deviation, from the assigned design position, of the fixing hole or any other dimension sufficient to avoid any torsion and tensile stress applied to the capacitor terminals.

### 10.5.3 Final installation inspection

Instruction should be provided for inspection and tests that should be made after the grading capacitor has been installed and all connections have been completed.

## 10.6 Operation

The instructions given by the capacitor manufacturer should contain the following information:

- a general description of the equipment with particular attention to the technical description of its characteristics and all operation features provided, so that the user has an adequate understanding of the main principles involved;
- a description of the safety features of the equipment and their operation;
- as relevant, a description of the action to be taken to manipulate the equipment for maintenance and testing.

## 10.7 Maintenance

### 10.7.1 General

~~The effectiveness of maintenance depends mainly on the way instructions are prepared by the capacitor manufacturer and implemented by the user.~~

The capacitor manufacturer shall provide a maintenance instruction which will be implemented in the circuit-breaker maintenance manual.

### 10.7.2 Recommendation for the installation and maintenance

The capacitor manufacturer ~~should~~ shall issue a maintenance manual which includes the following information:

- a) schedule maintenance frequency and define acceptance criteria;
- b) how to proceed with the equipment at the end of its operating life, taking into consideration environmental requirements.

The capacitor manufacturer ~~should~~ shall inform the purchasers of a particular type of grading capacitor about corrective actions required by possible systematic defects and failures.

### ~~10.7.3 Recommendations for the user~~

~~If users wish to do their own maintenance, they should ensure that their staff have sufficient qualification as well as a detailed knowledge of the grading capacitor.~~

~~The user should record the following information:~~

- ~~— the serial number and the type of the grading capacitor;~~
- ~~— the date when the grading capacitor is put in service;~~
- ~~— the results of all measurements and tests including diagnostic tests carried out during the life of the grading capacitor;~~
- ~~— dates and extent of the maintenance work carried out;~~

- ~~— the history of service, records of the grading capacitor measurements during and following a special operating condition (for example fault and post fault operating state);~~
- ~~— references to any failure report.~~

~~In case of failure and defects, the user should make a failure report and should inform the capacitor manufacturer by stating the special circumstances and measures taken. Depending upon the nature of the failure, an analysis of the failure should be made in collaboration with the capacitor manufacturer.~~

~~In case of disassembling for reinstallation in the future, the user must record the time and the storage conditions.~~

#### **10.7.4 Failure report**

~~The purpose of the failure report is to standardise the recording of grading capacitor failures with the following objectives:~~

- ~~to describe the failure using a common terminology;~~
- ~~to provide data for the user statistics;~~
- ~~to provide a meaningful feedback to the capacitor manufacturer.~~

~~The following gives guidance on how to make a failure report.~~

~~A failure report should include the following whenever such data is available:~~

- a) ~~Identification of the grading capacitor which failed:~~
  - ~~— substation name;~~
  - ~~— identification of the grading capacitor (capacitor manufacturer, type, serial number, ratings);~~
  - ~~— grading capacitor family (oil, or SF<sub>6</sub> insulation,);~~
  - ~~— location (indoor, outdoor).~~
- b) ~~History of the grading capacitor~~
  - ~~— history of the storage;~~
  - ~~— date of commissioning of the equipment;~~
  - ~~— date of failure/defect;~~
  - ~~— date of last maintenance;~~
  - ~~— date of the last visual checking;~~
  - ~~— details of any changes made to the equipment since manufacture;~~
  - ~~— condition of the grading capacitor when the failure/defect was discovered (in service, maintenance, etc.).~~
- c) ~~Identification of the sub-assembly/component responsible for the primary failure/defect:~~
  - ~~— high voltage stressed components;~~
  - ~~— other components.~~
- d) ~~Stresses presumed to having contributed to the failure:~~
  - ~~— environmental conditions (temperature, wind, snow, ice, pollution, lightning, etc.);~~
  - ~~— grid conditions (switching operations, failure of other equipment...);~~
  - ~~— others.~~
- e) ~~Classification of the failure:~~
  - ~~— major failure;~~

~~— minor failure.~~

~~f) Origin and cause of the failure:~~

~~— origin (mechanical, electrical, tightness etc.);~~

~~— cause in the opinion of the person having established the report (design, manufacture, inadequate instructions, incorrect mounting, incorrect maintenance, stresses beyond those specified, etc.).~~

~~g) Consequences of the failure:~~

~~— equipment down-time;~~

~~— time consumption for repair;~~

~~— labour cost;~~

~~— spare parts cost.~~

~~A failure report may include the following information:~~

~~— drawings, sketches;~~

~~— photographs of defective components;~~

~~— single line station diagram;~~

~~— records or plots;~~

~~— references to maintenance manual.~~

## 11 Safety

### 11.1 General

High-voltage equipment can be safe only when installed in accordance with the relevant installations rules, and used and maintained in accordance with the capacitor manufacturer's instructions.

High-voltage equipment is normally only accessible by instructed persons. It should be operated and maintained by skilled persons. When unrestricted access is available to grading capacitor, additional safety features may be required.

### 11.2 Precautions by manufacturers

Manufacturers should take the following precautions:

- Explain the safe operation of the switchgear clearly in the instruction manuals. Explain the precautions to prevent improper operation and the consequences of improper operation.
- Provide the user and/or contractor with appropriate information related to the design of the surrounding area to minimise personnel risks in case a failure occurs.

### 11.3 Precautions by users

~~The following list is an example of precautions that may be taken by users:~~

~~limit access to the installation to people who are trained and authorized;~~

~~keep operators and other personnel instructed regarding risks and safety requirements including local regulations;~~

~~prepare earthing procedures considering the difficulty of referring to and understanding the complex arrangement and operation of the switchgear and controlgear.~~

~~Especially during maintenance, repair or extension work:~~

~~ensure that maintenance, repair and extension work is carried out only by qualified and trained personnel;~~

~~prepare a safety and protection plan for the work. Indicate who is responsible for planning, implementing and enforcing safety and protection measures;~~

~~check the interlocking and protection devices before starting;~~

~~mark the emergency exits and keep passages clear of obstructions;~~

~~instruct the people involved on how to work safely in a switchgear and controlgear environment and what to do in an emergency.~~

The following specifications of this standard provide personal safety measures for equipment against various hazards:

a) ~~Electrical aspects:~~

~~— insulation of the isolating distance;~~

~~— earthing.~~

b) ~~Mechanical aspects:~~

~~— pressurised components;~~

~~— mechanical impact protection.~~

c) ~~Thermal aspects:~~

~~— flammability.~~

As grading capacitor is part of circuit-breaker, the precautions by users shall follow the switchgear standard IEC 62271-1.

The purchaser shall specify, at the time of ordering, any special requirements relating to safety regulations which apply to the country in which the capacitor is to be installed.

#### **11.4 National regulations**

The purchaser shall specify, at the time of ordering, any special requirements relating to safety regulations which apply to the country in which the capacitor is to be installed.

### **12 Environmental aspects**

The need to minimise the impact of grading capacitors on the environment during all phases of their life is recognised.

IEC Guide 109 gives guidance in this respect in term of life cycle impacts, recycling and disposal at the end of life.

The capacitor manufacturer should specify information regarding the relation between operation during service life, dismantling of the equipment and environmental aspects. When capacitors are filled with products that shall not be dispersed into the environment, precautions shall be taken. In some countries, there are legal requirements in this respect

## **Annex A**

(informative)

### **Corrosion: Information regarding service conditions and recommended test requirements**

#### **A.1 General**

The minimum requirement for capacitors with regard to corrosion is that the function of the equipment should not be affected by corrosion under the conditions specified by the user. Due to the many variables involved, for example, design of equipment, service conditions, user maintenance practices, and the expected life of the equipment; standardized requirements and verification testing is left to the relevant equipment standards or to agreement between the user and the capacitor manufacturer. In either case, however, the guidelines on A.2 should be followed.

NOTE When a surface becomes and remains wet, the two main factors involved in atmospheric corrosion are sodium chloride, mainly in marine environments, and sulphur dioxide, mainly in industrial environments. Occasionally, both of these factors apply at the same time.

#### **A.2 Recommended test requirements**

The tests and test methods are related to the material used in the equipment and are recommended when required by the relevant equipment standard or by agreement between the user and capacitor manufacturer.

Specific corrosion and humidity tests should be performed according to the relevant IEC standard. Reference is made to IEC 60068-2-11 and 60068-2-42.

## Annex B (informative)

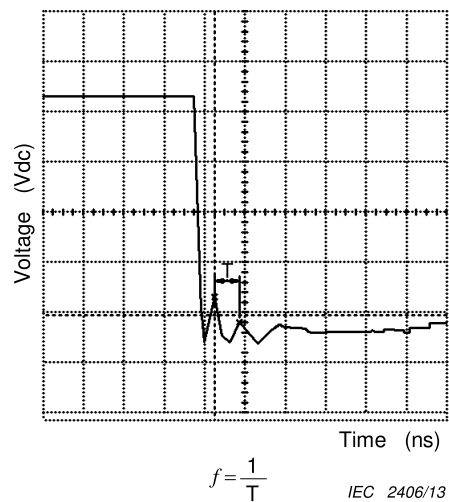
### Resonance frequency measurements

The grading capacitor shall be charged to a d.c. voltage between 200 and 1 000 V.

The capacitor shall be discharged with minimum damping resistance of the circuit.

The loop of the wire connections have to be as small as possible to minimise the external circuit inductance.

The voltage or the current shall be recorded by an oscilloscope and the resonance frequency measured on the base of the first period of voltage or current oscillation after the short-circuit (see Figure B.1).



**Figure B.1 – Example of resonance frequency measurement recording (see 8.7)**

## Bibliography

- [1] CARTON, C.G. Dielectric loss in thin films of insulating liquids. *J. Inst. Elec. Engrs.* 1941, 88(2), 103-120
- [2] CIGRE. Operating environment of voltage grading capacitors applied to high voltage circuit-breakers. *Technical Brochure. 2009*, 368

IEC 60068-2-11, *Environmental testing - Part 2: Tests. Test Ka: Salt mist*

IEC 60068-2-42, *Environmental testing – Part 2-42: Tests – Test Kc: Sulphur dioxide test for contacts and connections*

---





## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	41
1 Domaine d'application.....	43
2 Références normatives.....	43
3 Termes et définitions.....	44
4 Abréviations.....	50
5 Conditions normales et spéciales de service.....	50
5.1 Généralités.....	50
5.2 Conditions normales de service.....	50
5.2.1 Température ambiante.....	50
5.2.2 Contraintes et vibrations mécaniques.....	50
5.2.3 Conditions de service supplémentaires pour un condensateur de répartition utilisé en intérieur et immergé totalement.....	51
5.3 Conditions spéciales de service.....	51
5.3.1 Généralités.....	51
5.3.2 Séismes.....	51
6 Caractéristiques assignées.....	51
6.1 Tension assignée ( $U_{Cr}$ ).....	51
6.2 Niveau d'isolement assigné.....	51
6.3 Fréquence assignée ( $f_r$ ).....	53
7 Conception et construction.....	53
7.1 Tolérances de capacité.....	53
7.2 Exigences concernant les pertes d'un condensateur.....	53
7.3 Angle d'installation.....	53
7.4 Valeur de tenue minimale de la charge de flexion mécanique.....	53
7.4.2 Condensateurs immergés.....	54
7.4.1 Condensateurs montés sur des disjoncteurs isolés dans l'air.....	53
7.5 Exigences concernant le milieu d'imprégnation du condensateur.....	54
7.6 Protection contre la corrosion.....	54
7.7 Plaques signalétiques.....	54
7.8 Lignes de fuite pour les isolateurs d'extérieur.....	54
7.9 Etanchéité.....	54
7.9.1 Etanchéité au liquide.....	54
7.9.2 Etanchéité au gaz des condensateurs de répartition immergés dans un gaz.....	55
8 Essais de type.....	55
8.1 Informations pour l'identification des éprouvettes.....	55
8.2 Informations à inclure dans les rapports d'essai de type.....	55
8.3 Conditions d'essai.....	56
8.4 Essais diélectriques.....	56
8.4.1 Généralités.....	56
8.4.2 Mesure de la capacité à fréquence industrielle.....	57
8.4.3 Mesure de la tangente de l'angle de perte ( $\tan\delta$ ).....	58
8.4.4 Essai de décharges partielles.....	58
8.4.5 Essai de tension de chocs de manœuvre.....	59
8.4.6 Essai de tension de chocs de foudre et de chocs coupés.....	59
8.4.7 Essai de tension à fréquence industrielle.....	60

8.5	Essai de tension à basse et haute températures.....	60
8.6	Essai de tension de perturbation radioélectrique (RIV – Radio Interference voltage).....	61
8.7	Mesures de la fréquence de résonance.....	61
8.8	Essai de flexion mécanique.....	61
8.9	Essai d'étanchéité à des températures différentes.....	61
8.10	Essai d'étanchéité permettant de vérifier la pénétration de gaz d'un environnement sous pression.....	62
8.11	Essai de vibrations.....	62
9	Essais individuels de série.....	63
9.1	Généralités.....	63
9.2	Conditions d'essai.....	64
9.3	Mesure de la capacité et de l'angle de perte à fréquence industrielle.....	64
9.4	Essai de tension à fréquence industrielle.....	64
9.5	Essai de décharges partielles.....	64
9.6	Essai d'étanchéité.....	64
9.6.1	Généralités.....	64
9.6.2	Condensateur imprégné d'huile.....	64
9.6.3	Essai d'étanchéité pour des condensateurs de répartition remplis de gaz.....	65
9.7	Inspection visuelle et vérification dimensionnelle.....	65
10	Recommandations pour le transport, le stockage, le montage, la manœuvre et la maintenance.....	66
10.1	Généralités.....	66
10.2	Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation.....	66
10.3	Installation.....	66
10.4	Déballage et manutention.....	66
10.5	Assemblage.....	66
10.5.1	Montage.....	66
10.5.2	Raccordements aux parties métalliques.....	67
10.5.3	Inspection finale de l'installation.....	67
10.6	Fonctionnement.....	67
10.7	Maintenance.....	67
10.7.1	Généralités.....	67
10.7.2	Recommandations pour l'installation et la maintenance.....	67
	<del>10.7.3 Recommandations pour l'utilisateur.....</del>	
	<del>10.7.4 Rapport de défaillance.....</del>	
11	Sécurité.....	69
11.1	Généralités.....	69
11.2	Mesures de précaution devant être prises par les constructeurs.....	69
11.3	Mesures de précaution devant être prises par les utilisateurs.....	70
11.4	Réglementations nationales.....	70
12	Aspects liés à l'environnement.....	71
	Annexe A (informative) Corrosion: Informations concernant les conditions de service et les exigences d'essai recommandées.....	72
	Annexe B (informative) Mesures de la fréquence de résonance.....	73
	Bibliographie.....	74

Figure 1 – Essais de type diélectriques .....	57
Figure 2 – Essai individuel de série diélectrique .....	63
Figure B.1 – Exemple d'enregistrement de la mesure de la fréquence de résonance (voir 8.7).....	73
Tableau 1 – Tensions d'essai de décharges partielles et niveaux admissibles .....	59

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

# CONDENSATEURS DE RÉPARTITION POUR DISJONCTEURS À COURANT ALTERNATIF HAUTE TENSION –

## Partie 1: Généralités

### AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, direct ou indirect, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

#### **DÉGAGEMENT DE RESPONSABILITÉ**

**Cette version consolidée n'est pas une Norme IEC officielle, elle a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Seules les versions courantes de cette norme et de son(s) amendement(s) doivent être considérées comme les documents officiels.**

**Cette version consolidée de l'IEC 62146-1 porte le numéro d'édition 1.1. Elle comprend la première édition (2013-09) [documents 33/535/FDIS et 33/541/RVD] et son amendement 1 (2016-06) [documents 33/583/FDIS et 33/586/RVD]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à son amendement.**

**Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par l'amendement 1. Les ajouts sont en vert, les suppressions sont en rouge, barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.**

La Norme internationale IEC 62146-1 a été établie par le comité d'études 33 de l'IEC: Condensateurs de puissance et leurs applications.

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62146, publiées sous le titre général *Condensateurs pour disjoncteurs à courant alternatif haute tension*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

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

# CONDENSATEURS DE RÉPARTITION POUR DISJONCTEURS À COURANT ALTERNATIF HAUTE TENSION –

## Partie 1: Généralités

### 1 Domaine d'application

La présente partie de la série IEC 62146 s'applique aux condensateurs de répartition utilisés sur les disjoncteurs. Ces condensateurs ont pour fonction de contrôler la répartition de la tension entre chaque interrupteur d'un disjoncteur à coupure multiple.

Les condensateurs de répartition peuvent également être utilisés parallèlement à l'interrupteur de disjoncteurs à coupure unique afin de modifier la tension transitoire de rétablissement (TRV – Transient Recovery Voltage).

Le condensateur de répartition est un sous-composant du disjoncteur et il est spécifié conformément aux spécifications des disjoncteurs.

La présente norme s'applique aux condensateurs de répartition à l'huile, à gaz et céramique relevant de l'une ou des deux catégories suivantes pour:

- l'installation sur les disjoncteurs isolés dans l'air;
- l'installation sur des disjoncteurs protégés (par exemple, immergés dans du gaz SF<sub>6</sub>, dans l'huile, etc.).

L'essai applicable à chacune des applications susmentionnées est différent dans certains cas.

La présente norme a pour objet de:

- définir des règles uniformes concernant les performances, essais et caractéristiques assignées;
- définir des règles de sécurité spécifiques;
- fournir un guide d'installation et d'exploitation.

*NOTE* La Brochure technique CIGRÉ 368 [2] présente une étude sur l'environnement de fonctionnement des condensateurs de répartition de la tension dans les applications de disjoncteurs à haute tension.

La présente norme ne s'applique pas aux condensateurs phase-terre installés sur le disjoncteur pour modifier la tension transitoire de rétablissement.

### 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire électrotechnique international* (disponible sous <<http://www.electropedia.org>>)

IEC 60060-1:2010, *Technique des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et exigences générales*

IEC 60068-2-17:1994, *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique – Partie 2-17: Essais – Essai Q: Etanchéité*

IEC 60071-1:2006, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

IEC 60270:2000, *Techniques des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles*

IEC 60376:2005: *Spécifications de la qualité technique de l'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>) pour utilisation dans les appareils électriques*

IEC 60507:1991, *Essais sous pollution artificielle des isolateurs pour haute tension destinés aux réseaux à courant alternatif*

IEC 60567:2011, *Matériels électriques immergés – Echantillonnage de gaz et analyse des gaz libres et dissous – Lignes directrices*

IEC 60721-1:2002, *Classification des conditions d'environnement – Partie 1: Agents d'environnement et leurs sévérités*

IEC 60815 (toutes les parties), *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions* (disponible en anglais seulement)

IEC 61462:2007, *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*

IEC 62155:2003, *Isolateurs creux avec ou sans pression interne, en matière céramique ou en verre, pour utilisation dans des appareillages électriques prévus pour des tensions nominales supérieures à 1 000 V*

IEC 62271-1:2007, *Appareillage à haute tension – Partie 1: Spécifications communes*

IEC 62271-100:2008, *Appareillage à haute tension – Partie 100: Disjoncteurs à courant alternatif*

IEC 62271-203:2003, *Appareillage à haute tension – Partie 203: Appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tensions assignées supérieures à 52 kV*

IEC 62271-300:2006, *Appareillage à haute tension – Partie 300: Qualification sismique des disjoncteurs à courant alternatif*

Guide IEC 109, *Aspects liés à l'environnement – Prise en compte dans les normes électrotechniques de produits*

CISPR 18-2:1986, *Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment – Part 2: Methods of measurement and procedure for determining limits* (disponible en anglais seulement)

### **3 Termes et définitions**

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

#### **3.1**

##### **distance d'arc**

plus courte distance dans l'air à l'extérieur de l'isolateur entre les parties métalliques sur lesquelles on applique normalement la tension de service



[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-01]

### 3.2

#### **élément de condensateur**

dispositif constitué essentiellement par deux électrodes séparées par un diélectrique

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

### 3.3

#### **pertes d'un condensateur**

puissance active dissipée dans le condensateur

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

### 3.4

#### **bornes de condensateur**

bornes destinées à être connectées électriquement et mécaniquement aux bornes des interrupteurs des disjoncteurs

### 3.5

#### **tolérance de capacité**

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

Note 1 à l'article: Il convient de mesurer la capacité réelle à, ou en référence à, la température à laquelle la capacité assignée est définie.

[SOURCE: IEC 60050-436:1990, 436-04-01, modifié par l'addition de la Note à l'article]

### 3.6

#### **condensateur unitaire unité (de condensateur)**

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

Note 1 à l'article: Un type commun d'unité de condensateurs de répartition comprend une enveloppe cylindrique en matériau isolant et des brides d'extrémité métalliques utilisées comme des bornes.

[SOURCE: IEC 60050-436:1990, 436-01-04, modifié par l'addition de la Note à l'article]

### 3.7

#### **condensateur immergé totalement**

condensateur dont les deux extrémités sont destinées à l'immersion dans un milieu isolant autre que l'air (par exemple, huile ou gaz)

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-02-04, modifié (la définition fait référence à l'origine aux "traversées" au lieu des "condensateurs")]

### 3.8

#### **ligne de fuite**

distance la plus courte le long de la surface d'un matériau isolant solide entre deux parties conductrices

Note 1 à l'article: La surface du ciment ou de toute autre matière de scellement non isolante n'est pas considérée comme faisant partie de la ligne de fuite.

Note 2 à l'article: Si un revêtement à haute résistance est appliqué sur certaines parties du corps isolant d'un isolateur, ces parties sont considérées comme surfaces isolantes effectives et la distance mesurée à la surface de ces parties est incluse dans la ligne de fuite.

[SOURCE: IEC 60050-604:1987, 604-03-61, modifié par l'addition des Notes à l'article]

### 3.9

#### **diélectrique d'un condensateur**

matériau isolant entre les électrodes de l'élément d'un condensateur

Note 1 à l'article: L'isolation principale est constituée généralement de papier, de film plastique ou une combinaison de papier et de film plastique, traitée et imprégnée ensuite d'huile ou de gaz à la pression atmosphérique ou une pression supérieure.

### 3.10

#### **isolation externe**

distance dans l'air et surfaces des isolations du condensateur de répartition en contact avec l'air libre, qui sont soumises aux contraintes diélectriques

Note 1 à l'article: Elles sont également soumises à l'influence des conditions atmosphériques ou d'autres agents externes tels que la pollution, l'humidité, la glace, les animaux, etc.

### 3.11

#### **défaillance**

cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise

Note 1 à l'article: Après défaillance d'une entité, cette entité est en état de panne.

Note 2 à l'article: Une défaillance est un passage d'un état à un autre, par opposition à une panne, qui est un état.

Note 3 à l'article: La notion de défaillance, telle qu'elle est définie, ne s'applique pas à une entité constituée seulement de logiciel.

[SOURCE: IEC 60050-191:1990, 191-04-01]

### 3.12

#### **contournement**

claquage électrique entre des conducteurs dans un gaz, un liquide ou le vide, au moins en partie le long de la surface d'une isolation solide

[SOURCE: IEC 60050-212:2012, 212-11-47]

### 3.13

#### **condensateur de répartition**

condensateur destiné à être installé sur des disjoncteurs haute tension afin de contrôler la répartition de la tension sur chaque interrupteur

Note 1 à l'article: Les condensateurs de répartition seuls constituent des accessoires du disjoncteur.

### 3.14

#### **condensateur d'intérieur**

condensateur dont les deux extrémités sont destinées à être dans l'air ambiant à la pression atmosphérique mais non soumises aux conditions atmosphériques extérieures

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-02-05, modifié (la définition fait référence à l'origine aux "traversées" au lieu des "condensateurs")]

### 3.15

#### **enveloppe isolante**

isolateur creux, ouvert de part en part, muni ou non d'ailettes, incluant les armatures d'extrémité

Note 1 à l'article: Une enveloppe isolante peut être constituée d'un ou plusieurs éléments d'isolateurs assemblés d'une façon permanente.

Note 2 à l'article: L'enveloppe isolante peut être constituée d'un matériau céramique, de verre ou d'un matériau inorganique analogue, de résine coulée ou moulée, d'un matériau isolant composite, en une ou plusieurs pièces assemblées d'une façon permanente.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-08, modifié (la définition fait référence à l'origine aux "isolateurs creux" au lieu des "enveloppes isolantes" et une Note 2 à l'article a été ajoutée)]

### 3.16

#### **condensateur d'extérieur**

condensateur dont les deux extrémités sont destinées à être dans l'air ambiant à la pression atmosphérique et soumises aux conditions atmosphériques extérieures

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-02-07, modifié (la définition fait référence à l'origine aux "traversées" au lieu des "condensateurs")]

### 3.17

#### **Isolation interne**

éléments internes solides, liquides ou gazeux de l'isolation du condensateur de répartition qui sont à l'abri de l'influence des conditions atmosphériques

Note 1 à l'article: Ces éléments sont également à l'abri de l'influence d'autres agents externes, tels que la pollution, l'humidité, la glace, les animaux etc.

### 3.18

#### **défaillance majeure (d'un condensateur de répartition)**

défaillance d'un condensateur de répartition qui entraîne la disparition d'une fonction fondamentale.

Note 1 à l'article: Une défaillance majeure provoquera une mise hors service impérative en moins de 30 min pour une opération de maintenance non planifiée.

### 3.19

#### **contrainte mécanique**

toute contrainte mécanique appliquée à l'enveloppe isolante et aux bornes du condensateur de répartition

Note 1 à l'article: La contrainte mécanique est fonction des principales forces suivantes:

- les forces exercées sur les bornes produites par la connexion du disjoncteur;
- les forces produites par le vent et la glace;
- les forces sismiques;
- les forces produites par les conditions de fonctionnement, à savoir ouverture et fermeture, du disjoncteur.
- les forces thermiques produites par les conditions ambiantes;
- les forces produites par le transport du disjoncteur ou des condensateurs de répartition.

### 3.20

#### **défaillance mineure (d'un condensateur de répartition)**

toute défaillance d'un condensateur de répartition qui n'entraîne pas de défaillance majeure du condensateur de répartition

### 3.21

#### **perforation**

décharge disruptive se produisant à travers un matériau d'isolation solide, créant un chemin de destruction permanente

Note 1 à l'article: Ce terme est aussi utilisé comme synonyme de claquage électrique dans les solides.

[SOURCE: IEC 60050-212:2010, 212-11-49]

**3.22****capacité assignée d'un condensateur**

$C_r$   
valeur de capacité pour laquelle le condensateur a été conçu

**3.23****tension de tenue coupée assignée aux chocs de foudre**

valeur de crête requise de la tension de tenue coupée aux chocs de foudre qui caractérise l'isolation d'un condensateur de répartition eu égard aux essais de tenue

Note 1 à l'article: Les définitions et les paramètres normalisés applicables aux chocs coupés sont spécifiés dans l'IEC 60060-1.

**3.24****fréquence assignée d'un condensateur**

$f_r$   
fréquence pour laquelle le condensateur a été conçu

[SOURCE: IEC 60050-436:1990, 436-01-14, modifié par l'addition du symbole]

**3.25****niveau d'isolement assigné**

tensions d'essai que l'isolation doit pouvoir supporter dans des conditions spécifiées

Note 1 à l'article: Ces tensions d'essai peuvent être par exemple:

- a) des tensions de tenue coupées assignées aux chocs de foudre et tensions de tenue assignées de courte durée à fréquence industrielle pour les condensateurs installés sur un disjoncteur de tension assignée inférieure à 300 kV.
- b) tension de tenue assignée aux chocs de manœuvre et aux chocs de foudre, tension de tenue aux chocs coupés et tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle pour les condensateurs installés sur un disjoncteur de tension assignée supérieure ou égale à 300 kV.

Note 2 à l'article: Il convient que les niveaux d'isolement assignés du condensateur de répartition soient supérieurs ou égaux aux exigences pertinentes concernant l'interrupteur du disjoncteur.

[SOURCE: IEC 60050-421:1990, 421-09-02, Note à l'article modifiée]

**3.26****tension de tenue assignée aux chocs de foudre**

valeur de crête requise de la tension de tenue aux chocs de foudre qui caractérise l'isolation d'un équipement eu égard aux essais de tenue

Note 1 à l'article: Le choc de foudre normalisé a un temps de montée de 1,2  $\mu$ s et un temps à mi-valeur de 50  $\mu$ s comme spécifié dans l'IEC 60060-1.

**3.27****tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle**

valeur efficace de la tension sinusoïdale à fréquence industrielle à laquelle l'équipement peut résister au cours des essais réalisés dans des conditions spécifiées et pendant une durée de spécifiée

**3.28****tension de tenue assignée aux chocs de manœuvre**

valeur de crête requise de la tension de tenue aux chocs de manœuvre qui caractérise l'isolation d'un équipement eu égard aux essais de tenue

Note 1 à l'article: Le choc de manœuvre normalisé a un temps de crête de 250  $\mu$ s et un temps à mi-valeur de 2500  $\mu$ s comme spécifié dans l'IEC 60060-1.

### 3.29

#### **plage de température assignée d'un condensateur**

plage de températures de l'air ambiant ou d'un autre milieu dans lequel le condensateur est immergé pendant la durée de vie en service et pour laquelle il a été conçu

### 3.30

#### **tension assignée d'un condensateur**

$U_{cr}$

valeur efficace de la tension alternative attribuée au condensateur pour identification et à laquelle ce dernier est conçu pour fonctionner de manière continue

### 3.31

#### **tension assignée d'un disjoncteur**

$U_r$

indique la limite supérieure de la tension maximale des systèmes pour lesquels le disjoncteur est destiné

Note 1 à l'article: Voir IEC 62271-1

Note 2 à l'article:  $U_r$  utilisée dans la série IEC 62271 correspond à la valeur  $U_m$  présentée dans l'IEC 60071.

### 3.32

#### **fréquence de résonance**

fréquence pour laquelle la réactance de la capacité intrinsèque du condensateur est égale à la réactance de l'inductance propre du condensateur

### 3.33

#### **échantillon**

dispositif pour essai

Note 1 à l'article: Un condensateur complet de petite dimension ou l'enveloppe d'un condensateur de répartition avec brides d'extrémité métalliques remplies de fluide d'imprégnation constituent des exemples de ce type de dispositifs.

### 3.34

#### **tangente de l'angle de perte d'un condensateur**

( $\tan \delta$ )

rapport entre la résistance-série d'un équipement et la réactance capacitive du condensateur dans des conditions spécifiées de fréquence et de tension alternative sinusoïdale

[[SOURCE: IEC 60050-436:1990, 436-04-11]]

### 3.35

#### **facteur de répartition de la tension d'un disjoncteur**

( $F_{VG}$ )

valeur qui définit les valeurs normalisées des tensions assignées du condensateur de répartition

Note 1 à l'article: Ce facteur est le rapport entre la fraction réelle de tension maximale à fréquence industrielle aux bornes d'un interrupteur d'un disjoncteur à coupure multiple et la répartition calculée linéairement de la tension à fréquence industrielle par interrupteur.

Note 2 à l'article: Ce facteur dépend de la conception du disjoncteur, de la valeur de capacité du condensateur de répartition et sa tolérance, ainsi que de la marge de sécurité.

## 4 Abréviations

$C_r$	Capacité assignée d'un condensateur
$f_r$	Fréquence assignée d'un condensateur
$F_{VG}$	Facteur de répartition de la tension d'un disjoncteur
LIWL	Niveau de tenue aux chocs de foudre
RIV	Tension de perturbation radioélectrique
SIWL	Niveau de tenue aux chocs de manœuvre
$\tan \delta$	Tangente de l'angle de perte d'un condensateur
TRV	Tension transitoire de rétablissement
$U_{(LIWL + PF)}$	Tension combinée de tenue aux chocs de foudre et à fréquence industrielle pour le disjoncteur
$U_{(SIWL + PF)}$	Tension combinée de tenue aux chocs de manœuvre et à fréquence industrielle pour le disjoncteur
$U_{CCHOPPED}$	Tension de tenue aux chocs de foudre coupés pour le condensateur de répartition
$U_{CLIWL}$	Tension de tenue assignée aux chocs de foudre pour le condensateur de répartition
$U_{CPF}$	Tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle
$U_{cr}$	Tension assignée d'un condensateur
$U_{CSIWL}$	Tension de tenue assignée aux chocs de manœuvre pour le condensateur de répartition
$U_{PF}$	Tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle aux bornes du disjoncteur ouvert
$U_r$	Tension assignée du disjoncteur

## 5 Conditions normales et spéciales de service

### 5.1 Généralités

Les condensateurs de répartition sont destinés à être installés sur des disjoncteurs, pour lesquels les conditions normales et spéciales de service sont décrites dans l'IEC 62271-1.

Les conditions de service supplémentaires spécifiques aux condensateurs de répartition sont définies en 5.2.3.

### 5.2 Conditions normales de service

#### 5.2.1 Température ambiante

Pour une application en extérieur, les conditions normales de service du condensateur de répartition sont données dans l'IEC 62271-1.

Pour un condensateur immergé, la température environnante du condensateur peut être supérieure à l'air ambiant environnant du disjoncteur. Il convient que les valeurs préférentielles de la température environnante maximale à spécifier soient les suivantes: 60 °C, 70 °C, 80 °C.

NOTE La température de service interne du condensateur est supérieure à la température maximale environnante du condensateur et elle est prise en compte par le constructeur du condensateur.

#### 5.2.2 Contraintes et vibrations mécaniques

Contraintes et vibrations mécaniques engendrées par:

- les forces produites par l'action du vent et de la glace selon l'IEC 62271-1;
- les forces exercées sur les bornes produites par la connexion des disjoncteurs dont la valeur doit être définie par accord entre l'acheteur et le constructeur du condensateur;

- les forces produites par les opérations conséquentes aux vibrations à savoir au cours de l'ouverture et de la fermeture du disjoncteur.

Il n'est pas tenu compte des vibrations produites par les séismes pour les conditions normales de service.

### 5.2.3 Conditions de service supplémentaires pour un condensateur de répartition utilisé en intérieur et immergé totalement

Dans les cas des applications dans du gaz SF<sub>6</sub>, les condensateurs de répartition immergés totalement sont soumis aux autres conditions suivantes:

- l'influence de la pression de gaz SF<sub>6</sub>;
- la résistance des matériaux constitutifs du condensateur aux produits de décomposition du gaz SF<sub>6</sub>.

## 5.3 Conditions spéciales de service

### 5.3.1 Généralités

Les conditions spéciales de service sont décrites dans l'IEC 62271-1; lorsqu'elles sont requises, l'acheteur les spécifie au constructeur du condensateur.

### 5.3.2 Séismes

Pour les contraintes exercées par un séisme, les condensateurs de répartition doivent être considérés comme des accessoires du disjoncteur et doivent, de cette manière, satisfaire aux règles de qualification sismique selon l'IEC 62271-300.

NOTE En supposant que les contraintes mécaniques exercées sur les disjoncteurs et produites par l'activité sismique sont traitées par les normes appropriées, les contraintes subies par le condensateur de répartition sont faibles par comparaison aux contraintes de transport ou de fonctionnement.

## 6 Caractéristiques assignées

### 6.1 Tension assignée ( $U_{cr}$ )

La tension assignée  $U_{cr}$  d'un condensateur de répartition est basée sur l'équation suivante:

$$U_{cr} = \frac{U_r \times F_{VG}}{n \times \sqrt{3}}$$

où:

$U_r$  est la tension assignée du disjoncteur;

$n$  est le nombre d'interrupteurs par pôle;

$F_{VG}$  est le facteur de répartition de la tension. Pour le calcul de la tension assignée, un facteur de 1,2 est utilisé.

NOTE 1 La valeur de 1,2 est de 20 % supérieure à la répartition linéaire de la tension et couvre la plupart des applications courantes.

NOTE 2 Dans le cas d'un disjoncteur à coupure unique, le facteur de répartition ne s'applique pas. Dans certains cas, un facteur de répartition supérieur de la tension peut être nécessaire (par exemple, en raison d'une faible capacité du condensateur de répartition et/ou d'une capacité parasite élevée du disjoncteur et/ou en cas de disjoncteur ayant plus de deux interrupteurs par pôle).

### 6.2 Niveau d'isolement assigné

Le niveau d'isolement et la valeur de la tension d'essai doivent être obtenus par les critères définis dans les articles qui traitent des essais de type et des essais individuels de série.

Des recommandations pour le choix du niveau d'isolement sont données dans:

- l'IEC 62271-1 pour le condensateur de répartition d'un disjoncteur isolé dans l'air;
- l'IEC 62271-1 pour le condensateur de répartition d'un condensateur immergé dans un disjoncteur à cuve mise à la terre;
- l'IEC 62271-203 pour le condensateur de répartition d'un condensateur immergé dans un appareillage isolé au gaz.

Un facteur de répartition réel  $F_{VG}$  pour les tensions d'essai peut être calculé pour le disjoncteur en fonction de sa conception, sinon un facteur de 1,2 doit être utilisé.

La contrainte de tension pour le condensateur doit être calculée à l'aide de l'équation suivante en utilisant la tension d'essai aux bornes du disjoncteur ouvert complet (voir IEC 62271-1):

$$U_{CPF} = \frac{U_{PF} \times F_{VG}}{n}$$

$$U_{CLIWL} = \frac{U_{(LIWL + PF)} \times F_{VG}}{n}$$

$$U_{CSIWL} = \frac{U_{(SIWL + PF)} \times F_{VG}}{n}$$

$$U_{CCHOPPED} = 1,15 \times U_{CLIWL}$$

où

$U_{CPF}$	est la tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle pour le condensateur de répartition;
$U_{PF}$	est la tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle aux bornes du disjoncteur ouvert;
$U_{CLIWL}$	est la tension de tenue assignée aux chocs de foudre pour le condensateur de répartition;
$U_{(LIWL + PF)}$	est la tension combinée de tenue aux chocs de foudre et à fréquence industrielle pour le disjoncteur;
$U_{CSIWL}$	est la tension de tenue assignée aux chocs de manœuvre pour le condensateur de répartition;
$U_{(SIWL + PF)}$	est la tension combinée de tenue aux chocs de manœuvre et à fréquence industrielle pour le disjoncteur;
$U_{CCHOPPED}$	est la tension de tenue coupée aux chocs de foudre pour le condensateur de répartition.

La valeur d'essai doit être la tension suivante la plus élevée figurant dans la liste mentionnée ci-dessous.

Les valeurs efficaces suivantes, selon l'IEC 60071-1, exprimées en kV sont normalisées comme tensions de tenue de courte durée à fréquence industrielle:

115 – 140 – 185 – 230 – 275 – 325 – 360 – 395 – 460 – 510 – 570 – 630 – 680 – 710 – 790

Les valeurs de crête suivantes, selon l'IEC 60071-1, exprimées en kV sont normalisées comme tensions de tenue assignées aux chocs de foudre et aux chocs de manœuvre:



200 – 250 – 325 – 380 – 450 – 550 – 650 – 750 – 850 – 950 – 1 050 – 1 175 – 1 300 – 1 425  
1 550 – 1 675 – 1 800 – 1 950 – 2 100 – 2 250 – 2 400

### 6.3 Fréquence assignée ( $f_r$ )

Les valeurs normalisées sont 50 Hz et 60 Hz.

## 7 Conception et construction

### 7.1 Tolérances de capacité

La capacité mesurée ne doit pas différer de la capacité assignée de plus de  $\pm 5\%$  pour les condensateurs destinés aux disjoncteurs isolés dans l'air et  $\pm 3\%$  pour les condensateurs des disjoncteurs protégés.

NOTE Des tolérances différentes peuvent faire l'objet d'un accord entre le constructeur de condensateurs et l'acheteur.

### 7.2 Exigences concernant les pertes d'un condensateur

Les pertes d'un condensateur s'expriment habituellement en termes de  $\tan\delta$ .

NOTE 1 Les pertes d'un condensateur s'expriment parfois en termes de facteur de puissance ( $\sin\delta$ )

Il convient que les exigences relatives aux pertes des condensateurs à la fréquence assignée fassent l'objet d'un accord entre le constructeur du condensateur et l'acheteur.

NOTE 2 La mesure des pertes a pour objet de vérifier l'uniformité de la production.

NOTE 3 La valeur  $\tan\delta$  dépend de la conception de l'isolation, ainsi que de la tension, la température et la fréquence de mesure.

### 7.3 Angle d'installation

Les condensateurs doivent être conçus de manière à pouvoir être installés dans toute direction: verticale, horizontale ou oblique.

### 7.4 Valeur de tenue minimale de la charge de flexion mécanique

#### 7.4.1 Condensateurs montés sur des disjoncteurs isolés dans l'air

Le moment de flexion d'essai  $M_c$  doit être calculé comme suit:

~~$$M_c = \left(100 + \frac{m}{2}\right) \times g \times \frac{1}{0,7} \times l$$~~

$$M_c = \left(100 + \frac{m}{2}\right) \times g \times \frac{1}{0,7} \times l$$

où

$M_c$  est exprimé en Nm;

$l$  est la longueur du condensateur en m;

$m$  est le poids la masse du condensateur en kg;

$g$  est l'accélération due à la pesanteur  $9,81 \text{ m/s}^2$ .

NOTE Le facteur de 0,7 est issu de la figure 1 de l'IEC 62155:2003, 8.3.1 (relation entre la valeur de l'essai de type et celle de l'essai individuel de série).

$M_C$  doit avoir une valeur minimale de 2 500 Nm.

#### 7.4.2 Condensateurs immergés

Le moment de flexion d'essai  $M_C$  doit être calculé comme suit:

$$M_C = \frac{m}{2} \times g \times \frac{1}{0,7} \times l$$

#### 7.5 Exigences concernant le milieu d'imprégnation du condensateur

Le constructeur du condensateur doit spécifier le type de milieu d'imprégnation (liquide ou gaz) utilisé dans le condensateur.

#### 7.6 Protection contre la corrosion

Elle doit être assurée par l'emploi de matériaux adaptés ou par l'application de revêtements de protection appropriés sur les surfaces exposées, compte tenu des conditions d'utilisation prévues conformément aux conditions de service énoncées à l'Article 5 (il est fait référence à l'Annexe A).

#### 7.7 Plaques signalétiques

Le condensateur doit être muni de plaques signalétiques contenant les informations suivantes:

- le nom ou la marque du constructeur du condensateur;
- l'année de fabrication;
- la désignation de type donnée par le constructeur du condensateur;
- le numéro de série ou équivalent;
- la tension assignée du condensateur ( $U_{Cr}$ );
- la fréquence assignée du condensateur;
- la capacité assignée  $C_r$  et ses tolérances;
- la tension d'essai à fréquence industrielle  $U_{CPF}$ ;
- la plage de températures;
- la quantité d'huile ou la pression assignée de remplissage du gaz;
- la désignation de l'huile ou du gaz;
- la référence à l'IEC 62146-1.

#### 7.8 Lignes de fuite pour les isolateurs d'extérieur

L'IEC 60815 fournit des règles générales qui facilitent le choix des isolateurs dont il convient qu'ils donnent des performances satisfaisantes dans des conditions de pollution.

#### 7.9 Etanchéité

##### 7.9.1 Etanchéité au liquide

Un condensateur de répartition est défini comme un système à pression scellé (voir 5.15.3 de l'IEC 62271-1: 2007). Cela signifie que l'on ne doit détecter aucune perte de liquide au cours de la durée de vie spécifiée du condensateur.

## 7.9.2 Etanchéité au gaz des condensateurs de répartition immergés dans un gaz

En immersion dans les conditions ambiantes les plus sévères (pression et température maximales du gaz), la teneur de gaz maximale (par exemple, SF<sub>6</sub>) de l'huile ne doit pas dépasser un niveau correspondant à un taux de fuite de  $1 \times 10^{-6}$  cm<sup>3</sup>/s à une pression de 100 kPa pour un volume d'huile de 1 dm<sup>3</sup>.

## 8 Essais de type

### 8.1 Informations pour l'identification des éprouvettes

Le constructeur doit soumettre au laboratoire d'essai les plans et les autres données fournissant les informations suffisantes pour identifier sans ambiguïté le type avec les détails et les pièces essentiels ~~du type~~ de condensateur ~~présenté~~ soumis à l'essai. Ces plans et données doivent contenir au moins les informations suivantes:

- la valeur de la capacité accompagnée de sa tolérance
- la valeur maximale admissible tanδ à la tension spécifiée
- la tension assignée  $U_{cr}$
- la plage de températures
- le niveau d'isolement assigné (fréquence industrielle, LIWL/SIWL)
- la valeur de décharges partielles admissible à la tension spécifiée
- le poids
- la quantité d'huile
- la variation de capacité en cas de claquage d'un élément capacitif (court-circuit)

L'éprouvette doit être clairement identifiée dans le rapport d'essai afin de garantir la traçabilité (numéro de série, numéro de pièce, famille de produits, numéro de type, report à la référence de fabrication).

NOTE Il n'est pas nécessaire de répéter un essai de type individuel à la suite d'une modification de détail de construction, si le constructeur peut démontrer que cette modification n'a pas d'influence sur le résultat de cet essai de type individuel.

### 8.2 Informations à inclure dans les rapports d'essai de type

Les résultats de tous les essais de type doivent être enregistrés dans des rapports d'essai de type contenant suffisamment de données pour prouver la conformité avec les caractéristiques assignées et les articles relatifs aux essais des normes applicables. Des informations suffisantes doivent également être incluses afin de pouvoir identifier les parties essentielles du condensateur. Ces rapports doivent comprendre en particulier les informations suivantes:

- le constructeur;
- la désignation du type et le numéro de série du condensateur soumis à essai;
- les caractéristiques assignées du condensateur soumis à essai, telles que spécifiées dans la norme IEC applicable;
- les plans d'encombrement du condensateur soumis à essai avec numéro de révision qui permet d'identifier complètement le condensateur soumis à essai;
- la norme IEC avec son année de publication;
- les détails des dispositions d'essai (y compris le schéma du circuit d'essai);
- son état après les essais;
- les enregistrements des grandeurs d'essai pendant chaque essai, comme spécifié dans la norme IEC applicable.

### 8.3 Conditions d'essai

L'ordre ou la combinaison possible des essais de type est laissé(e) au choix du constructeur du condensateur, à l'exception de l'essai de type diélectrique qui doit être réalisé selon la Figure 1.

Les essais de type peuvent être effectués sur différentes unités; les essais de type électriques (Figure 1) doivent en revanche être réalisés sur la même unité. Le nombre d'échantillons est de un pour chaque essai.

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

Il peut être supposé que la température du diélectrique est identique à celle de l'air ambiant, sous réserve que le condensateur ait été maintenu hors tension à une température constante de l'air ambiant pendant une période adéquate.

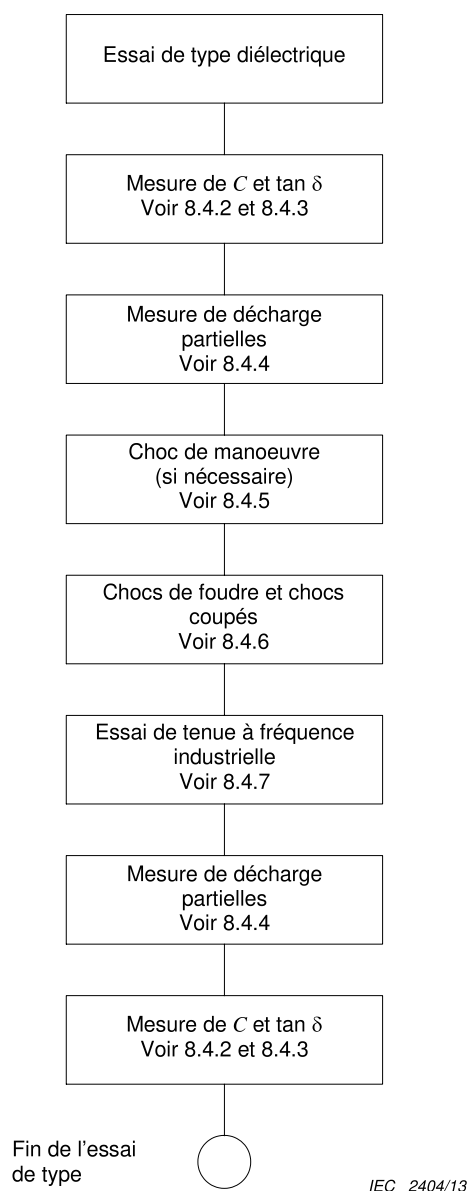
Lorsqu'une correction se révèle nécessaire, la température de référence doit être de +20 °C, sauf accord contraire entre le constructeur et l'acheteur.

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

### 8.4 Essais diélectriques

#### 8.4.1 Généralités

L'objet des essais diélectriques est de soumettre à essai la ~~tenue~~ **résistance** de la partie interne du condensateur. ~~Il est supposé que~~ Par hypothèse, les essais sous pluie sont effectués avec le condensateur de répartition installé sur le disjoncteur comme dans le cadre des essais de type du disjoncteur. Pour cette raison, il est possible de ne pas réaliser les essais sous pluie pour le seul condensateur de répartition.



**Figure 1 – Essais de type diélectriques**

#### **8.4.2 Mesure de la capacité à fréquence industrielle**

La capacité doit être mesurée en utilisant une méthode qui exclut les erreurs dues aux harmoniques et aux accessoires du circuit de mesure.

La précision de la méthode de mesure doit être indiquée.

La mesure de capacité **initiale** et finale doit être réalisée à une tension comprise entre 1 et 1,2 fois la tension  $U_{cr}$  avant et après des essais de tension (voir 8.4.7)

Les critères d'acceptation impliquent que la variation de la capacité avant et après l'essai ne doit pas être supérieure à la valeur "Variation de la capacité en cas de claquage d'un élément capacitif (voir Note 1)" spécifiée sur la fiche technique du condensateur.

NOTE 1 La variation de la capacité est calculée en utilisant l'équation suivante:

$$\Delta C < C \times \left( \frac{n}{n-1} - 1 \right)$$

où

$C$  est la 1<sup>ère</sup> valeur mesurée

$n$  est le nombre d'éléments en série du condensateur.

NOTE 2 Lorsque le système diélectrique du condensateur est tel que la capacité mesurée varie avec la tension, il est plus significatif de répéter la mesure de capacité après l'essai de tension à la même tension que celle utilisée précédemment, puis à la tension assignée.

NOTE 3 Lorsque le nombre d'éléments en série de l'unité soumise à essai est élevé, il peut être difficile de déterminer qu'aucune perforation ne s'est produite du fait des incertitudes suivantes:

- reproductibilité de la mesure;
- variation de la capacité provoquée par les forces mécaniques exercées sur les éléments pendant les essais de tension;
- variation de la capacité provoquée par la différence de température du condensateur avant et après les essais. Dans ce cas, il convient que le constructeur du condensateur démontre qu'aucune perforation ne s'est produite. Cette démonstration peut, par exemple, prendre la forme d'une comparaison des variations de la capacité des condensateurs du même type et/ou du calcul de la variation de capacité provoquée par l'augmentation de température pendant l'essai. Du fait de l'incertitude réelle dans le cas de mesures réalisées sur une pile, il peut être préférable de réaliser ces mesures sur chaque unité séparément.

NOTE 4 La capacité peut être mesurée à une fréquence hors de la gamme de fréquences assignée, sous réserve de l'adoption par accord d'un facteur de correction approprié.

#### 8.4.3 Mesure de la tangente de l'angle de perte ( $\tan\delta$ )

Les pertes de condensateur ( $\tan\delta$ ) doivent être mesurées à une tension comprise entre 1 et 1,2 fois la tension  $U_{cr}$  après les essais de tension, en utilisant une méthode qui exclut les erreurs dues aux harmoniques et aux accessoires du circuit de mesure. La valeur mesurée avant et après l'essai de type ne doit pas être supérieure à la valeur maximale spécifiée sur la fiche technique du condensateur.

La précision de la méthode de mesure doit être indiquée.

NOTE 1 Dans la mesure où la valeur  $\tan\delta$  de certains types de diélectrique est fonction du temps de mise sous tension préalable à la mesure, (voir [1]<sup>1</sup>), la mesure de  $\tan\delta$  à une tension de 10 kV ne donne pas des valeurs reproductibles.

NOTE 2 Les pertes peuvent être mesurées à une fréquence hors de la gamme de fréquences assignée, sous réserve de l'adoption par accord d'un facteur de correction approprié.

#### 8.4.4 Essai de décharges partielles

Après application d'une précontrainte selon le mode opératoire A ou B, la tension d'essai de décharges partielles spécifiée dans le Tableau 1 est appliquée et le niveau de décharges partielles correspondant doit être mesuré dans un délai de 30 s.

Les limites du niveau de décharges partielles sont spécifiées dans le Tableau 1.

Mode opératoire A: On atteint les tensions d'essai de décharges partielles en diminuant la tension après l'essai de tenue à fréquence industrielle (8.4.7) ce qui couvre la tension de précontrainte.

Mode opératoire B: L'essai de décharges partielles est effectué à l'issue de l'essai de tenue à la tension alternative. La tension appliquée est élevée à 80% de la tension de tenue, maintenue pendant une durée minimale de 60 s, puis réduite sans interruption à la tension d'essai de décharges partielles spécifiée.

<sup>1</sup> Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

Le mode opératoire A constitue la méthode préférentielle; en cas de limite propre au laboratoire, le mode opératoire B peut être appliqué. La méthode d'essai employée doit être mentionnée dans le rapport d'essai. Le circuit d'essai pour la mesure des décharges partielles doit être conforme au 4.2 de l'IEC 60270:2000.

**Tableau 1 – Tensions d'essai de décharges partielles et niveaux admissibles**

	Tension de précontrainte	Tension de mesure	Niveau de décharges partielles admissible
			Charge apparente
Condensateur isolé dans l'air	80% $U_{CPF}$ essai de courte durée à courant alternatif et à fréquence industrielle	$1,5 \times U_{cr}$	$\leq 5$ pC
Condensateurs immergés		$1,5 \times U_{cr}$	$\leq 3$ pC

NOTE Pour les condensateurs dont la capacité assignée est très importante, il peut ne pas être possible d'effectuer un essai de décharges partielles avec les valeurs spécifiées ci-dessus, en raison du coefficient de faible transmission et de la limitation de puissance du transformateur d'essai. Dans ce type de cas, les valeurs appropriées font l'objet d'un accord entre le constructeur du condensateur et l'acheteur.

#### 8.4.5 Essai de tension de chocs de manœuvre

L'essai doit être effectué sur tous les condensateurs de répartition destinés à être installés sur un disjoncteur ayant une tension assignée  $U_r \geq 300$  kV.

Quinze chocs de manœuvre de chaque polarité, avec une valeur de crête  $U_{SIWL}$  selon 6.2 doivent être appliqués entre les bornes.

La forme d'onde des chocs appliqués doit être l'onde normalisée 250/2 500  $\mu$ s conformément à l'IEC 60060-1.

Il est admis, après changement de la polarité, d'appliquer des chocs d'amplitude réduite avant d'appliquer les chocs d'essai.

Le condensateur a satisfait à l'essai si:

- deux contournements externes au plus se produisent sur chaque polarité;
- aucun claquage interne ne s'est produit, ce qui doit être vérifié au moyen d'enregistrements de la forme d'onde de tension de choc et par une mesure de la capacité,  $\tan\delta$  et des décharges partielles des unités à la tension assignée avant et après l'essai (voir 8.4.2, 8.4.3 et 8.4.4).

La tension engendrée par chaque choc doit être enregistrée.

NOTE 1 La fixation du condensateur sur un socle métallique influe sur les caractéristiques de tenue aux chocs de manœuvre. Il est par conséquent acceptable d'effectuer l'essai avec une fixation sur socle correspondant aux conditions de service. A noter qu'un positionnement direct sur un sol mis à la terre constitue le cas le plus sévère.

NOTE 2 La disposition du raccordement de ligne peut influencer sur les caractéristiques de contournement. Il peut par conséquent se révéler nécessaire d'effectuer l'essai de type avec un raccordement de ligne correspondant aux conditions de service au choix du constructeur du condensateur.

#### 8.4.6 Essai de tension de chocs de foudre et de chocs coupés

L'essai est applicable à tous les types de condensateurs.

Le condensateur doit être soumis successivement à:

- 15 chocs de foudre de polarité positive; suivis de
- 1 choc de foudre de polarité négative; suivi de

- 3 chocs de foudre coupés de polarité négative; suivis à leur tour de
- 14 chocs de foudre de polarité négative.

Les chocs de foudre ( $U_{CLIWL}$ ,  $U_{CCHOPPED}$ ) avec une valeur de crête selon 6.2 doivent être appliqués entre les bornes.

La forme d'onde des chocs appliqués doit être l'onde normalisée 1,2/50  $\mu$ s conformément à l'IEC 60060-1.

Le choc coupé doit être basé sur le choc de foudre normal et le temps d'amorçage sur le dispositif de coupure doit être compris entre 2  $\mu$ s et 3  $\mu$ s.

Aucune résistance d'amortissement n'est admise pendant cet essai, et le circuit de coupure doit être le plus petit possible afin de limiter l'amortissement naturel de l'oscillation en polarité inverse, de manière à ce que les conditions soient les plus proches possibles des conditions normales de service. Pour un condensateur de répartition immergé, le dispositif de coupure doit être parallèle au condensateur dans son environnement d'immersion.

Il est admis, après changement de la polarité, d'appliquer des chocs d'amplitude réduite avant d'appliquer les chocs d'essai.

Pour les condensateurs d'extérieur, la coupure peut être réalisée dans l'air, et pour les condensateurs immergés, ce dernier doit s'appliquer aux gaz/liquide d'immersion ou à un autre gaz/liquide équivalent.

Le condensateur a satisfait à l'essai si:

- deux contournements externes au plus se produisent sur chaque polarité;
- aucun claquage interne ne s'est produit, ce qui doit être vérifié au moyen d'enregistrements de la forme d'onde de tension de choc et par une mesure de la capacité,  $\tan\delta$  et des décharges partielles des unités à la tension assignée avant et après l'essai (voir 8.4.2, 8.4.3 et 8.4.4).

La tension engendrée par chaque choc doit être enregistrée.

#### 8.4.7 Essai de tension à fréquence industrielle

L'essai doit être effectué sur tous les condensateurs de répartition. La valeur de la tension  $U_{PF}$  doit être conforme au 6.2.

L'essai de tenue à la tension à fréquence industrielle doit être effectué conformément à l'IEC 60060-1. La tension doit être maintenue pendant 1 min.

Le condensateur a satisfait à l'essai si:

- aucun contournement ne se produit à l'extérieur du condensateur de répartition;
- aucun claquage interne ne se produit, ce qui doit être vérifié par une mesure de la capacité,  ~~$\tan\delta$~~   $\tan\delta$  et des décharges partielles des unités ~~à la tension assignée~~ avant et après l'essai (voir 8.4.2, 8.4.3 et 8.4.4).

#### 8.5 Essai de tension à basse et haute températures

L'essai peut être effectué sur un échantillon ou un condensateur complet. Les essais individuels de série diélectriques (voir Figure 2) doivent être effectués avant cet essai.

Une tension en courant alternatif de  $2U_{cr}$  doit être appliquée pendant une durée de 2 h entre les bornes des condensateurs, en maintenant une température égale à la valeur minimale spécifiée pour le condensateur.



Une tension en courant alternatif de  $2U_{cr}$  doit être appliquée pendant une durée de 2 h entre les bornes dans une atmosphère légèrement ventilée et avec une température de l'air approximativement égale à la valeur maximale spécifiée pour le condensateur.

A l'issue de ces essais, le condensateur doit satisfaire ~~à l'~~ aux essais individuels de série diélectriques (voir Figure 2) à la température ambiante ~~selon l'Article 9~~.

### 8.6 Essai de tension de perturbation radioélectrique (RIV – Radio Interference voltage)

Cet essai RIV dépend de la géométrie du condensateur, ainsi que de la géométrie du disjoncteur.

Il est supposé que l'essai RIV est effectué avec le condensateur de répartition installé sur le disjoncteur comme dans le cadre des essais de type du disjoncteur. Pour cette raison, il est possible de ne pas réaliser les essais RIV pour le seul condensateur de répartition.

### 8.7 Mesures de la fréquence de résonance

Les méthodes suivantes peuvent être appliquées:

- décharge en courant continu selon l'Annexe B;
- réponse en fréquence;
- mesure de la capacité.

La fréquence de résonance doit être supérieure à 700 kHz.

### 8.8 Essai de flexion mécanique

Une force d'essai  $F_c$  doit être appliquée à la borne supérieure du condensateur perpendiculairement à son axe et dans les deux directions associées aux dispositifs de fixation, avec un angle de 90° entre ces derniers, pendant une durée de 1 minute dans chaque cas.

La valeur de la force d'essai  $F_c$  est calculée à partir du moment de flexion  $M_c$  définie en 7.4.

NOTE Dans le cas d'une construction complètement symétrique selon l'axe longitudinal, l'essai de flexion est nécessairement réalisé dans une seule direction.

Le condensateur a satisfait à l'essai en l'absence de toute rupture et de toute preuve de fuite.

La méthode de détection doit être celle spécifiée à l'Article C.2 de l'IEC 60068-2-17:1994.

Pour un condensateur de répartition rempli de gaz, l'essai peut être effectué avec le gaz à la pression atmosphérique, mais la force appliquée  $F_c$  doit être augmentée d'une valeur équivalant à la pression de remplissage du gaz calculée conformément à l'Annexe D de l'IEC 62155:2003.

Sur accord entre le constructeur du condensateur et l'utilisateur, une autre méthode que celle décrite ci-dessus peut être utilisée pour vérifier la résistance mécanique du condensateur.

### 8.9 Essai d'étanchéité à des températures différentes

L'essai est applicable à tous les types de condensateurs de répartition remplis de liquide. L'essai peut être effectué sur un condensateur complet ou sur un échantillon.

Un condensateur muni de soufflets internes sous pression doit être assemblé comme dans des conditions normales de fonctionnement.

Le condensateur sous pression atmosphérique en service doit être rempli à une pression minimale de 0,1 MPa  $\pm$  0,01 MPa au-dessus de la pression de service interne maximale à une température de 20 °C.

Le condensateur doit être soumis à un cycle de température entre la température ambiante maximale, selon la plage de température, augmentée de l'auto-échauffement du condensateur à la tension assignée et la température ambiante minimale, selon la plage de température avec un taux minimum de 10 °C/h. Les températures maximale et minimale doivent être maintenues de sorte que la température au centre du condensateur atteigne ces températures maximale et minimale pendant une durée d'au moins 2 h.

NOTE 1 L'auto-échauffement du condensateur est calculé par le constructeur du condensateur.

NOTE 2 La constante de temps d'un condensateur qui permet d'atteindre une température uniforme se situe dans une plage comprise entre 1 et 2 h.

Le cycle complet doit être répété à dix reprises.

A l'issue des dix cycles, l'échantillon doit satisfaire à l'essai conformément au 9.5.

### **8.10 Essai d'étanchéité permettant de vérifier la pénétration de gaz d'un environnement sous pression**

L'essai peut être effectué avec un condensateur complet ou un échantillon.

L'essai s'applique uniquement à tous les condensateurs de répartition immergés totalement, selon 3.7, hermétiquement fermés et avec l'environnement de service ambiant soumis à une pression supérieure à la pression interne du condensateur à la même température.

Le condensateur est placé dans une enveloppe étanche au gaz. L'enveloppe est remplie du gaz d'isolation de service à la pression de service (par exemple, 0,5 MPa (abs) à 20 °C), puis elle est chauffée et maintenue à la même température pendant 40 jours à une température de 90 °C. A l'issue de cette période, la température de l'enveloppe est ramenée à la température ambiante et la pression de l'enveloppe est réduite à 0,2 MPa (abs). Les échantillons doivent être stockés dans l'enveloppe jusqu'à l'analyse effective de l'huile.

L'analyse de l'huile doit être réalisée selon l'IEC 60567

Le condensateur a satisfait à l'essai si:

- aucune fuite visible à l'œil nu ne s'est produite,
- aucun dommage mécanique visible à l'œil nu ne s'est produit,
- la teneur de gaz maximale de l'huile ne doit pas dépasser un niveau correspondant à un taux de fuite de  $10^{-6}$  cm<sup>3</sup>/s à une pression de 100 kPa pour un volume d'huile de 1 dm<sup>3</sup>.

### **8.11 Essai de vibrations**

L'essai de choc mécanique utilisant une table à secousses installée sur un ensemble condensateur complet doit être réalisé. Il convient d'appliquer les chocs dans les trois directions concernées,

Dans le cas d'une construction complètement symétrique selon l'axe longitudinal, l'essai de vibration est nécessairement réalisé dans deux directions uniquement. Préalablement aux essais de chocs, il convient de déterminer la fréquence de résonance mécanique minimale en effectuant un balayage de fréquences compris entre 8 Hz et 200 Hz.

Il convient d'appliquer des chocs semi-sinusoïdaux avec une amplitude de 10 g. La durée du choc semi-sinusoïdal doit être comprise entre 5 ms et 15 ms. Le nombre de chocs doit être de 1 000 (500 positifs et 500 négatifs) dans chaque direction.

Les critères d'acceptation sont les suivants:

- aucune variation de la fréquence de résonance mécanique supérieure à 15 %;
- le condensateur doit satisfaire aux essais requis en 9.2, 9.3 9.4, 9.5 et 9.6;
- une inspection visuelle des parties internes doit également être effectuée, et aucun défaut ne doit être détecté.

## 9 Essais individuels de série

### 9.1 Généralités

L'ordre ou la combinaison possible des essais est laissé(e) au choix du fournisseur.

Préalablement et à l'issue de l'essai de tension de courte durée à courant alternatif, des mesures du facteur de dissipation diélectrique ( $\tan\delta$ ) et de la capacité doivent être réalisées afin de vérifier l'occurrence éventuelle d'un dommage.

La Figure 2 démontre une séquence d'essais individuels de série diélectrique.

La mesure des décharges partielles doit être réalisée à l'issue de l'essai de tension à fréquence industrielle.

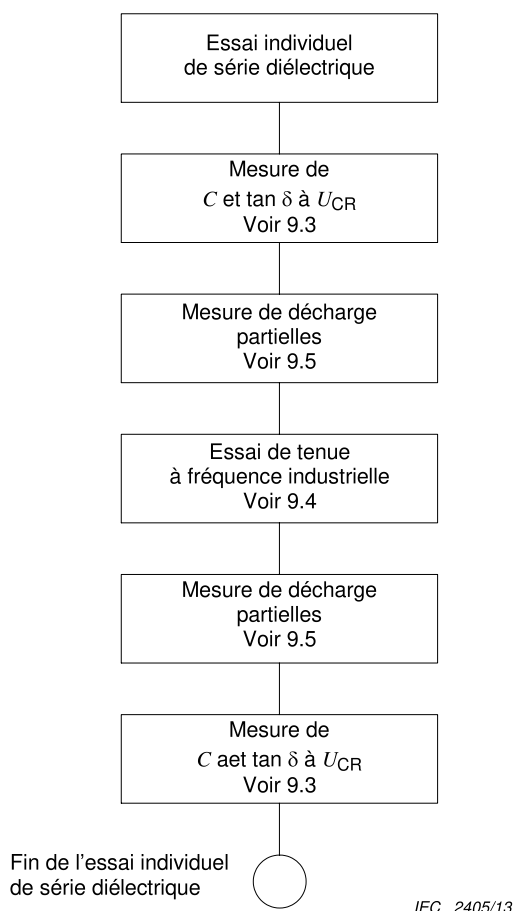


Figure 2 – Essai individuel de série diélectrique

## 9.2 Conditions d'essai

Selon 8.1.

## 9.3 Mesure de la capacité et de l'angle de perte à fréquence industrielle

La mesure de la capacité et de  $\tan\delta$  doit être réalisée selon 8.4.2 et 8.4.3.

Afin de détecter toute variation de la capacité en raison de la perforation d'un ou de plusieurs éléments au cours de la première application de tension, une mesure préliminaire de la capacité doit être réalisée préalablement aux essais individuels de série sous tension, à une tension suffisamment basse (inférieure ou égale à 30 % de la tension assignée; une valeur de 10 kV est proposée afin d'obtenir une valeur de référence de mesure sur site future) de manière à s'assurer qu'aucune perforation d'un élément ne s'est produite.

## 9.4 Essai de tension à fréquence industrielle

L'essai doit être effectué selon 8.4.7.

## 9.5 Essai de décharges partielles

L'essai doit être effectué selon 8.4.4.

Le condensateur a satisfait à l'essai si:

- aucun contournement ne se produit à l'extérieur du condensateur de répartition;
- aucun claquage interne ne se produit, ce qui doit être vérifié par une mesure de la capacité, de la  $\tan\delta$  et des décharges partielles des unités à la tension assignée avant et après l'essai (voir 8.4.2, 8.4.3 et 8.4.4).

## 9.6 Essai d'étanchéité

### 9.6.1 Généralités

Différentes méthodes d'essai doivent être appliquées selon le fluide diélectrique isolant et l'application.

### 9.6.2 Condensateur imprégné d'huile

#### 9.6.2.1 Condensateurs de répartition isolés dans l'air

Le condensateur doit être assemblé comme pour un fonctionnement normal, rempli du liquide spécifié et placé dans une enveloppe chauffée dans des conditions appropriées, ladite enveloppe étant maintenue à la température de 75 °C pendant une durée de 12 h. Un contrôle d'étanchéité doit être effectué à la sortie de l'étuve et 48 he plus tard.

Pour les condensateurs munis de soufflets internes sans aucune surpression, une pression minimale de  $(0,1 \pm 0,01)$  MPa supérieure à la pression de service interne maximale à une température de 20 °C doit être maintenue à l'intérieur du condensateur pendant l'essai.

Le condensateur doit être considéré comme ayant satisfait à l'essai en l'absence de preuve de fuite. La méthode de détection doit être celle spécifiée dans la Partie C.2 de la IEC 60068-2-17:1994.

NOTE D'autres méthodes d'essai conformes à l'IEC 60068-2-17 peuvent s'appliquer suivant un accord entre le constructeur du condensateur et l'acheteur.

### 9.6.2.2 Condensateurs immergés

Le condensateur doit être placé dans une enveloppe à la température ambiante maximale, selon la ~~catégorie~~ plage de températures ~~de 5.2.1~~; le programme suivant doit être appliqué:

- la pression ambiante de l'enveloppe est réduite jusqu'à une pression maximale de ~~100~~ 10 Pa (abs) pendant une durée de 12 heures;
- la pression ambiante de l'enveloppe est augmentée jusqu'à une pression de ~~0,9~~ 0,7 MPa (abs) au maximum pendant une durée de ~~12~~ 18 heures; dans le cas d'une application prévue dans un disjoncteur avec une pression de service supérieure à 0,7 MPa (abs), un essai de type doit être effectué, avec une pression ambiante de l'enveloppe augmentée en conséquence;
- la pression ambiante de l'enveloppe est réduite jusqu'à une pression ~~maximale de~~ comprise entre 100 Pa (abs) et 500 Pa (abs) pendant une durée de ~~12~~ 6 heures.

L'étanchéité du condensateur doit être vérifiée lors de son retrait de l'enveloppe et 48 heures plus tard.

Le condensateur doit être considéré comme ayant satisfait à l'essai en l'absence de preuve de fuite. La méthode de détection doit être celle spécifiée dans l'article C.2 de l'IEC 60068-2-17:1994.

NOTE D'autres méthodes d'essai conformes à l'IEC 60068-2-17 peuvent s'appliquer à la suite d'un accord entre le constructeur du condensateur et l'acheteur.

### 9.6.3 Essai d'étanchéité pour des condensateurs de répartition remplis de gaz

#### 9.6.3.1 Condensateurs de répartition isolés dans l'air

L'essai s'applique à tous les types de condensateurs de répartition remplis de gaz destinés à une utilisation avec une pression de gaz permanente supérieure à une pression relative de 0,05 MPa, avec un volume interne supérieur ou égal à 1 l (1 000 cm<sup>3</sup>).

Le condensateur doit être assemblé comme pour un fonctionnement normal et rempli de gaz à la pression de service maximale et à la température ambiante. Le condensateur doit être placé dans une enveloppe, par exemple, un sac en plastique. La concentration de gaz dans l'air à l'intérieur de l'enveloppe doit être mesurée à deux reprises à un intervalle supérieur ou égal à 8 heures.

Le condensateur doit être considéré comme ayant satisfait à l'essai lorsque la fuite calculée de gaz est inférieure ou égale à 0,5 % par an de la quantité de gaz contenue dans le condensateur.

#### 9.6.3.2 Condensateurs immergés

L'essai d'étanchéité n'est pas exigé pour les condensateurs céramiques qui ne sont pas étanches au fluide isolant.

### 9.7 Inspection visuelle et vérification dimensionnelle

Les inspections s'appliquent à tous les types de condensateurs de répartition et doivent être réalisées sur chaque condensateur de répartition complet avant livraison.

Aucun défaut de surface ne doit être toléré, susceptible d'affecter le bon fonctionnement en service. Les critères d'acceptation, dans le cas de la porcelaine, sont définis dans l'IEC 62155. Pour un condensateur immergé, les critères d'acceptation de la surface peuvent être spécifiés par l'acheteur.

Les dimensions des pièces pour assemblage et/ou interconnexion doivent être conformes aux plans appropriés, vérifiées par échantillonnage.

## **10 Recommandations pour le transport, le stockage, le montage, la manœuvre et la maintenance**

### **10.1 Généralités**

Il est essentiel que le transport, le stockage et l'installation des condensateurs de répartition, ainsi que leur exploitation et maintenance en service, soient effectués conformément aux instructions données par le constructeur du condensateur.

Par conséquent, il convient que le constructeur du condensateur fournisse des instructions pour le transport, le stockage, l'installation, l'exploitation et la maintenance des condensateurs de répartition. Il convient que les instructions pour le transport et le stockage soient données en temps utile avant la livraison, et que les instructions pour l'installation, l'exploitation et la maintenance soient fournies au plus tard à la livraison.

Il est impossible, ici, de couvrir en détail la totalité des règles pour l'installation, l'exploitation et la maintenance de chacun des différents types d'appareils fabriqués, mais les renseignements donnés ci-après concernent les points les plus importants à observer pour les instructions fournies par le constructeur du condensateur.

### **10.2 Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation**

Il convient de prévoir un accord spécial entre le constructeur du condensateur et l'acheteur si les conditions de service définies dans la commande ne peuvent pas être garanties au cours du transport et du stockage. Il peut être nécessaire de prendre des mesures de précaution spéciales pour la protection de l'isolation pendant le transport, le stockage et l'installation, et avant la mise sous tension, en vue d'éviter l'absorption d'humidité due, par exemple, à la pluie, à la neige ou à la condensation. Il convient de prendre en compte les vibrations pendant le transport. Il convient de donner les instructions appropriées.

Il convient de remplir les condensateurs au gaz à une pression suffisante pour maintenir une pression positive pendant le transport.

### **10.3 Installation**

Pour chaque type de condensateur de répartition, il convient que les instructions fournies par le constructeur du condensateur comprennent au moins les indications qui suivent.

### **10.4 Déballage et manutention**

Il convient de fournir les informations requises pour la sécurité de déballage et de manutention, y compris les détails relatifs aux dispositifs spéciaux de manutention et de positionnement nécessaires.

A l'arrivée sur le site et avant le remplissage final, il convient de vérifier le condensateur de répartition selon les instructions du constructeur du condensateur. Pour un condensateur rempli de gaz, il convient que la pression du gaz, mesurée à la température ambiante, soit supérieure à la pression atmosphérique.

### **10.5 Assemblage**

#### **10.5.1 Montage**

Il convient que les instructions pour le montage d'un condensateur de répartition indiquent sa masse totale.

Il convient que les condensateurs au gaz soient remplis du gaz spécifié à la pression de remplissage assignée, indiquée par le constructeur du condensateur.

### 10.5.2 Raccordements aux parties métalliques

Il doit être possible d'effectuer des raccordements fiables aux parties métalliques ou aux bornes du condensateur afin de pouvoir fixer le potentiel de ces parties.

Le constructeur du condensateur doit spécifier à l'acheteur les tolérances maximales admises concernant les trous de fixation utilisés pour le montage du condensateur de répartition sur le disjoncteur.

Les tolérances doivent être adaptées au diamètre ou à l'écart d'angle, par rapport à la position de conception assignée du trou de fixation ou à toute autre dimension, et suffisantes pour éviter toute torsion et toute contrainte de traction exercées sur les bornes du condensateur.

### 10.5.3 Inspection finale de l'installation

Il convient de fournir des instructions pour la vérification et les essais qu'il convient d'effectuer après l'installation du condensateur de répartition et l'achèvement de tous les raccordements.

## 10.6 Fonctionnement

Il convient que les instructions données par le constructeur du condensateur comportent les instructions suivantes:

- une description générale de l'équipement en accordant une attention particulière à la description technique de ses caractéristiques et de toutes les fonctionnalités existantes, de sorte que l'utilisateur ait une bonne compréhension des grands principes mis en œuvre;
- une description des caractéristiques de sécurité de l'équipement et de son fonctionnement;
- le cas échéant, une description des actions à entreprendre pour manœuvrer l'équipement aux fins de maintenance et d'essais.

## 10.7 Maintenance

### 10.7.1 Généralités

~~L'efficacité des actions de maintenance dépend principalement de la manière dont les instructions sont élaborées par le constructeur du condensateur et mises en œuvre par l'utilisateur.~~

Le constructeur du condensateur doit fournir des instructions pour la maintenance qui seront reprises dans le manuel de maintenance du disjoncteur.

### 10.7.2 Recommandations pour l'installation et la maintenance

~~Il convient que~~ Le constructeur du condensateur doit publier un manuel de maintenance comprenant les informations suivantes:

- a) planification de la fréquence de maintenance et définition des critères d'acceptation;
- b) mode de traitement de l'équipement à la fin de sa vie utile, en prenant en compte les exigences concernant l'environnement.

~~Il convient que~~ Le constructeur du condensateur doit informer les acheteurs d'un type particulier de condensateur de répartition, concernant les des actions correctives à entreprendre nécessaires à la suite d'éventuels défauts et défaillances systématiques.

### ~~10.7.3~~ ~~Recommandations pour l'utilisateur~~

~~Si l'utilisateur souhaite effectuer la maintenance par ses propres moyens, il convient qu'il s'assure que ses employés possèdent les qualifications suffisantes, et qu'ils disposent de connaissances détaillées concernant le condensateur de répartition.~~

~~Il convient que l'utilisateur enregistre les informations suivantes:~~

- ~~— le numéro de série et le type de condensateur de répartition;~~
- ~~— la date de mise en service du condensateur de répartition;~~
- ~~— les résultats de toutes les mesures et de tous les essais, y compris les essais de diagnostic effectués pendant la vie du condensateur de répartition;~~
- ~~— les dates et l'étendue des travaux de maintenance effectués;~~
- ~~— l'historique du service, les relevés des mesures du condensateur de répartition pendant et à la suite de conditions de fonctionnement particulières (par exemple, état de fonctionnement dans des conditions de panne et suite à une panne);~~
- ~~— les références à tout rapport de défaillance.~~

~~En cas de défaillance et de défauts, il convient que l'utilisateur établisse un rapport de défaillance et informe le constructeur du condensateur, en exposant les circonstances particulières de cette défaillance, et en indiquant les mesures prises. En fonction de la nature de la défaillance, il convient de réaliser une analyse de la défaillance en collaboration avec le constructeur du condensateur.~~

~~En cas de démontage en vue d'une réinstallation ultérieure, l'utilisateur doit consigner le temps passé et les conditions de stockage.~~

### ~~10.7.4~~ ~~Rapport de défaillance~~

~~Le rapport de défaillance a pour objet de normaliser l'enregistrement des défaillances du condensateur de répartition avec les objectifs suivants:~~

- ~~décrire la défaillance en utilisant une terminologie commune;~~
- ~~fournir des données pour les statistiques de l'utilisateur;~~
- ~~fournir au constructeur du condensateur un retour d'information significatif.~~

~~Un guide pour l'établissement d'un rapport de défaillance est donné ci-après.~~

~~Il convient qu'un rapport de défaillance comprenne les informations suivantes, lorsque ces données sont disponibles:~~

#### ~~a) Une identification du condensateur de répartition en défaut:~~

- ~~— le nom du poste;~~
- ~~— l'identification du condensateur de répartition (constructeur, type, numéro de série, caractéristiques assignées);~~
- ~~— la famille du condensateur de répartition (huile ou isolation au gaz SF<sub>6</sub>);~~
- ~~— l'emplacement (intérieur, extérieur).~~

#### ~~b) L'historique du condensateur de répartition:~~

- ~~— l'historique du stockage;~~
- ~~— la date de mise en service de l'équipement;~~
- ~~— la date de la défaillance/du défaut;~~
- ~~— la date de la dernière maintenance;~~
- ~~— la date du dernier contrôle visuel;~~



- ~~— les détails des modifications apportées à l'équipement depuis sa fabrication;~~
- ~~— l'état du condensateur de répartition au moment où la défaillance/le défaut ont été détectés (en service, maintenance, etc.).~~
- ~~e) L'identification du sous-ensemble/composant responsable de la défaillance/défaut primaire:~~
  - ~~— les composants soumis à une contrainte à haute tension;~~
  - ~~— les autres composants.~~
- ~~d) Les contraintes supposées contribuer à la défaillance~~
  - ~~— les conditions d'environnement (température, vent, neige, glace, pollution, foudre, etc.);~~
  - ~~— les conditions du réseau (manœuvres, défaillance d'un autre équipement...);~~
  - ~~— autres.~~
- ~~e) La classification de la défaillance:~~
  - ~~— défaillance majeure;~~
  - ~~— défaillance mineure.~~
- ~~f) L'origine et la cause de la défaillance:~~
  - ~~— origine (mécanique, électrique, étanchéité, etc.);~~
  - ~~— cause selon l'avis de la personne ayant établi le rapport (conception, fabrication, instructions inappropriées, montage incorrect, maintenance incorrecte, contraintes hors spécifications, etc.).~~
- ~~g) Les conséquences de la défaillance:~~
  - ~~— la durée d'indisponibilité de l'équipement;~~
  - ~~— la durée de la réparation;~~
  - ~~— le coût de main-d'œuvre;~~
  - ~~— le coût des pièces détachées.~~

~~Un rapport de défaillance peut comprendre les informations suivantes:~~

- ~~— les dessins et croquis;~~
- ~~— les photographies des composants défectueux;~~
- ~~— le schéma unifilaire du poste;~~
- ~~— les enregistrements ou courbes;~~
- ~~— les références au manuel de maintenance.~~

## **11 Sécurité**

### **11.1 Généralités**

Un équipement à haute tension peut être considéré sûr uniquement lorsqu'il est installé selon les règles d'installation applicables, et utilisé et entretenu selon les instructions du constructeur du condensateur.

L'équipement à haute tension n'est normalement accessible qu'à des personnes averties. Il convient qu'il soit exploité et entretenu par des personnes qualifiées. Lorsque l'accès à un condensateur de répartition n'est pas limité, des mesures de sécurité complémentaires peuvent être nécessaires.

### **11.2 Mesures de précaution devant être prises par les constructeurs**

Les constructeurs devraient prendre les précautions suivantes:

- Expliquer clairement le fonctionnement en toute sécurité de l'appareillage dans les manuels d'instruction. Expliquer les mesures de précaution à prendre pour empêcher un fonctionnement incorrect et les conséquences de ce fonctionnement incorrect.
- Fournir à l'utilisateur et/ou à l'entrepreneur les informations appropriées liées à la conception de la zone environnante afin de réduire les risques pour les personnes en cas de défaillance.

### 11.3 Mesures de précaution devant être prises par les utilisateurs

~~La liste ci-dessous est un exemple des mesures de précaution qui peuvent être prises par les utilisateurs:~~

~~limiter l'accès à l'installation aux personnes formées et autorisées;~~

~~tenir les opérateurs et le reste du personnel informés des risques et des exigences de sécurité, y compris des réglementations locales;~~

~~préparer des procédures relatives à la mise à la terre en tenant compte de la difficulté liée à la désignation et à la compréhension du montage complexe, et du fonctionnement de l'appareillage.~~

~~En particulier au cours des travaux de maintenance, de réparation ou d'extension:~~

~~s'assurer que les travaux de maintenance, de réparation et d'extension ne sont réalisés que par du personnel qualifié et formé;~~

~~préparer un plan de sécurité et de protection pour les travaux. Indiquer qui est responsable de la planification, de la mise en place et de la mise en application des mesures de sécurité et de protection;~~

~~vérifier les dispositifs d'interverrouillage et de protection avant le démarrage;~~

~~marquer les issues de secours et veiller à ce que les passages ne soient pas obstrués;~~

~~expliquer aux personnes concernées comment travailler en toute sécurité dans un environnement d'appareillage et les mesures à prendre en cas d'urgence.~~

~~Les spécifications suivantes de la présente norme donnent, pour l'équipement, des mesures de sécurité des personnes contre divers dangers:~~

~~a) Aspect électriques:~~

~~— Isolement de la distance de sectionnement;~~

~~— Mise à la terre.~~

~~b) Aspects mécaniques:~~

~~— Composants sous pression;~~

~~— Protection contre les chocs mécaniques.~~

~~c) Aspects thermiques~~

~~— Inflammabilité.~~

Dans la mesure où le condensateur de répartition fait partie du disjoncteur, les précautions à prendre par les utilisateurs doivent suivre la norme IEC 62271-1 qui est applicable aux appareillages.

L'acheteur doit spécifier, lors de la commande, toute exigence particulière relative aux réglementations de sécurité qui s'appliquent au pays dans lequel le condensateur doit être installé.

### 11.4 Réglementations nationales

L'acheteur doit spécifier, lors de la commande, les exigences particulières relatives aux réglementations de sécurité qui s'appliquent au pays dans lequel le condensateur doit être installé.

## **12 Aspects liés à l'environnement**

La nécessité de réduire au minimum l'impact des condensateurs de répartition sur l'environnement pendant toutes les phases de leur durée de vie est reconnue.

Le guide IEC 109 donne des recommandations en la matière en termes d'impacts du cycle de vie, de recyclage et élimination à la fin de ce cycle.

Il convient que le constructeur du condensateur spécifie les informations concernant la relation entre le fonctionnement pendant la durée de vie en service, le démontage de l'équipement et les aspects liés à l'environnement. Lorsque les condensateurs sont remplis de produits qui ne doivent pas être dispersés dans l'environnement, des mesures de précaution doivent être prises. Des exigences légales en la matière existent dans certains pays.

## **Annexe A** (informative)

### **Corrosion: Informations concernant les conditions de service et les exigences d'essai recommandées**

#### **A.1 Généralités**

L'exigence minimale relative à la corrosion pour les condensateurs est la suivante: il convient que la fonction de l'équipement ne soit pas affectée par la corrosion dans les conditions spécifiées par l'utilisateur. En raison des nombreuses variables impliquées, par exemple, la conception de l'équipement, les conditions de service, les pratiques de maintenance de l'utilisateur, et la durée de vie attendue de l'équipement; les exigences normalisées et les essais de vérification relèvent des normes d'équipements correspondantes ou d'un accord entre l'utilisateur et le constructeur du condensateur. Dans les deux cas, néanmoins, il convient de suivre les lignes directrices suivantes.

NOTE Lorsqu'une surface devient et reste humide, les deux facteurs principaux impliqués dans la corrosion atmosphérique sont le chlorure de sodium, principalement dans les milieux marins, et le dioxyde de soufre, principalement dans les environnements industriels. Ces deux facteurs s'appliquent occasionnellement en même temps.

#### **A.2 Exigences d'essai recommandées**

Les essais et les méthodes d'essai sont relatifs au matériau utilisé dans l'équipement et sont recommandés lorsque cela est exigé par la norme d'équipement correspondante ou par un accord entre l'utilisateur et le constructeur du condensateur.

Il convient de réaliser les essais de corrosion et d'humidité spécifiques conformément à la norme IEC applicable; il est fait référence à l'IEC 60068-2-11 et à l'IEC 60068-2-42.

## Annexe B (informative)

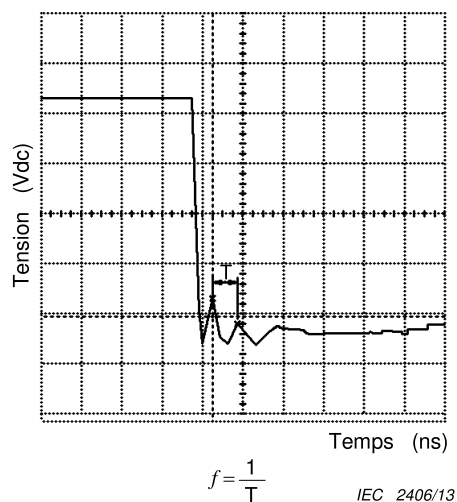
### Mesures de la fréquence de résonance

Le condensateur de répartition doit être chargé à une tension continue comprise entre 200 V et 1 000 V.

Il doit être déchargé avec une résistance d'amortissement minimale du circuit.

La boucle des connexions filaires doit être la plus petite possible afin de réduire au minimum l'inductance de circuit externe.

La tension ou le courant doit être enregistré(e) par un oscilloscope et la fréquence de résonance doit être mesurée sur la base de la première période d'oscillation de tension ou de courant après le court-circuit (voir Figure B.1).



**Figure B.1 – Exemple d'enregistrement de la mesure de la fréquence de résonance (voir 8.7)**

## Bibliographie

- [1] CARTON, C.G. Dielectric loss in thin films of insulating liquids. *J. Inst. Elec. Engrs.* 1941, 88(2), 103-120.
- [2] CIGRE. Operating environment of voltage grading capacitors applied to high voltage circuit-breakers. *Technical Brochure.* 2009, 368.

IEC 60068-2-11, *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique – Partie 2-11: Essais- Essai Ka: Brouillard salin*

IEC 60068-2-42, *Essais d'environnement – Partie 2-42: Essais – Essai Kc: Essai à l'anhydride sulfureux pour contacts et connexions*

---

# FINAL VERSION

# VERSION FINALE

---

**Grading capacitors for high-voltage alternating current circuit-breakers –  
Part 1: General**

**Condensateurs de répartition pour disjoncteurs à courant alternatif haute  
tension –  
Partie 1: Généralités**



## CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope .....	6
2 Normative references .....	6
3 Terms and definitions .....	7
4 Abbreviations .....	12
5 Normal and special service conditions.....	13
5.1 General.....	13
5.2 Normal service conditions .....	13
5.2.1 Ambient temperature.....	13
5.2.2 Mechanical stress and vibrations.....	13
5.2.3 Additional service conditions for indoor and completely immersed grading capacitor .....	13
5.3 Special service conditions.....	14
5.3.1 General .....	14
5.3.2 Earthquakes .....	14
6 Ratings .....	14
6.1 Rated voltage ( $U_{CR}$ ).....	14
6.2 Rated insulation level .....	14
6.3 Rated frequency ( $f_r$ ).....	15
7 Design and construction .....	15
7.1 Capacitance tolerances .....	15
7.2 Capacitor loss requirements.....	15
7.3 Angle of mounting.....	16
7.4 Minimum withstand value of mechanical bending load .....	16
7.4.1 Capacitors mounted on air insulated circuit -breaker.....	16
7.4.2 Immersed capacitors.....	16
7.5 Requirements for impregnation medium in capacitor.....	16
7.6 Protection against corrosion.....	16
7.7 Nameplates.....	16
7.8 Creepage distances for outdoor insulators.....	17
7.9 Tightness .....	17
7.9.1 Liquid tightness.....	17
7.9.2 Gas tightness for grading capacitors immersed in gas.....	17
8 Type tests .....	17
8.1 Information for identification of specimens.....	17
8.2 Information to be included in type-test reports .....	18
8.3 Test conditions .....	18
8.4 Dielectric tests.....	19
8.4.1 General .....	19
8.4.2 Capacitance measurement at power frequency .....	19
8.4.3 Measurement of the tangent of the loss angle ( $\tan\delta$ ).....	20
8.4.4 Partial discharge test .....	20
8.4.5 Switching impulse voltage test.....	21
8.4.6 Lightning and chopped impulse voltage test.....	21
8.4.7 Power frequency voltage test. ....	22



8.5	Voltage test at low and high temperature.....	23
8.6	Radio interference voltage (RIV) test.....	23
8.7	Resonance frequency measurements.....	23
8.8	Mechanical bending test.....	23
8.9	Tightness test at different temperatures.....	24
8.10	Tightness test to check gas ingress from a pressurised environment.....	24
8.11	Vibration test.....	24
9	Routine tests.....	25
9.1	General.....	25
9.2	Test conditions.....	26
9.3	Capacitance and loss angle measurement at power frequency.....	26
9.4	Power frequency voltage test.....	26
9.5	Partial discharge test.....	26
9.6	Tightness test.....	26
9.6.1	General.....	26
9.6.2	Oil impregnated capacitor.....	26
9.6.3	Tightness test for gas filled grading capacitors.....	27
9.7	Visual inspection and dimensional check.....	27
10	Recommendations for transport, storage, erection, operation and maintenance.....	27
10.1	General.....	27
10.2	Conditions during transport, storage and installation.....	28
10.3	Installation.....	28
10.4	Unpacking and lifting.....	28
10.5	Assembly.....	28
10.5.1	Mounting.....	28
10.5.2	Connections to metal parts.....	28
10.5.3	Final installation inspection.....	29
10.6	Operation.....	29
10.7	Maintenance.....	29
10.7.1	General.....	29
10.7.2	Recommendation for the installation and maintenance.....	29
11	Safety.....	29
11.1	General.....	29
11.2	Precautions by manufacturers.....	29
11.3	Precautions by users.....	30
11.4	National regulations.....	30
12	Environmental aspects.....	30
	Annex A (informative) Corrosion: Information regarding service conditions and recommended test requirements.....	31
	Annex B (informative) Resonance frequency measurements.....	32
	Bibliography.....	33
	Figure 1 – Dielectric type tests.....	19
	Figure 2 – Dielectric routine test.....	25
	Figure B.1 – Example of resonance frequency measurement recording (see 8.7).....	32
	Table 1 – Partial discharge test voltages and permissible levels.....	21

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**GRADING CAPACITORS FOR HIGH-VOLTAGE  
ALTERNATING CURRENT CIRCUIT-BREAKERS –****Part 1: General****FOREWORD**

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

**DISCLAIMER**

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

**This Consolidated version of IEC 62146-1 bears the edition number 1.1. It consists of the first edition (2013-09) [documents 33/535/FDIS and 33/541/RVD] and its amendment 1 (2016-06) [documents 33/583/FDIS and 33/586/RVD]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.**

**Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par l'amendement 1. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.**

International Standard IEC 62146-1 has been prepared by IEC technical committee 33: Power capacitors and their applications.

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

A list of all parts in the IEC 62146 series, published under the general title *Grading capacitors for high-voltage alternating current circuit-breakers*, can be found on the IEC website.

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

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

# GRADING CAPACITORS FOR HIGH-VOLTAGE ALTERNATING CURRENT CIRCUIT-BREAKERS –

## Part 1: General

### 1 Scope

This part of the IEC 62146 series is applicable to grading capacitors used on circuit-breakers. Their function is to control the voltage distribution across the individual interrupter units of a multi-break circuit-breaker.

Grading capacitors can also be used in parallel to the interrupter unit on single break circuit-breakers to modify the Transient Recovery Voltage (TRV).

The grading capacitor is a sub-component for the circuit-breaker and shall be specified in accordance with the circuit-breaker specifications.

This standard applies to grading capacitors falling into one or both of the following categories for:

- mounting on air-insulated circuit-breakers;
- mounting on enclosed circuit-breakers (for example immersed in SF<sub>6</sub>, in oil, etc.).

The testing for each of the above applications is in some cases different.

The object of this standard is:

- to define uniform rules regarding performances, testing and rating;
- to define specific safety rules;
- to provide a guidance for installation and operation.

NOTE CIGRE Technical Brochure 368 [2] presents a study about the operating environment of voltage grading capacitors applied to high-voltage circuit-breakers.

This standard does not apply to phase-to-earth capacitors installed on the circuit-breaker to modify the Transient Recovery Voltage.

### 2 Normative references

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

IEC 60050 (all parts), *International electrotechnical vocabulary* (available at <http://www.electropedia.org>)

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

IEC 60068-2-17:1994, *Official version in Russian – Basic environmental testing procedures – Part 2-17: Tests – Test Q: Sealing*

IEC 60071-1:2006, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC 60270:2000, *High-voltage test techniques – Partial discharge measurements*

IEC 60376:2005, *Specification of technical grade sulfur hexafluoride (SF<sub>6</sub>) for use in electrical equipment*

IEC 60507-1:1991, *Artificial pollution tests on high-voltage insulators to be used on a.c. systems*

IEC 60567:2011, *Oil-filled electrical equipment – Sampling of gases and analysis of free and dissolved gases – Guidance*

IEC 60721-1:2002, *Classification of environmental conditions – Part 1: Environmental parameters and their severities*

IEC 60815 (all parts), *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions*

IEC 61462:2007, *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*

IEC 62155:2003, *Hollow pressurized and unpressurized ceramic and glass insulators for use in electrical equipment with rated voltages greater than 1 000 V*

IEC 62271-1:2007, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 1: Common specifications*

IEC 62271-100:2008, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 100: Alternating current circuit-breakers*

IEC 62271-203:2003, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 203: Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV*

IEC 62271-300:2006, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 300: Seismic qualification of alternating current circuit-breakers*

IEC Guide 109, *Environmental aspects – Inclusion in electrotechnical product standards*

CISPR 18-2:1986, *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.

#### **3.1**

##### **arcing distance**

shortest distance in the air external to the insulator between the metallic parts which normally have the operating voltage between them

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-01]

**3.2****capacitor element**

device consisting essentially of two electrodes separated by a dielectric

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

**3.3****capacitor losses**

active power dissipated in the capacitor

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

**3.4****capacitor terminals**

terminals intended for electrical and mechanical connection to the terminals of the interrupter units of circuit-breakers

**3.5****capacitance tolerance**

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

Note 1 to entry: The actual capacitance should be measured at, or referred to, the temperature at which the rated capacitance is defined.

[SOURCE: IEC 60050-436:1990, 436-04-01, modified by addition of Note to entry]

**3.6****capacitor unit**

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

Note 1 to entry: A common type of unit for grading capacitors has a cylindrical housing of insulating material and metal end flanges which serve as terminals.

[SOURCE: IEC 60050-436:1990, 436-01-04, modified by addition of Note to entry]

**3.7****completely immersed capacitor**

capacitor, both ends of which are intended to be immersed in insulating media other than ambient air (e.g. oil or gas)

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-02-04, modified (definition originally referred to "bushing" instead of "capacitor")]

**3.8****creepage distance**

shortest distance along the surface of a solid insulating material between two conductive parts

Note 1 to entry: The surface of cement or any other non-insulating jointing material is not considered as forming part of the creepage distance.

Note 2 to entry: If high-resistance coating is applied to parts of the insulating part of an insulator, such parts are considered to be effective insulating surface and the distance over them is included in the creepage distance.

[SOURCE: IEC 60050-604:1987, 604-03-61, modified by addition of Notes to entry]

### 3.9

#### **dielectric of a capacitor**

insulating material between the electrodes of the capacitor element

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.

### 3.10

#### **external insulation**

distance in air and the surfaces in contact with open air of insulation of the grading capacitor which are subject to dielectric stresses

Note 1 to entry: They are also subject to the effects of the atmospheric and other external conditions such as pollution, humidity, ice, vermin, etc.

### 3.11

#### **failure**

termination of the ability of an item to perform a required function

Note 1 to entry: After failure the item has a fault.

Note 2 to entry: "Failure" is an event, as distinguished from "fault", which is a state.

Note 3 to entry: This concept as defined does not apply to items consisting of software only.

[SOURCE: IEC 60050-191:1990, 191-04-01]

### 3.12

#### **flashover**

electric breakdown between conductors in a gas or in a liquid or in a vacuum, at least partly along the surface of solid insulation

[SOURCE: IEC 60050-212:2012, 212-11-47]

### 3.13

#### **grading capacitor**

capacitor for installation on high-voltage circuit-breakers to control the voltage distribution across the individual interrupter unit

Note 1 to entry: The grading capacitors alone are accessories of the circuit-breaker

### 3.14

#### **indoor capacitor**

capacitor, both ends of which are intended to be in ambient air at atmospheric pressure but not exposed to outdoor atmospheric conditions

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-02-05, modified (definition originally referred to "bushing" instead of "capacitor")]

### 3.15

#### **insulating envelope**

insulator which is open from end to end, with or without sheds, including end fittings

Note 1 to entry: An insulating envelope can be made from one or more permanently assembled insulating elements.

Note 2 to entry: The insulating envelope may be in ceramic, glass or analogous inorganic material, cast or moulded resin, composite insulating material, in one piece or more pieces permanently assembled.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-08, modified (definition originally referred to a hollow insulator and Note 2 to entry has been added)]

### 3.16

#### **outdoor capacitor**

capacitor, both ends of which are intended to be in ambient air at atmospheric pressure, and exposed to outdoor atmospheric conditions

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-02-07, modified (definition originally referred to "bushing" instead of "capacitor")]

### 3.17

#### **internal insulation**

internal solid, liquid or gaseous parts of the insulation of the grading capacitor which are protected from the effects of atmospheric conditions

Note 1 to entry: The parts are also protected from other external conditions such as pollution, humidity, ice, vermin, etc.

### 3.18

#### **major failure (of a grading capacitor)**

failure of a grading capacitor which causes the cessation of its fundamental function.

Note 1 to entry: A major failure will result in a mandatory removal from service within 30 min for unscheduled maintenance.

### 3.19

#### **mechanical stress**

any mechanical stress applied to the insulating envelope and to the terminals of the grading capacitor

Note 1 to entry: It is a function of the following main forces:

- forces on the terminals due to the circuit-breaker connection;
- forces due to the wind and ice;
- seismic forces;
- forces due to the operating conditions, opening and closing, of the circuit- breaker;
- thermal forces due to the ambient medium conditions;
- forces due to the transportation of the circuit-breaker or grading capacitors.

### 3.20

#### **minor failure (of a grading capacitor)**

any failure of a grading capacitor which does not cause a major failure of the grading capacitor

### 3.21

#### **puncture**

disruptive discharge occurring through a solid insulation material, producing a path of permanent damage

Note 1 to entry: The term puncture is also used as a synonym for electrical breakdown in solids.

[SOURCE: IEC 60050-212:2010, 212-11-49]

### 3.22

#### **rated capacitance of a capacitor**

$C_r$

capacitance value for which the capacitor has been designed



### 3.23

#### **rated chopped lightning impulse withstand voltage**

required peak value of the chopped lightning impulse withstand voltage which characterises the insulation of a grading capacitor as regards the withstand tests

Note 1 to entry: The definitions and the standard parameters applicable to chopped impulses are specified in IEC 60060-1.

### 3.24

#### **rated frequency of a capacitor**

$f_r$   
frequency for which the capacitor has been designed

[SOURCE: IEC 60050-436:1990, 436-01-14, modified by addition of symbol]

### 3.25

#### **rated insulation level**

test voltages, under specified conditions, that the insulation is designed to withstand

Note 1 to entry: These test voltages can be for instance:

- a) rated chopped and lightning impulse and short duration power frequency withstand voltages for capacitors installed on circuit-breaker with rated voltage lower than 300 kV.
- b) rated switching, lightning, chopped impulse and short duration power frequency withstand voltages for capacitors installed on circuit-breaker with rated voltage equal to or greater than 300 kV.

Note 2 to entry: The rated insulation levels of the grading capacitor should be equal to or higher than the relevant requirements for the circuit-breaker interrupting unit.

[SOURCE: IEC 60050-421:1990, 421-09-02, modified Note to entry]

### 3.26

#### **rated lightning impulse withstand voltage**

required peak value of the lightning impulse withstand voltage which characterises the insulation of an equipment as regards the withstand tests

Note 1 to entry: The standard lightning impulse has a front time of 1,2  $\mu\text{s}$  and a time-to-half-value of 50  $\mu\text{s}$  as specified in IEC 60060-1.

### 3.27

#### **rated short duration power frequency withstand voltage**

required r.m.s. value of sinusoidal power frequency voltage that the equipment withstands during tests made under specified conditions and for a duration of 1 min unless otherwise specified

### 3.28

#### **rated switching impulse withstand voltage**

required peak value of the switching impulse withstand voltage which characterises the insulation of an equipment as regards the withstand tests

Note 1 to entry: The standard switching impulse has a time-to-crest of 250  $\mu\text{s}$  and a time-to-half-value of 2500  $\mu\text{s}$  as specified in IEC 60060-1.

### 3.29

#### **rated temperature category of a capacitor**

range of temperature of the ambient air or other medium in which the capacitor is immersed during the service life and for which it has been designed

### 3.30 rated voltage of a capacitor

$U_{cr}$   
r.m.s. value of the alternating voltage assigned to the capacitor for identification and at which the capacitor is designed to operate continuously

### 3.31 rated voltage of circuit-breaker

$U_r$   
indicates the upper limit of the highest voltage of systems for which the circuit-breaker is intended

Note 1 to entry: See IEC 62271-1.

Note 2 to entry:  $U_r$  used in IEC 62271 series corresponds to  $U_m$  presented in IEC 60071.

### 3.32 resonance frequency

frequency for which the reactance of the intrinsic capacitance of the capacitor is equal to the reactance of the self-inductance of the capacitor

### 3.33 sample device for testing

Note 1 to entry: Examples of such devices are a complete small capacitor, or the housing of a grading capacitor with metal end flanges filled with impregnating fluid.

### 3.34 tangent of the loss angle of a capacitor $\tan \delta$

ratio between the equivalent series resistance and the capacitive reactance of a capacitor at specified sinusoidal alternating voltage and frequency

[SOURCE: IEC 60050-436:1990, 436-04-11]

### 3.35 voltage grading factor of a circuit-breaker ( $F_{VG}$ )

value that defines the standard values of rated voltages for the grading capacitor.

Note 1 to entry: This factor is the ratio between the actual maximum power frequency voltage fraction across one interrupter unit of a multi-break circuit-breaker and the calculated linear power frequency voltage distribution per interrupting unit.

Note 2 to entry: It is dependent on the circuit-breaker design, of the capacitance value of the grading capacitor and its tolerance and of the safety margin.

## 4 Abbreviations

TRV	Transient Recovery Voltage
$C_r$	Rated capacitance of a capacitor
$f_r$	Rated frequency of a capacitor
$U_{cr}$	Rated voltage of a capacitor
$U_r$	Rated voltage of circuit-breaker
$\tan \delta$	Tangent of the loss angle of a capacitor
$F_{VG}$	Voltage grading factor of a circuit-breaker
$U_{CPF}$	Short-duration power frequency withstand voltage for the grading capacitor

$U_{PF}$	Short-duration power frequency withstand voltage across the open circuit-breaker
$U_{CLIWL}$	Rated lightning impulse withstand voltage for the grading capacitor
$U_{(LIWL + PF)}$	Combined lightning and frequency withstand voltage for the circuit-breaker
$U_{CSIWL}$	Rated switching impulse withstand voltage for the grading capacitor
$U_{(SIWL + PF)}$	Combined switching and frequency withstand voltage for the circuit-breaker
$U_{CCHOPPED}$	Chopped lightning impulse voltage for the grading capacitor
BIL	Bushings insulated level
SIL	Standard insulation level
RIV	Radio interference voltage

## 5 Normal and special service conditions

### 5.1 General

The grading capacitors are intended to be installed on circuit-breakers, for which the normal and special service conditions are described in IEC 62271-1.

Additional service conditions specific to the capacitors are given in 5.2.3.

### 5.2 Normal service conditions

#### 5.2.1 Ambient temperature

For outdoor application the normal service conditions of the grading capacitor are given in IEC 62271-1.

For an immersed capacitor, the temperature around the capacitor can be higher than the ambient air around the breaker. The preferred values of maximum surrounding temperature to be specified should be: 60 °C, 70 °C, 80 °C.

The internal operating temperature of the capacitor is higher than the maximum temperature around the capacitor and should be considered by the capacitor manufacturer.

#### 5.2.2 Mechanical stress and vibrations

Mechanical stress and vibrations due to:

- forces due to wind and ice are according to IEC 62271-1;
- forces on the terminals due to the circuit-breaker connection which value shall be defined by agreement between purchaser and capacitor manufacturer;
- forces due to the operations consequent to vibrations, such as opening and closing, of the circuit-breaker.

Vibrations due to earthquakes are not considered for normal service conditions.

#### 5.2.3 Additional service conditions for indoor and completely immersed grading capacitor

The completely immersed grading capacitors are subjected to the following other conditions:

- the influence of SF<sub>6</sub> pressure;
- the resistance of the capacitor materials against the decomposition products of SF<sub>6</sub>.

### 5.3 Special service conditions

#### 5.3.1 General

The special service conditions are given in IEC 62271-1; if they are required, the purchaser will specify it to the capacitor manufacturer.

#### 5.3.2 Earthquakes

For the earthquake stress the grading capacitors have to be considered as accessories of the circuit-breaker and in this way they have to satisfy the seismic qualification rules according to IEC 62271-300.

NOTE Assuming that the mechanical stresses on circuit-breakers due to seismic activity are covered by the relevant standards, the stressing of the grading capacitor is low in comparison to transport or operation stressing.

## 6 Ratings

### 6.1 Rated voltage ( $U_{cr}$ )

The rated voltage  $U_{cr}$  of a grading capacitor is based on the following equation:

$$U_{cr} = \frac{U_r \times F_{VG}}{n \times \sqrt{3}}$$

where

$U_r$  is the rated voltage of the circuit-breaker;

$n$  is the number of interrupter units per pole;

$F_{VG}$  is the voltage grading factor, standardized to 1,2.

NOTE 1 This value is 20 % higher than the linear voltage distribution and covers most of the common applications.

NOTE 2 In case of single break circuit-breaker the grading factor is not applicable, In some cases, a higher voltage grading factor may be necessary (for example due to low capacitance of grading capacitor and/or high stray capacitance of the circuit-breaker and/or more than 2 interrupter units).

### 6.2 Rated insulation level

The insulation level and the test voltage value shall be obtained by the criteria defined in the type and routine test clauses.

Guidance for the choice of the insulation level is given:

- in IEC 62271-1 for the grading capacitor of an air insulated circuit-breaker;
- in IEC 62271-1 for the grading capacitor of an immersed capacitor in a dead tank breaker;
- in IEC 62271-203 for the grading capacitor of an immersed capacitor in a gas insulated switchgear.

The grading factor  $F_{GV}$  has to be calculated for the circuit-breaker depending on its design.

The voltage stress for the capacitor shall be calculated with the following equation using the test voltage across the complete open circuit-breaker (see IEC 62271-1):

$$U_{CPF} = \frac{U_{PF} \times F_{VG}}{n}$$

$$U_{\text{CLIWL}} = \frac{U_{(\text{LIWL} + \text{PF})} \times F_{\text{VG}}}{n}$$

$$U_{\text{CSIWL}} = \frac{U_{(\text{SIWL} + \text{PF})} \times F_{\text{VG}}}{n}$$

$$U_{\text{CCHOPPED}} = 1,15 \times U_{\text{CLIWL}}$$

where

$U_{\text{CPF}}$  is the short-duration power frequency withstand voltage for the grading capacitor;

$U_{\text{PF}}$  is the short-duration power frequency withstand voltage across the open circuit-breaker;

$U_{\text{CLIWL}}$  is the rated lightning impulse withstand voltage for the grading capacitor;

$U_{(\text{LIWL} + \text{PF})}$  is the combined lightning and frequency withstand voltage for the circuit-breaker;

$U_{\text{CSIWL}}$  is the rated switching impulse withstand voltage for the grading capacitor;

$U_{(\text{SIWL} + \text{PF})}$  is the combined switching and frequency withstand voltage for the circuit-breaker

$U_{\text{CCHOPPED}}$  is the chopped lightning impulse voltage for the grading capacitor.

The test value shall be the next higher voltage out of the list given below.

The following r.m.s values, according to IEC 60071-1, expressed in kV are standardised as short-duration power frequency withstand voltages:

115 – 140 – 185 – 230 – 275 – 325 – 360 – 395 – 460 – 510 – 570 – 630 – 680 – 710 – 790

The following peak values, according to IEC 60071-1, expressed in kV are standardised as rated lightning and switching impulse withstand voltages:

200 – 250 – 325 – 380 – 450 – 550 – 650 – 750 – 850 – 950 – 1 050 – 1 175 – 1 300 – 1 425  
1 550 – 1 675 – 1 800 – 1 950 – 2 100 – 2 250 – 2 400

### 6.3 Rated frequency ( $f_r$ )

Standard values are 50 and 60 Hz.

## 7 Design and construction

### 7.1 Capacitance tolerances

The measured capacitance shall not differ from the rated capacitance by more than  $\pm 5\%$  for capacitors for air insulated circuit-breakers and  $\pm 3\%$  for capacitor in enclosed circuit-breakers.

### 7.2 Capacitor loss requirements

The capacitor loss is usually expressed in term of  $\tan\delta$ .

NOTE 1 The capacitor loss is sometimes expressed as power factor ( $\sin\delta$ )

The requirements relating to capacitor losses at rated frequency should be agreed upon between capacitor manufacturer and purchaser.

NOTE 2 The purpose of the measurement of the losses is to check the uniformity of the production.

NOTE 3 The  $\tan\delta$  value is dependent on the insulation design and the voltage, the temperature and the measuring frequency.

### 7.3 Angle of mounting

The capacitors shall be designed to be installed in any direction: vertical, horizontal or oblique.

### 7.4 Minimum withstand value of mechanical bending load

#### 7.4.1 Capacitors mounted on air insulated circuit -breaker

The test bending moment  $M_c$  shall be calculated as follows:

$$M_c = \left(100 + \frac{m}{2}\right) \times g \times \frac{1}{0,7} \times l$$

where

$M_c$  is in Nm;

$l$  is the length of the capacitor in m;

$m$  is the mass of the capacitor in kg;

$g$  is the gravitational acceleration 9,81 m/s<sup>2</sup>.

NOTE The factor 0,7 comes from figure 1 of IEC 62155 (relation between type test and routine test value).

$M_c$  shall have a minimum value of 2 500 Nm.

#### 7.4.2 Immersed capacitors

The test bending moment  $M_c$  shall be calculated as follows:

$$M_c = \frac{m}{2} \times g \times \frac{1}{0,7} \times l$$

### 7.5 Requirements for impregnation medium in capacitor

The capacitor manufacturer shall specify the type of the impregnation medium (liquid or gas) used in the capacitor.

### 7.6 Protection against corrosion

Protection against corrosion shall be ensured by the use of suitable materials or by the application of suitable protective coatings to the exposed surfaces, taking into account the intended conditions of use in accordance with the service conditions stated in Clause 5 (reference is made to Annex A).

### 7.7 Nameplates

The capacitor shall be provided with nameplates which contain the following information:

- name or mark of the capacitor manufacturer;
- year of manufacture;

- capacitor manufacturer's type designation;
- serial number or equivalent;
- rated voltage of capacitor  $U_{cr}$ ;
- rated frequency of capacitor;
- rated capacitance  $C_r$  and its tolerances;
- power frequency test voltage  $U_{CPF}$ ;
- temperature range;
- quantity of oil or rated gas filling pressure;
- oil or gas designation;
- reference to IEC 62146-1.

## 7.8 Creepage distances for outdoor insulators

IEC 60815 gives general rules that assist in choosing insulators which should give satisfactory performance under polluted conditions.

## 7.9 Tightness

### 7.9.1 Liquid tightness

A grading capacitor is defined as a sealed pressure system (see 5.15.3 of IEC 62271-1:2007). This means that no liquid loss shall be detected during its specified lifetime.

### 7.9.2 Gas tightness for grading capacitors immersed in gas

Immersing in its most severe ambient conditions (maximum gas-pressure and -temperature), the maximum gas (for example SF<sub>6</sub>) content of the oil shall not exceed a level corresponding to a leakage rate of 10<sup>-6</sup> cm<sup>3</sup>/s at 100 kPa for 1 dm<sup>3</sup> oil.

## 8 Type tests

### 8.1 Information for identification of specimens

The manufacturer shall submit to the testing laboratory, drawings and other data containing sufficient information to unambiguously identify the type with essential details and parts of the capacitor presented for test, containing at least the following information:

- capacitance value with tolerance
- $\tan\delta$  max permissible value at specified voltage
- rated voltage  $U_{cr}$
- temperature range
- rated insulation level (power frequency, BIL/SIL)
- partial discharge permissible value at specified voltage
- weight
- quantity of oil
- capacitance change in case of one capacitive element breakdown (short-circuit)

After completion of verification, the reference of the drawing/data shall be retained by the test laboratory. The detail drawings and other data should be returned to the manufacturer. The manufacturer shall maintain detailed design records of all component parts of the switchgear and controlgear tested and shall ensure that these may be identified from information included in the drawings and data schedules. The testing laboratory shall check that drawings and data

schedules adequately represent the essential details and parts of the capacitor to be tested but shall not be responsible for the accuracy of the detailed information. The test specimen shall be clearly identified in the test report to guarantee the traceability (serial number, part number, product family, type number, reference to manufacturing reference).

NOTE An individual type test need not be repeated for a change of construction detail, if the manufacturer can demonstrate that this change does not influence the result of that individual type test.

## 8.2 Information to be included in type-test reports

The results of all type-tests shall be recorded in type-test reports containing sufficient data to prove compliance with the ratings and the test clauses of the relevant standards. Sufficient information shall be included so that the essential parts of the capacitor can be identified. In particular, the following information shall be included:

- manufacturer;
- type designation and serial number of capacitor tested;
- rated characteristics of capacitor tested as specified in the relevant IEC standard;
- general description (by manufacturer) of capacitor tested;
- photographs to illustrate the condition of capacitor before and after test;
- sufficient outline drawings and data schedules to represent the capacitor tested;
- reference numbers of all drawings including revision number submitted to identify the essential parts of the capacitor tested;
- IEC standard 62146-1 with year of publication;
- details of the testing arrangements (including diagram of test circuit);
- statements of the behaviour of the capacitor during tests, its condition after tests and any parts renewed or reconditioned during the tests;
- records of the test quantities during each test or test duty, as specified in the relevant IEC standard.

## 8.3 Test conditions

The order or possible combination of the type tests is at the discretion of the capacitor manufacturer, except the dielectric test which has to be done according to Figure 1 .

The type tests can be carried out on different units; electrical type tests (Figure 1) have to be made on the same unit. The number of samples is one for each test.

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.

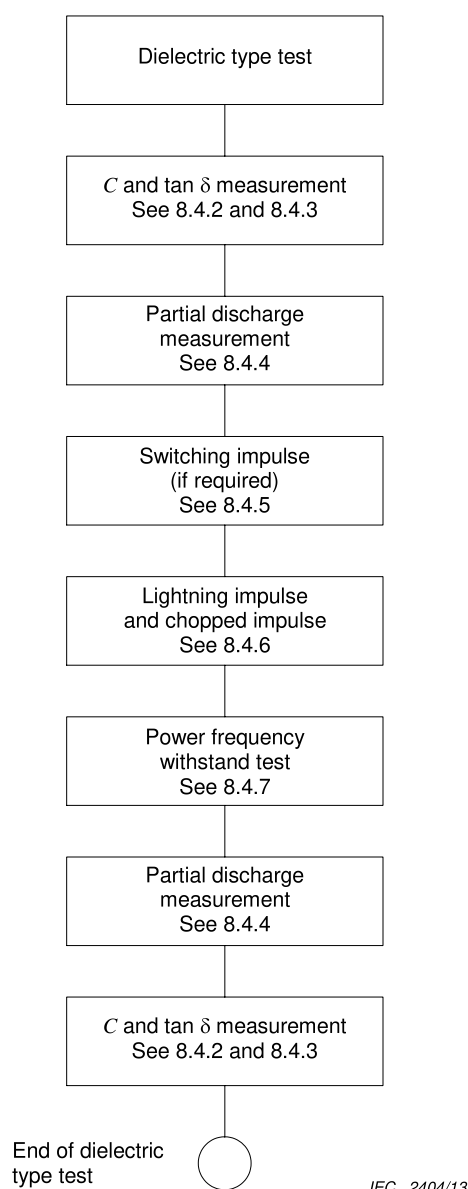
Unless otherwise specified the a.c. tests and measurements shall be carried out at a frequency between 0,8 and 1,2 times the rated frequency for capacitors with a rated frequency of 50 Hz or higher and at a frequency between 40 Hz and 72 Hz for capacitors with a rated frequency below 50 Hz.



## 8.4 Dielectric tests

### 8.4.1 General

The objective of the dielectric tests is to test the withstand capability of the internal part of the capacitor. It is assumed that the wet tests are performed with the grading capacitor mounted on the circuit-breaker as part of the circuit-breaker type tests. For that reason, the wet tests can be omitted for the grading capacitor alone.



**Figure 1 – Dielectric type tests**

### 8.4.2 Capacitance measurement at power frequency

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 given.

The initial and final capacitance measurement shall be carried out at a voltage between 1 and 1,2 times the voltage  $U_{cr}$  before and after the voltage tests (see 8.4.7).

The acceptance criteria is that the change of capacitance before and after the test shall not be higher than the value “Capacitance change in case of one capacitive element breakdown (see Note 1)” specified on the data sheet of the capacitor.

NOTE 1 The capacitance change is the following according to the formula:

$$\Delta C < C \times \left( \frac{n}{n-1} - 1 \right)$$

where

$C$  is the 1<sup>st</sup> measured value

$n$  is the number of elements in series in the capacitor.

NOTE 2 If the dielectric system of the capacitor is such that the measured capacitance varies with the voltage, it is more meaningful to repeat the capacitance measurement after the voltage test at the same voltage as that previously used and then at the rated voltage.

NOTE 3 If the number of elements in series in the tested unit is large, it may be difficult to ascertain that 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 voltage tests;
- capacitance change caused by temperature difference of the capacitor before and after the tests. In this case, it should be proven by the capacitor manufacturer that no puncture had occurred. This can be done by, for example, comparing the capacitance variations of capacitors of the same type and/or by calculation of the capacitance change caused by the temperature increase during the test. In view of the uncertainty in the case where measurements are made on a stack, it may be preferable to carry out these measurements on each unit separately.

NOTE 3 Measurement of the capacitance may be made at a frequency outside the rated frequency range, provided an appropriate correction factor is agreed.

### 8.4.3 Measurement of the tangent of the loss angle ( $\tan\delta$ )

The capacitor losses ( $\tan\delta$ ) shall be measured at a voltage between 1 and 1,2 times the voltage  $U_{cr}$  after the voltage tests, using a method that excludes errors due to harmonics and to accessories in the measuring circuit. The measured value before and after the type test shall not be higher than the maximum value specified on the data sheet of the capacitor.

The accuracy of the measuring method shall be given.

NOTE 1 Since the  $\tan\delta$  value of certain types of dielectric is a function of the energisation time before the measurement, (see [1]<sup>1</sup>), the  $\tan\delta$  measurement at 10 kV will not give repeatable values.

NOTE 2 Measurement of the losses may be made at a frequency outside the rated frequency range, provided an appropriate correction factor is agreed upon.

### 8.4.4 Partial discharge test

After a pre-stressing performed according to procedure A or B, the partial discharge test voltage specified in Table 1 is applied and the corresponding partial discharge level shall be measured within 30 s.

The limits of partial discharge level are specified in Table 1.

Procedure A: The partial discharge test voltages are reached while decreasing the voltage after the power frequency withstand test (8.4.7), which covers the pre-stress voltage.

<sup>1</sup> Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

Procedure B: The partial discharge test is performed after the a.c. 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.

The preferred method is the procedure A; in case of limitation of the laboratory the procedure B can be applied. The test method used shall be indicated in the test report. The test circuit for the measurement of partial discharges shall be in accordance with 4.2 of IEC 60270:2000.

**Table 1 – Partial discharge test voltages and permissible levels**

	Pre-stress voltage	Measuring voltage	Permissible partial discharge level
			Apparent charge
Air insulated capacitor	80 % $U_{CPF}$ a.c. short-duration power-frequency test	$1,5 \times U_{cr}$	$\leq 5$ pC
Immersed capacitors		$1,5 \times U_{cr}$	$\leq 3$ pC
NOTE For capacitors having very large rated capacitance, a partial discharge test with the values specified above may be impossible to carry out because of the poor transmission factor and the power limitation of the test transformer. In such cases, the relevant values will be agreed upon between capacitor manufacturer and purchaser.			

#### 8.4.5 Switching impulse voltage test

The test shall be performed on all grading capacitors for installation on circuit-breaker having a rated voltage  $U_r \geq 300$  kV.

Fifteen switching impulses of each polarity, with a peak value  $U_{SIWL}$  according to 6.2, shall be applied between the terminals.

The waveform of the applied impulses shall be the standard wave 250/2 500  $\mu$ s in accordance with IEC 60060-1.

It is permissible, after changing polarity, to apply some impulses of reduced amplitude before the application of the test impulses.

The capacitor has passed the test if:

- not more than two external flashovers occur on either polarity,
- no internal breakdown has occurred, which shall be verified by means of records of the impulse voltage wave and by a measurement of the capacitance,  $\tan\delta$  and partial discharges of the units at the rated voltage before and after the test (see 8.4.2, 8.4.3 and 8.4.4).

Voltage records shall be made of each impulse.

NOTE1 Mounting of the capacitor on a metal pedestal influences the switching impulse withstand characteristics. It is therefore acceptable to perform the test with a pedestal mounting corresponding to the service conditions. Direct positioning on an earthed floor is the most severe case.

NOTE 2 The arrangement of the line connection can influence the flashover characteristics. It may therefore be necessary to perform the type test with a line connection corresponding to service conditions at the option of the capacitor manufacturer.

#### 8.4.6 Lightning and chopped impulse voltage test

The test is applicable to all types of capacitors.

The capacitor shall be subjected successively to:

- 15 lightning impulses of positive polarity; followed by
- 1 lightning impulse of negative polarity; followed by
- 3 chopped lightning impulses of negative polarity; and by
- 14 lightning impulses of negative polarity.

The lightning impulses ( $U_{\text{CLIWL}}$ ,  $U_{\text{CCHOPPED}}$ ) with a peak value according to 6.2, shall be applied between the terminals.

The waveform of the applied impulses shall be the standard wave 1,2/50  $\mu\text{s}$  in accordance with IEC 60060-1.

The chopped impulse shall be a standard lightning impulse, and the time to sparkover on the chopping device shall be between 2  $\mu\text{s}$  and 3  $\mu\text{s}$ .

No damping resistor is allowed during this test, the chopping circuit shall be as small as possible to limit the natural damping of the overswing in the opposite polarity so as to be as close as possible to normal service conditions. For an immersed grading capacitor, the chopping gap has to be mounted in parallel to the capacitor in its immersed environment.

It is permissible, after changing polarity, to apply some impulses of reduced amplitude before the application of the test impulses.

For the outdoor capacitors the chopping could be in air, for the immersed capacitors the chopping shall be in the immersing gas/liquid or in another equivalent gas/liquid.

The capacitor has passed the test if:

- not more than two external flashovers occur on either polarity,
- no internal breakdown has occurred, which shall be verified by means of records of the impulse voltage wave and by a measurement of the capacitance,  $\tan\delta$  and partial discharges of the units at the rated voltage before and after the test (see 8.4.2, 8.4.3 and 8.4.4).

Voltage records shall be made of each impulse.

#### **8.4.7 Power frequency voltage test.**

The test shall be performed on all grading capacitors. The value of the voltage  $U_{\text{PF}}$  shall be according to 6.2.

The power frequency voltage withstand test shall be carried out in accordance with IEC 60060-1. The voltage shall be maintained for 1 min.

The capacitor has passed the test if:

- no flashover occurs external to the grading capacitor,
- no internal breakdown occurs, which shall be verified by a measurement of the capacitance,  $\tan\delta$  and partial discharges of the units before and after the test (see 8.4.2, 8.4.3 and 8.4.4).

The dielectric test is passed if each acceptance criteria for each test (8.4.2 to 8.4.7) are covered.

### 8.5 Voltage test at low and high temperature

The test can be carried out on a sample or a full size capacitor. The dielectric routine tests (see Figure 2) shall be carried out before the test.

An a.c. voltage of  $2U_{cr}$  shall be applied for 2 h between the terminals of the capacitors maintained at a temperature equal to the minimum value specified for the capacitor.

An a.c. voltage of  $2U_{cr}$  shall be applied for 2 h between the terminals in an atmosphere lightly ventilated and with a temperature of air approximately equal to the maximum value specified for the capacitor.

After these tests, the capacitor shall pass the dielectric routine tests (see Figure 2) at ambient temperature.

### 8.6 Radio interference voltage (RIV) test

The RIV is dependent on the geometry of the capacitor together with the geometry of the circuit-breaker.

It is assumed that the RIV test is performed with the grading capacitor mounted on the circuit-breaker as part of the circuit-breaker type tests. For that reason, the RIV tests can be omitted for the grading capacitor alone.

### 8.7 Resonance frequency measurements

The following methods can be applied:

- d.c. discharge according to Annex B;
- frequency response;
- capacitance measurement.

The resonance frequency shall be higher than 700 KHz.

### 8.8 Mechanical bending test

A test force  $F_C$  shall be applied to the top terminal of the capacitor perpendicular to its axis and in the two directions related to the fixing devices, with an angle of 90 ° between them, each for a duration of 1 min.

The value of the test force  $F_C$  is calculated from the bending moment  $M_C$  defined in 7.4.

NOTE In case of completely axis symmetrical construction, the bending test needs to be performed in one direction only.

The capacitor has successfully passed the test if there is no rupture and no evidence of leakage.

The method of detection shall be the one of IEC 60068-2-17:1994, Clause C.2.

For a gas filled grading capacitor the test could be carried out with the gas at atmospheric pressure, but the applied force  $F_C$  shall be increased of an equivalent value to the gas filling pressure calculated in accordance with IEC 62155:2003, Annex D.

Upon agreement between capacitor manufacturer and user an alternative to the above described method may be used to check the mechanical strength of the capacitor.

### 8.9 Tightness test at different temperatures

The test is applicable to all types of liquid filled grading capacitors. The test may be performed on a complete capacitor or on a sample.

For a capacitor with internal pressurised bellows, the capacitor shall be assembled as for normal operation.

The capacitor with atmospheric pressure in service shall be filled at a minimum pressure of  $0,1 \text{ MPa} \pm 0,01 \text{ MPa}$  above the maximum internal operating pressure at  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

The capacitor has to be subjected to a temperature cycle between the maximum ambient temperature, according to the temperature category, increased by the self-heating of the capacitor at rated voltage and minimum ambient temperature, according to the temperature category with a minimum rate of  $10 \text{ }^\circ\text{C/h}$ . The maximum and minimum temperatures have to be maintained so that the temperature in the heart of the capacitor reaches these maximum and minimum temperatures during at least 2 h.

NOTE 1 The selfheating of the capacitor is calculated by the capacitor manufacturer.

NOTE 2 The time constant of a capacitor to reach a uniform temperature is in the range of 1 to 2 h.

The complete cycle shall be repeated ten times.

After the ten cycles, the sample shall pass the test in accordance with 9.6.

### 8.10 Tightness test to check gas ingress from a pressurised environment

The test can be done with a complete capacitor or a sample.

The test is applicable only to all completely immersed grading capacitors, according to 3.7, hermetically sealed and with the service environment around them pressurised at a pressure higher than the internal capacitor pressure at the same temperature.

The capacitor is put in a gas-tight enclosure. The enclosure is filled up with the service insulation gas under the service pressure (for example  $0,5 \text{ MPa (abs)}$  at  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ), then the enclosure is heated up and maintained at the same temperature during 40 days at  $90 \text{ }^\circ\text{C}$ . After the 40 days, the temperature of the enclosure is reduced to ambient temperature and the pressure of the enclosure is reduced to  $0,2 \text{ MPa (abs)}$ . The samples shall be stored in the enclosure until the moment of the analysis of the oil.

The oil analysis shall be applied according to IEC 60567.

The capacitor has passed the test if:

- no visual leakages has occurred;
- no visual mechanical damage has occurred;
- the maximum gas content of the oil shall not exceed a level corresponding to a leakage rate of  $10^{-6} \text{ cm}^3/\text{s}$  at  $100 \text{ kPa}$  for  $1 \text{ dm}^3$  oil.

### 8.11 Vibration test

The mechanical impulse test using a shaking table on a complete capacitor assembly shall be used. Impulses should be made in all three directions.

In case of completely axis symmetrical construction, the bending test needs to be performed in two directions only. Prior to the impulse tests, the lowest mechanical resonance frequency should be determined by performing a frequency sweep from  $8 \text{ Hz}$  to  $200 \text{ Hz}$ .

Half sine shocks should be applied with an amplitude of 10 g. The duration of the half sine shall be 5 to 15 ms. The number of impulses shall be 1 000 (500 positive and 500 negative) in each direction.

The acceptance criteria are:

- no change bigger than 15% in the mechanical resonance frequency;
- the capacitor shall pass the tests required in 9.3, 9.4, 9.5, 9.6 and 9.7;
- visual inspection of the internal parts shall also be carried out, no defect shall be detected.

## 9 Routine tests

### 9.1 General

The order or possible combination of the tests is at the discretion of the supplier.

Before and after the a.c. short duration voltage test, measurements of dielectric dissipation factor ( $\tan\delta$ ) and capacitance shall be carried out in order to check whether damage has occurred.

Figure 2 shows a sequence of dielectric routine tests.

The measurement of partial discharge shall be made after the power frequency voltage test.

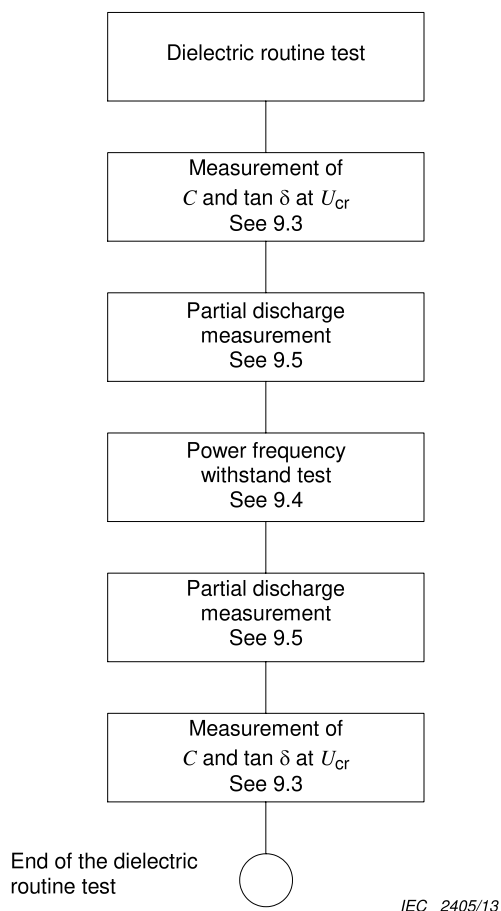


Figure 2 – Dielectric routine test

## 9.2 Test conditions

According to 8.1.

## 9.3 Capacitance and loss angle measurement at power frequency

Capacitance and  $\tan\delta$  measurement shall be done according to 8.4.2 and 8.4.3.

In order to reveal any change in capacitance due to the puncture of one or more elements during the first voltage application, a preliminary capacitance measurement shall be made before the voltage routine tests, at a sufficiently low voltage (equal or less than 30 % of rated voltage; suggested value is 10 kV in order to obtain a reference value for future site measurement) to ensure that no puncture of an element has occurred.

## 9.4 Power frequency voltage test

The test shall be done according to 8.4.7.

## 9.5 Partial discharge test

The test shall be done according to 8.4.4.

The capacitor has passed the test if:

- no flashover occurs external to the grading capacitor;
- no internal breakdown occurs, which shall be verified by a measurement of the capacitance,  $\tan\delta$  and partial discharges of the units at the rated voltage before and after the test (see 8.4.2, 8.4.3 and 8.4.4).

## 9.6 Tightness test

### 9.6.1 General

According to the insulating dielectric fluid and the application, different test method shall be applied.

### 9.6.2 Oil impregnated capacitor

#### 9.6.2.1 Air insulated grading capacitors

The capacitor shall be assembled as for normal operation, filled with the specified liquid and placed in a suitably heated enclosure maintained at the temperature of 75 °C for 12 h. A check of tightness has to be made at the exit of the oven and 48 h later.

For capacitors with internal bellows without any overpressure, a minimum pressure of  $(0,1 \pm 0,01)$  MPa above the maximum internal operating pressure at 20 °C shall be maintained inside the capacitor during the test.

The capacitor shall be considered to have passed the test if there is no evidence of leakage. The method of detection shall be the one of IEC 60068-2-17:1994, Clause C.2.

NOTE Other test methods according to IEC 60068-2-17 can be applied following an agreement between the capacitor manufacturer and purchaser.

#### 9.6.2.2 Immersed capacitors

The capacitor shall be placed in an enclosure at the maximum ambient temperature, according to the temperature range; the following program has to be applied:

- the ambient pressure in the enclosure is reduced until max 10 Pa (abs) during 12 h;



- the ambient pressure in the enclosure is increased up to 0,7 MPa (abs) during 18 h; in case of an intended application in a circuit breaker with a higher service pressure than 0,7 MPa (abs), a type test shall be performed, with an ambient pressure in the enclosure increased accordingly;
- the ambient pressure in the enclosure is reduced to a value between 100 Pa (abs) and 500 Pa (abs) during 6 h.

The tightness of the capacitor shall be checked when it is removed from the enclosure and 48 h later.

The capacitor shall be considered to have passed the test if there is no evidence of leakage. The method of detection shall be the one of IEC 60068-2-17:1994, C.2.

NOTE Other test methods according to IEC 60068-2-17 can be applied following an agreement between the capacitor manufacturer and purchaser.

### **9.6.3 Tightness test for gas filled grading capacitors**

#### **9.6.3.1 Air insulated grading capacitors**

The test is applicable to all the type of gas filled grading capacitors intended for use with permanent gas pressure higher than 0,05 MPa relative, having an internal volume equal to or greater than 1 l (1 000 cm<sup>3</sup>).

The capacitor shall be assembled as for normal operation and filled with gas at maximum operating pressure at ambient temperature. The capacitor shall be enclosed in an envelope, for example a plastic bag. The concentration of gas in the air inside the envelope shall be measured twice at an interval of equal to or greater than 8 h.

The capacitor shall be considered to have passed the test if the calculated escape of gas is equal to or less than 0,5 % per year of the amount of gas contained inside the capacitor.

#### **9.6.3.2 Immersed capacitors**

The tightness test is not required for ceramic capacitors that are not sealed from the insulating fluid.

### **9.7 Visual inspection and dimensional check**

The inspections are applicable to all types of grading capacitors and shall be made on each complete grading capacitor before delivery.

No surface defects shall be tolerated which could affect the satisfactory performance in service. For porcelain, acceptance criteria are defined IEC 62155. For immersed capacitor the acceptance criteria of the surface may be specified by the purchaser.

Dimensions of parts for assembling and/or interconnection shall be in accordance with the relevant drawings, checked by sampling.

## **10 Recommendations for transport, storage, erection, operation and maintenance**

### **10.1 General**

It is essential that the transport, storage and installation of grading capacitors, as well as their operation and maintenance in service, be performed in accordance with instructions given by the capacitor manufacturer.

Consequently, the capacitor manufacturer should provide instructions for the transport, storage, installation, operation and maintenance of grading capacitors. The instructions for the transport and storage should be given at a convenient time before delivery, and the instructions for the installation, operation and maintenance should be given by the time of delivery at the latest.

It is impossible, here, to cover in detail the complete rules for the installation, operation and maintenance of each one of the different types of apparatus manufactured, but the following information is given relative to the most important points to be considered for the instructions provided by the capacitor manufacturer.

## **10.2 Conditions during transport, storage and installation**

A special agreement should be made between capacitor manufacturer and purchaser if the services conditions defined in the order cannot be guaranteed during transport and storage. Special precautions may be essential for the protection of insulation during transport, storage and installation, and prior to energising, to prevent moisture absorption due, for instance, to rain, snow or condensation. Vibrations during transport should be considered. Appropriate instructions should be given.

Gas filled capacitors should be filled to a pressure sufficient to maintain positive pressure during transportation.

## **10.3 Installation**

For each type of grading capacitor the instructions provided by the capacitor manufacturer should at least include the items listed below.

### **10.4 Unpacking and lifting**

The required information for unpacking and lifting safety, including details of any special lifting and positioning devices necessary should be given.

At the arrival on site and before the final filling, the grading capacitor should be checked according to the capacitor manufacturer instructions. For gas filled capacitor, the gas pressure measured at ambient temperature should be above the atmospheric pressure.

## **10.5 Assembly**

### **10.5.1 Mounting**

Instructions for mounting of grading capacitor, these instructions should indicate the total mass of the grading capacitor.

The gas filled capacitors should be filled with the specified gas to the rated filling pressure specified by the capacitor manufacturer.

### **10.5.2 Connections to metal parts**

It shall be possible to make reliable connections to any metal parts or terminals of the capacitor to enable the potential of these metal parts to be fixed.

The capacitor manufacturer shall prescribe the maximum tolerances admitted on the holes used to the purchaser for assembling the grading capacitor on the circuit-breaker.

The tolerances shall be relevant to the diameter or the angle deviation, from the assigned design position, of the fixing hole or any other dimension sufficient to avoid any torsion and tensile stress applied to the capacitor terminals.

### **10.5.3 Final installation inspection**

Instruction should be provided for inspection and tests that should be made after the grading capacitor has been installed and all connections have been completed.

## **10.6 Operation**

The instructions given by the capacitor manufacturer should contain the following information:

- a general description of the equipment with particular attention to the technical description of its characteristics and all operation features provided, so that the user has an adequate understanding of the main principles involved;
- a description of the safety features of the equipment and their operation;
- as relevant, a description of the action to be taken to manipulate the equipment for maintenance and testing.

## **10.7 Maintenance**

### **10.7.1 General**

The capacitor manufacturer shall provide a maintenance instruction which will be implemented in the circuit-breaker maintenance manual.

### **10.7.2 Recommendation for the installation and maintenance**

The capacitor manufacturer shall issue a maintenance manual which includes the following information:

- a) schedule maintenance frequency and define acceptance criteria;
- b) how to proceed with the equipment at the end of its operating life, taking into consideration environmental requirements.

The capacitor manufacturer shall inform the purchasers of a particular type of grading capacitor about corrective actions required by possible systematic defects and failures.

## **11 Safety**

### **11.1 General**

High-voltage equipment can be safe only when installed in accordance with the relevant installations rules, and used and maintained in accordance with the capacitor manufacturer's instructions.

High-voltage equipment is normally only accessible by instructed persons. It should be operated and maintained by skilled persons. When unrestricted access is available to grading capacitor, additional safety features may be required.

### **11.2 Precautions by manufacturers**

Manufacturers should take the following precautions:

- Explain the safe operation of the switchgear clearly in the instruction manuals. Explain the precautions to prevent improper operation and the consequences of improper operation.
- Provide the user and/or contractor with appropriate information related to the design of the surrounding area to minimise personnel risks in case a failure occurs.

### **11.3 Precautions by users**

As grading capacitor is part of circuit-breaker, the precautions by users shall follow the switchgear standard IEC 62271-1.

The purchaser shall specify, at the time of ordering, any special requirements relating to safety regulations which apply to the country in which the capacitor is to be installed.

### **11.4 National regulations**

The purchaser shall specify, at the time of ordering, any special requirements relating to safety regulations which apply to the country in which the capacitor is to be installed.

## **12 Environmental aspects**

The need to minimise the impact of grading capacitors on the environment during all phases of their life is recognised.

IEC Guide 109 gives guidance in this respect in term of life cycle impacts, recycling and disposal at the end of life.

The capacitor manufacturer should specify information regarding the relation between operation during service life, dismantling of the equipment and environmental aspects. When capacitors are filled with products that shall not be dispersed into the environment, precautions shall be taken. In some countries, there are legal requirements in this respect

## **Annex A** (informative)

### **Corrosion: Information regarding service conditions and recommended test requirements**

#### **A.1 General**

The minimum requirement for capacitors with regard to corrosion is that the function of the equipment should not be affected by corrosion under the conditions specified by the user. Due to the many variables involved, for example, design of equipment, service conditions, user maintenance practices, and the expected life of the equipment; standardized requirements and verification testing is left to the relevant equipment standards or to agreement between the user and the capacitor manufacturer. In either case, however, the guidelines on A.2 should be followed.

NOTE When a surface becomes and remains wet, the two main factors involved in atmospheric corrosion are sodium chloride, mainly in marine environments, and sulphur dioxide, mainly in industrial environments. Occasionally, both of these factors apply at the same time.

#### **A.2 Recommended test requirements**

The tests and test methods are related to the material used in the equipment and are recommended when required by the relevant equipment standard or by agreement between the user and capacitor manufacturer.

Specific corrosion and humidity tests should be performed according to the relevant IEC standard. Reference is made to IEC 60068-2-11 and 60068-2-42.

## Annex B (informative)

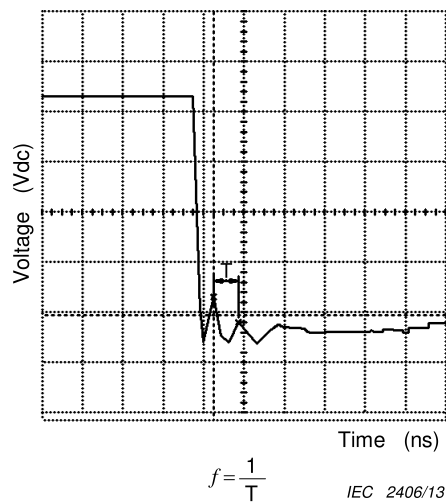
### Resonance frequency measurements

The grading capacitor shall be charged to a d.c. voltage between 200 and 1 000 V.

The capacitor shall be discharged with minimum damping resistance of the circuit.

The loop of the wire connections have to be as small as possible to minimise the external circuit inductance.

The voltage or the current shall be recorded by an oscilloscope and the resonance frequency measured on the base of the first period of voltage or current oscillation after the short-circuit (see Figure B.1).



**Figure B.1 – Example of resonance frequency measurement recording (see 8.7)**

## Bibliography

- [1] CARTON, C.G. Dielectric loss in thin films of insulating liquids. *J. Inst. Elec. Engrs.* 1941, 88(2), 103-120
- [2] CIGRE. Operating environment of voltage grading capacitors applied to high voltage circuit-breakers. *Technical Brochure. 2009*, 368

IEC 60068-2-11, *Environmental testing - Part 2: Tests. Test Ka: Salt mist*

IEC 60068-2-42, *Environmental testing – Part 2-42: Tests – Test Kc: Sulphur dioxide test for contacts and connections*

---

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	37
1 Domaine d'application.....	39
2 Références normatives.....	39
3 Termes et définitions.....	40
4 Abréviations.....	46
5 Conditions normales et spéciales de service.....	46
5.1 Généralités.....	46
5.2 Conditions normales de service.....	46
5.2.1 Température ambiante.....	46
5.2.2 Contraintes et vibrations mécaniques.....	46
5.2.3 Conditions de service supplémentaires pour un condensateur de répartition utilisé en intérieur et immergé totalement.....	47
5.3 Conditions spéciales de service.....	47
5.3.1 Généralités.....	47
5.3.2 Séismes.....	47
6 Caractéristiques assignées.....	47
6.1 Tension assignée ( $U_{Cr}$ ).....	47
6.2 Niveau d'isolement assigné.....	47
6.3 Fréquence assignée ( $f_r$ ).....	49
7 Conception et construction.....	49
7.1 Tolérances de capacité.....	49
7.2 Exigences concernant les pertes d'un condensateur.....	49
7.3 Angle d'installation.....	49
7.4 Valeur de tenue minimale de la charge de flexion mécanique.....	49
7.4.2 Condensateurs immergés.....	50
7.4.1 Condensateurs montés sur des disjoncteurs isolés dans l'air.....	49
7.5 Exigences concernant le milieu d'imprégnation du condensateur.....	50
7.6 Protection contre la corrosion.....	50
7.7 Plaques signalétiques.....	50
7.8 Lignes de fuite pour les isolateurs d'extérieur.....	50
7.9 Etanchéité.....	50
7.9.1 Etanchéité au liquide.....	50
7.9.2 Etanchéité au gaz des condensateurs de répartition immergés dans un gaz.....	50
8 Essais de type.....	51
8.1 Informations pour l'identification des éprouvettes.....	51
8.2 Informations à inclure dans les rapports d'essai de type.....	51
8.3 Conditions d'essai.....	52
8.4 Essais diélectriques.....	52
8.4.1 Généralités.....	52
8.4.2 Mesure de la capacité à fréquence industrielle.....	53
8.4.3 Mesure de la tangente de l'angle de perte ( $\tan\delta$ ).....	54
8.4.4 Essai de décharges partielles.....	54
8.4.5 Essai de tension de chocs de manœuvre.....	55
8.4.6 Essai de tension de chocs de foudre et de chocs coupés.....	55
8.4.7 Essai de tension à fréquence industrielle.....	56



8.5	Essai de tension à basse et haute températures.....	56
8.6	Essai de tension de perturbation radioélectrique (RIV – Radio Interference voltage).....	57
8.7	Mesures de la fréquence de résonance.....	57
8.8	Essai de flexion mécanique.....	57
8.9	Essai d'étanchéité à des températures différentes.....	57
8.10	Essai d'étanchéité permettant de vérifier la pénétration de gaz d'un environnement sous pression.....	58
8.11	Essai de vibrations.....	58
9	Essais individuels de série.....	59
9.1	Généralités.....	59
9.2	Conditions d'essai.....	60
9.3	Mesure de la capacité et de l'angle de perte à fréquence industrielle.....	60
9.4	Essai de tension à fréquence industrielle.....	60
9.5	Essai de décharges partielles.....	60
9.6	Essai d'étanchéité.....	60
9.6.1	Généralités.....	60
9.6.2	Condensateur imprégné d'huile.....	60
9.6.3	Essai d'étanchéité pour des condensateurs de répartition remplis de gaz.....	61
9.7	Inspection visuelle et vérification dimensionnelle.....	61
10	Recommandations pour le transport, le stockage, le montage, la manœuvre et la maintenance.....	62
10.1	Généralités.....	62
10.2	Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation.....	62
10.3	Installation.....	62
10.4	Déballage et manutention.....	62
10.5	Assemblage.....	62
10.5.1	Montage.....	62
10.5.2	Raccordements aux parties métalliques.....	63
10.5.3	Inspection finale de l'installation.....	63
10.6	Fonctionnement.....	63
10.7	Maintenance.....	63
10.7.1	Généralités.....	63
10.7.2	Recommandations pour l'installation et la maintenance.....	63
11	Sécurité.....	63
11.1	Généralités.....	63
11.2	Mesures de précaution devant être prises par les constructeurs.....	64
11.3	Mesures de précaution devant être prises par les utilisateurs.....	64
11.4	Réglementations nationales.....	64
12	Aspects liés à l'environnement.....	64
	Annexe A (informative) Corrosion: Informations concernant les conditions de service et les exigences d'essai recommandées.....	65
	Annexe B (informative) Mesures de la fréquence de résonance.....	66
	Bibliographie.....	67

Figure 1 – Essais de type diélectriques .....	53
Figure 2 – Essai individuel de série diélectrique .....	59
Figure B.1 – Exemple d'enregistrement de la mesure de la fréquence de résonance (voir 8.7).....	66
Tableau 1 – Tensions d'essai de décharges partielles et niveaux admissibles .....	55

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

# CONDENSATEURS DE RÉPARTITION POUR DISJONCTEURS À COURANT ALTERNATIF HAUTE TENSION –

## Partie 1: Généralités

### AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

#### **DÉGAGEMENT DE RESPONSABILITÉ**

**Cette version consolidée n'est pas une Norme IEC officielle, elle a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Seules les versions courantes de cette norme et de son(s) amendement(s) doivent être considérées comme les documents officiels.**

**Cette version consolidée de l'IEC 62146-1 porte le numéro d'édition 1.1. Elle comprend la première édition (2013-09) [documents 33/535/FDIS et 33/541/RVD] et son amendement 1 (2016-06) [documents 33/583/FDIS et 33/586/RVD]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à son amendement.**

**Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par l'amendement 1. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.**

La Norme internationale IEC 62146-1 a été établie par le comité d'études 33 de l'IEC: Condensateurs de puissance et leurs applications.

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62146, publiées sous le titre général *Condensateurs pour disjoncteurs à courant alternatif haute tension*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

# CONDENSATEURS DE RÉPARTITION POUR DISJONCTEURS À COURANT ALTERNATIF HAUTE TENSION –

## Partie 1: Généralités

### 1 Domaine d'application

La présente partie de la série IEC 62146 s'applique aux condensateurs de répartition utilisés sur les disjoncteurs. Ces condensateurs ont pour fonction de contrôler la répartition de la tension entre chaque interrupteur d'un disjoncteur à coupure multiple.

Les condensateurs de répartition peuvent également être utilisés parallèlement à l'interrupteur de disjoncteurs à coupure unique afin de modifier la tension transitoire de rétablissement (TRV – Transient Recovery Voltage).

Le condensateur de répartition est un sous-composant du disjoncteur et il est spécifié conformément aux spécifications des disjoncteurs.

La présente norme s'applique aux condensateurs de répartition à l'huile, à gaz et céramique relevant de l'une ou des deux catégories suivantes pour:

- l'installation sur les disjoncteurs isolés dans l'air;
- l'installation sur des disjoncteurs protégés (par exemple, immergés dans du gaz SF<sub>6</sub>, dans l'huile, etc.).

L'essai applicable à chacune des applications susmentionnées est différent dans certains cas.

La présente norme a pour objet de:

- définir des règles uniformes concernant les performances, essais et caractéristiques assignées;
- définir des règles de sécurité spécifiques;
- fournir un guide d'installation et d'exploitation.

NOTE La Brochure technique CIGRÉ 368 [2] présente une étude sur l'environnement de fonctionnement des condensateurs de répartition de la tension dans les applications de disjoncteurs à haute tension.

La présente norme ne s'applique pas aux condensateurs phase-terre installés sur le disjoncteur pour modifier la tension transitoire de rétablissement.

### 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire électrotechnique international* (disponible sous <<http://www.electropedia.org>>)

IEC 60060-1:2010, *Technique des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et exigences générales*

IEC 60068-2-17:1994, *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique – Partie 2-17: Essais – Essai Q: Etanchéité*

IEC 60071-1:2006, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

IEC 60270:2000, *Techniques des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles*

IEC 60376:2005: *Spécifications de la qualité technique de l'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>) pour utilisation dans les appareils électriques*

IEC 60507:1991, *Essais sous pollution artificielle des isolateurs pour haute tension destinés aux réseaux à courant alternatif*

IEC 60567:2011, *Matériels électriques immergés – Echantillonnage de gaz et analyse des gaz libres et dissous – Lignes directrices*

IEC 60721-1:2002, *Classification des conditions d'environnement – Partie 1: Agents d'environnement et leurs sévérités*

IEC 60815 (toutes les parties), *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions* (disponible en anglais seulement)

IEC 61462:2007, *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*

IEC 62155:2003, *Isolateurs creux avec ou sans pression interne, en matière céramique ou en verre, pour utilisation dans des appareillages électriques prévus pour des tensions nominales supérieures à 1 000 V*

IEC 62271-1:2007, *Appareillage à haute tension – Partie 1: Spécifications communes*

IEC 62271-100:2008, *Appareillage à haute tension – Partie 100: Disjoncteurs à courant alternatif*

IEC 62271-203:2003, *Appareillage à haute tension – Partie 203: Appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tensions assignées supérieures à 52 kV*

IEC 62271-300:2006, *Appareillage à haute tension – Partie 300: Qualification sismique des disjoncteurs à courant alternatif*

Guide IEC 109, *Aspects liés à l'environnement – Prise en compte dans les normes électrotechniques de produits*

CISPR 18-2:1986, *Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment – Part 2: Methods of measurement and procedure for determining limits* (disponible en anglais seulement)

### 3 Termes et définitions

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

#### 3.1

##### **distance d'arc**

plus courte distance dans l'air à l'extérieur de l'isolateur entre les parties métalliques sur lesquelles on applique normalement la tension de service

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-01]

### 3.2

#### **élément de condensateur**

dispositif constitué essentiellement par deux électrodes séparées par un diélectrique

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

### 3.3

#### **pertes d'un condensateur**

puissance active dissipée dans le condensateur

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

### 3.4

#### **bornes de condensateur**

bornes destinées à être connectées électriquement et mécaniquement aux bornes des interrupteurs des disjoncteurs

### 3.5

#### **tolérance de capacité**

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

Note 1 à l'article: Il convient de mesurer la capacité réelle à, ou en référence à, la température à laquelle la capacité assignée est définie.

[SOURCE: IEC 60050-436:1990, 436-04-01, modifié par l'addition de la Note à l'article]

### 3.6

#### **condensateur unitaire unité (de condensateur)**

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

Note 1 à l'article: Un type commun d'unité de condensateurs de répartition comprend une enveloppe cylindrique en matériau isolant et des brides d'extrémité métalliques utilisées comme des bornes.

[SOURCE: IEC 60050-436:1990, 436-01-04, modifié par l'addition de la Note à l'article]

### 3.7

#### **condensateur immergé totalement**

condensateur dont les deux extrémités sont destinées à l'immersion dans un milieu isolant autre que l'air (par exemple, huile ou gaz)

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-02-04, modifié (la définition fait référence à l'origine aux "traversées" au lieu des "condensateurs")]

### 3.8

#### **ligne de fuite**

distance la plus courte le long de la surface d'un matériau isolant solide entre deux parties conductrices

Note 1 à l'article: La surface du ciment ou de toute autre matière de scellement non isolante n'est pas considérée comme faisant partie de la ligne de fuite.

Note 2 à l'article: Si un revêtement à haute résistance est appliqué sur certaines parties du corps isolant d'un isolateur, ces parties sont considérées comme surfaces isolantes effectives et la distance mesurée à la surface de ces parties est incluse dans la ligne de fuite.

[SOURCE: IEC 60050-604:1987, 604-03-61, modifié par l'addition des Notes à l'article]

### **3.9** **diélectrique d'un condensateur**

matériau isolant entre les électrodes de l'élément d'un condensateur

Note 1 à l'article: L'isolation principale est constituée généralement de papier, de film plastique ou une combinaison de papier et de film plastique, traitée et imprégnée ensuite d'huile ou de gaz à la pression atmosphérique ou une pression supérieure.

### **3.10** **isolation externe**

distance dans l'air et surfaces des isolations du condensateur de répartition en contact avec l'air libre, qui sont soumises aux contraintes diélectriques

Note 1 à l'article: Elles sont également soumises à l'influence des conditions atmosphériques ou d'autres agents externes tels que la pollution, l'humidité, la glace, les animaux, etc.

### **3.11** **défaillance**

cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise

Note 1 à l'article: Après défaillance d'une entité, cette entité est en état de panne.

Note 2 à l'article: Une défaillance est un passage d'un état à un autre, par opposition à une panne, qui est un état.

Note 3 à l'article: La notion de défaillance, telle qu'elle est définie, ne s'applique pas à une entité constituée seulement de logiciel.

[SOURCE: IEC 60050-191:1990, 191-04-01]

### **3.12** **contournement**

claquage électrique entre des conducteurs dans un gaz, un liquide ou le vide, au moins en partie le long de la surface d'une isolation solide

[SOURCE: IEC 60050-212:2012, 212-11-47]

### **3.13** **condensateur de répartition**

condensateur destiné à être installé sur des disjoncteurs haute tension afin de contrôler la répartition de la tension sur chaque interrupteur

Note 1 à l'article: Les condensateurs de répartition seuls constituent des accessoires du disjoncteur.

### **3.14** **condensateur d'intérieur**

condensateur dont les deux extrémités sont destinées à être dans l'air ambiant à la pression atmosphérique mais non soumises aux conditions atmosphériques extérieures

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-02-05, modifié (la définition fait référence à l'origine aux "traversées" au lieu des "condensateurs")]

### **3.15** **enveloppe isolante**

isolateur creux, ouvert de part en part, muni ou non d'ailettes, incluant les armatures d'extrémité

Note 1 à l'article: Une enveloppe isolante peut être constituée d'un ou plusieurs éléments d'isolateurs assemblés d'une façon permanente.



Note 2 à l'article: L'enveloppe isolante peut être constituée d'un matériau céramique, de verre ou d'un matériau inorganique analogue, de résine coulée ou moulée, d'un matériau isolant composite, en une ou plusieurs pièces assemblées d'une façon permanente.

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-01-08, modifié (la définition fait référence à l'origine aux "isolateurs creux" au lieu des "enveloppes isolantes" et une Note 2 à l'article a été ajoutée)]

### 3.16

#### **condensateur d'extérieur**

condensateur dont les deux extrémités sont destinées à être dans l'air ambiant à la pression atmosphérique et soumises aux conditions atmosphériques extérieures

[SOURCE: IEC 60050-471:2007, 471-02-07, modifié (la définition fait référence à l'origine aux "traversées" au lieu des "condensateurs")]

### 3.17

#### **Isolation interne**

éléments internes solides, liquides ou gazeux de l'isolation du condensateur de répartition qui sont à l'abri de l'influence des conditions atmosphériques

Note 1 à l'article: Ces éléments sont également à l'abri de l'influence d'autres agents externes, tels que la pollution, l'humidité, la glace, les animaux etc.

### 3.18

#### **défaillance majeure (d'un condensateur de répartition)**

défaillance d'un condensateur de répartition qui entraîne la disparition d'une fonction fondamentale.

Note 1 à l'article: Une défaillance majeure provoquera une mise hors service impérative en moins de 30 min pour une opération de maintenance non planifiée.

### 3.19

#### **contrainte mécanique**

toute contrainte mécanique appliquée à l'enveloppe isolante et aux bornes du condensateur de répartition

Note 1 à l'article: La contrainte mécanique est fonction des principales forces suivantes:

- les forces exercées sur les bornes produites par la connexion du disjoncteur;
- les forces produites par le vent et la glace;
- les forces sismiques;
- les forces produites par les conditions de fonctionnement, à savoir ouverture et fermeture, du disjoncteur.
- les forces thermiques produites par les conditions ambiantes;
- les forces produites par le transport du disjoncteur ou des condensateurs de répartition.

### 3.20

#### **défaillance mineure (d'un condensateur de répartition)**

toute défaillance d'un condensateur de répartition qui n'entraîne pas de défaillance majeure du condensateur de répartition

### 3.21

#### **perforation**

décharge disruptive se produisant à travers un matériau d'isolation solide, créant un chemin de destruction permanente

Note 1 à l'article: Ce terme est aussi utilisé comme synonyme de claquage électrique dans les solides.

[SOURCE: IEC 60050-212:2010, 212-11-49]

**3.22****capacité assignée d'un condensateur**

$C_r$   
valeur de capacité pour laquelle le condensateur a été conçu

**3.23****tension de tenue coupée assignée aux chocs de foudre**

valeur de crête requise de la tension de tenue coupée aux chocs de foudre qui caractérise l'isolation d'un condensateur de répartition eu égard aux essais de tenue

Note 1 à l'article: Les définitions et les paramètres normalisés applicables aux chocs coupés sont spécifiés dans l'IEC 60060-1.

**3.24****fréquence assignée d'un condensateur**

$f_r$   
fréquence pour laquelle le condensateur a été conçu

[SOURCE: IEC 60050-436:1990, 436-01-14, modifié par l'addition du symbole]

**3.25****niveau d'isolement assigné**

tensions d'essai que l'isolation doit pouvoir supporter dans des conditions spécifiées

Note 1 à l'article: Ces tensions d'essai peuvent être par exemple:

- a) des tensions de tenue coupées assignées aux chocs de foudre et tensions de tenue assignées de courte durée à fréquence industrielle pour les condensateurs installés sur un disjoncteur de tension assignée inférieure à 300 kV.
- b) tension de tenue assignée aux chocs de manœuvre et aux chocs de foudre, tension de tenue aux chocs coupés et tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle pour les condensateurs installés sur un disjoncteur de tension assignée supérieure ou égale à 300 kV.

Note 2 à l'article: Il convient que les niveaux d'isolement assignés du condensateur de répartition soient supérieurs ou égaux aux exigences pertinentes concernant l'interrupteur du disjoncteur.

[SOURCE: IEC 60050-421:1990, 421-09-02, Note à l'article modifiée]

**3.26****tension de tenue assignée aux chocs de foudre**

valeur de crête requise de la tension de tenue aux chocs de foudre qui caractérise l'isolation d'un équipement eu égard aux essais de tenue

Note 1 à l'article: Le choc de foudre normalisé a un temps de montée de 1,2  $\mu$ s et un temps à mi-valeur de 50  $\mu$ s comme spécifié dans l'IEC 60060-1.

**3.27****tension de tenue assignée de courte durée à fréquence industrielle**

valeur efficace de la tension sinusoïdale à fréquence industrielle à laquelle l'équipement peut résister au cours des essais réalisés dans des conditions spécifiées et pendant une durée de spécifiée

**3.28****tension de tenue assignée aux chocs de manœuvre**

valeur de crête requise de la tension de tenue aux chocs de manœuvre qui caractérise l'isolation d'un équipement eu égard aux essais de tenue

Note 1 à l'article: Le choc de manœuvre normalisé a un temps de crête de 250  $\mu$ s et un temps à mi-valeur de 2500  $\mu$ s comme spécifié dans l'IEC 60060-1.

### 3.29

#### **plage de température assignée d'un condensateur**

plage de températures de l'air ambiant ou d'un autre milieu dans lequel le condensateur est immergé pendant la durée de vie en service et pour laquelle il a été conçu

### 3.30

#### **tension assignée d'un condensateur**

$U_{cr}$

valeur efficace de la tension alternative attribuée au condensateur pour identification et à laquelle ce dernier est conçu pour fonctionner de manière continue

### 3.31

#### **tension assignée d'un disjoncteur**

$U_r$

indique la limite supérieure de la tension maximale des systèmes pour lesquels le disjoncteur est destiné

Note 1 à l'article: Voir IEC 62271-1

Note 2 à l'article:  $U_r$  utilisée dans la série IEC 62271 correspond à la valeur  $U_m$  présentée dans l'IEC 60071.

### 3.32

#### **fréquence de résonance**

fréquence pour laquelle la réactance de la capacité intrinsèque du condensateur est égale à la réactance de l'inductance propre du condensateur

### 3.33

#### **échantillon**

dispositif pour essai

Note 1 à l'article: Un condensateur complet de petite dimension ou l'enveloppe d'un condensateur de répartition avec brides d'extrémité métalliques remplies de fluide d'imprégnation constituent des exemples de ce type de dispositifs.

### 3.34

#### **tangente de l'angle de perte d'un condensateur**

( $\tan \delta$ )

rapport entre la résistance-série d'un équipement et la réactance capacitive du condensateur dans des conditions spécifiées de fréquence et de tension alternative sinusoïdale

[[SOURCE: IEC 60050-436:1990, 436-04-11]]

### 3.35

#### **facteur de répartition de la tension d'un disjoncteur**

( $F_{VG}$ )

valeur qui définit les valeurs normalisées des tensions assignées du condensateur de répartition

Note 1 à l'article: Ce facteur est le rapport entre la fraction réelle de tension maximale à fréquence industrielle aux bornes d'un interrupteur d'un disjoncteur à coupure multiple et la répartition calculée linéairement de la tension à fréquence industrielle par interrupteur.

Note 2 à l'article: Ce facteur dépend de la conception du disjoncteur, de la valeur de capacité du condensateur de répartition et sa tolérance, ainsi que de la marge de sécurité.

## 4 Abréviations

$C_r$	Capacité assignée d'un condensateur
$f_r$	Fréquence assignée d'un condensateur
$F_{VG}$	Facteur de répartition de la tension d'un disjoncteur
LIWL	Niveau de tenue aux chocs de foudre
RIV	Tension de perturbation radioélectrique
SIWL	Niveau de tenue aux chocs de manœuvre
$\tan \delta$	Tangente de l'angle de perte d'un condensateur
TRV	Tension transitoire de rétablissement
$U_{(LIWL + PF)}$	Tension combinée de tenue aux chocs de foudre et à fréquence industrielle pour le disjoncteur
$U_{(SIWL + PF)}$	Tension combinée de tenue aux chocs de manœuvre et à fréquence industrielle pour le disjoncteur
$U_{CCHOPPED}$	Tension de tenue aux chocs de foudre coupés pour le condensateur de répartition
$U_{CLIWL}$	Tension de tenue assignée aux chocs de foudre pour le condensateur de répartition
$U_{CPF}$	Tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle
$U_{cr}$	Tension assignée d'un condensateur
$U_{CSIWL}$	Tension de tenue assignée aux chocs de manœuvre pour le condensateur de répartition
$U_{PF}$	Tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle aux bornes du disjoncteur ouvert
$U_r$	Tension assignée du disjoncteur

## 5 Conditions normales et spéciales de service

### 5.1 Généralités

Les condensateurs de répartition sont destinés à être installés sur des disjoncteurs, pour lesquels les conditions normales et spéciales de service sont décrites dans l'IEC 62271-1.

Les conditions de service supplémentaires spécifiques aux condensateurs de répartition sont définies en 5.2.3.

### 5.2 Conditions normales de service

#### 5.2.1 Température ambiante

Pour une application en extérieur, les conditions normales de service du condensateur de répartition sont données dans l'IEC 62271-1.

Pour un condensateur immergé, la température environnante du condensateur peut être supérieure à l'air ambiant environnant du disjoncteur. Il convient que les valeurs préférentielles de la température environnante maximale à spécifier soient les suivantes: 60 °C, 70 °C, 80 °C.

NOTE La température de service interne du condensateur est supérieure à la température maximale environnante du condensateur et elle est prise en compte par le constructeur du condensateur.

#### 5.2.2 Contraintes et vibrations mécaniques

Contraintes et vibrations mécaniques engendrées par:

- les forces produites par l'action du vent et de la glace selon l'IEC 62271-1;
- les forces exercées sur les bornes produites par la connexion des disjoncteurs dont la valeur doit être définie par accord entre l'acheteur et le constructeur du condensateur;

- les forces produites par les opérations conséquentes aux vibrations à savoir au cours de l'ouverture et de la fermeture du disjoncteur.

Il n'est pas tenu compte des vibrations produites par les séismes pour les conditions normales de service.

### 5.2.3 Conditions de service supplémentaires pour un condensateur de répartition utilisé en intérieur et immergé totalement

Dans les cas des applications dans du gaz SF<sub>6</sub>, les condensateurs de répartition immergés totalement sont soumis aux autres conditions suivantes:

- l'influence de la pression de gaz SF<sub>6</sub>;
- la résistance des matériaux constitutifs du condensateur aux produits de décomposition du gaz SF<sub>6</sub>.

## 5.3 Conditions spéciales de service

### 5.3.1 Généralités

Les conditions spéciales de service sont décrites dans l'IEC 62271-1; lorsqu'elles sont requises, l'acheteur les spécifie au constructeur du condensateur.

### 5.3.2 Séismes

Pour les contraintes exercées par un séisme, les condensateurs de répartition doivent être considérés comme des accessoires du disjoncteur et doivent, de cette manière, satisfaire aux règles de qualification sismique selon l'IEC 62271-300.

NOTE En supposant que les contraintes mécaniques exercées sur les disjoncteurs et produites par l'activité sismique sont traitées par les normes appropriées, les contraintes subies par le condensateur de répartition sont faibles par comparaison aux contraintes de transport ou de fonctionnement.

## 6 Caractéristiques assignées

### 6.1 Tension assignée ( $U_{cr}$ )

La tension assignée  $U_{cr}$  d'un condensateur de répartition est basée sur l'équation suivante:

$$U_{cr} = \frac{U_r \times F_{VG}}{n \times \sqrt{3}}$$

où:

$U_r$  est la tension assignée du disjoncteur;

$n$  est le nombre d'interrupteurs par pôle;

$F_{VG}$  est le facteur de répartition de la tension. Pour le calcul de la tension assignée, un facteur de 1,2 est utilisé.

NOTE 1 La valeur de 1,2 est de 20 % supérieure à la répartition linéaire de la tension et couvre la plupart des applications courantes.

NOTE 2 Dans le cas d'un disjoncteur à coupure unique, le facteur de répartition ne s'applique pas. Dans certains cas, un facteur de répartition supérieur de la tension peut être nécessaire (par exemple, en raison d'une faible capacité du condensateur de répartition et/ou d'une capacité parasite élevée du disjoncteur et/ou en cas de disjoncteur ayant plus de deux interrupteurs par pôle).

### 6.2 Niveau d'isolement assigné

Le niveau d'isolement et la valeur de la tension d'essai doivent être obtenus par les critères définis dans les articles qui traitent des essais de type et des essais individuels de série.

Des recommandations pour le choix du niveau d'isolement sont données dans:

- l'IEC 62271-1 pour le condensateur de répartition d'un disjoncteur isolé dans l'air;
- l'IEC 62271-1 pour le condensateur de répartition d'un condensateur immergé dans un disjoncteur à cuve mise à la terre;
- l'IEC 62271-203 pour le condensateur de répartition d'un condensateur immergé dans un appareillage isolé au gaz.

Un facteur de répartition réel  $F_{VG}$  pour les tensions d'essai peut être calculé pour le disjoncteur en fonction de sa conception, sinon un facteur de 1,2 doit être utilisé.

La contrainte de tension pour le condensateur doit être calculée à l'aide de l'équation suivante en utilisant la tension d'essai aux bornes du disjoncteur ouvert complet (voir IEC 62271-1):

$$U_{CPF} = \frac{U_{PF} \times F_{VG}}{n}$$

$$U_{CLIWL} = \frac{U_{(LIWL + PF)} \times F_{VG}}{n}$$

$$U_{CSIWL} = \frac{U_{(SIWL + PF)} \times F_{VG}}{n}$$

$$U_{CCHOPPED} = 1,15 \times U_{CLIWL}$$

où

$U_{CPF}$	est la tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle pour le condensateur de répartition;
$U_{PF}$	est la tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle aux bornes du disjoncteur ouvert;
$U_{CLIWL}$	est la tension de tenue assignée aux chocs de foudre pour le condensateur de répartition;
$U_{(LIWL + PF)}$	est la tension combinée de tenue aux chocs de foudre et à fréquence industrielle pour le disjoncteur;
$U_{CSIWL}$	est la tension de tenue assignée aux chocs de manœuvre pour le condensateur de répartition;
$U_{(SIWL + PF)}$	est la tension combinée de tenue aux chocs de manœuvre et à fréquence industrielle pour le disjoncteur;
$U_{CCHOPPED}$	est la tension de tenue coupée aux chocs de foudre pour le condensateur de répartition.

La valeur d'essai doit être la tension suivante la plus élevée figurant dans la liste mentionnée ci-dessous.

Les valeurs efficaces suivantes, selon l'IEC 60071-1, exprimées en kV sont normalisées comme tensions de tenue de courte durée à fréquence industrielle:

115 – 140 – 185 – 230 – 275 – 325 – 360 – 395 – 460 – 510 – 570 – 630 – 680 – 710 – 790

Les valeurs de crête suivantes, selon l'IEC 60071-1, exprimées en kV sont normalisées comme tensions de tenue assignées aux chocs de foudre et aux chocs de manœuvre:

200 – 250 – 325 – 380 – 450 – 550 – 650 – 750 – 850 – 950 – 1 050 – 1 175 – 1 300 – 1 425  
1 550 – 1 675 – 1 800 – 1 950 – 2 100 – 2 250 – 2 400

### 6.3 Fréquence assignée ( $f_r$ )

Les valeurs normalisées sont 50 Hz et 60 Hz.

## 7 Conception et construction

### 7.1 Tolérances de capacité

La capacité mesurée ne doit pas différer de la capacité assignée de plus de  $\pm 5\%$  pour les condensateurs destinés aux disjoncteurs isolés dans l'air et  $\pm 3\%$  pour les condensateurs des disjoncteurs protégés.

NOTE Des tolérances différentes peuvent faire l'objet d'un accord entre le constructeur de condensateurs et l'acheteur.

### 7.2 Exigences concernant les pertes d'un condensateur

Les pertes d'un condensateur s'expriment habituellement en termes de  $\tan\delta$ .

NOTE 1 Les pertes d'un condensateur s'expriment parfois en termes de facteur de puissance ( $\sin\delta$ )

Il convient que les exigences relatives aux pertes des condensateurs à la fréquence assignée fassent l'objet d'un accord entre le constructeur du condensateur et l'acheteur.

NOTE 2 La mesure des pertes a pour objet de vérifier l'uniformité de la production.

NOTE 3 La valeur  $\tan\delta$  dépend de la conception de l'isolation, ainsi que de la tension, la température et la fréquence de mesure.

### 7.3 Angle d'installation

Les condensateurs doivent être conçus de manière à pouvoir être installés dans toute direction: verticale, horizontale ou oblique.

### 7.4 Valeur de tenue minimale de la charge de flexion mécanique

#### 7.4.1 Condensateurs montés sur des disjoncteurs isolés dans l'air

Le moment de flexion d'essai  $M_c$  doit être calculé comme suit:

$$M_c = \left(100 + \frac{m}{2}\right) \times g \times \frac{1}{0,7} \times l$$

où

$M_c$  est exprimé en Nm;

$l$  est la longueur du condensateur en m;

$m$  est la masse du condensateur en kg;

$g$  est l'accélération due à la pesanteur 9,81 m/s<sup>2</sup>.

NOTE Le facteur de 0,7 est issu de la figure 1 de l'IEC 62155 (relation entre la valeur de l'essai de type et celle de l'essai individuel de série).

$M_c$  doit avoir une valeur minimale de 2 500 Nm.

#### 7.4.2 Condensateurs immergés

Le moment de flexion d'essai  $M_c$  doit être calculé comme suit:

$$M_c = \frac{m}{2} \times g \times \frac{1}{0,7} \times l$$

#### 7.5 Exigences concernant le milieu d'imprégnation du condensateur

Le constructeur du condensateur doit spécifier le type de milieu d'imprégnation (liquide ou gaz) utilisé dans le condensateur.

#### 7.6 Protection contre la corrosion

Elle doit être assurée par l'emploi de matériaux adaptés ou par l'application de revêtements de protection appropriés sur les surfaces exposées, compte tenu des conditions d'utilisation prévues conformément aux conditions de service énoncées à l'Article 5 (il est fait référence à l'Annexe A).

#### 7.7 Plaques signalétiques

Le condensateur doit être muni de plaques signalétiques contenant les informations suivantes:

- le nom ou la marque du constructeur du condensateur;
- l'année de fabrication;
- la désignation de type donnée par le constructeur du condensateur;
- le numéro de série ou équivalent;
- la tension assignée du condensateur ( $U_{cr}$ );
- la fréquence assignée du condensateur;
- la capacité assignée  $C_r$  et ses tolérances;
- la tension d'essai à fréquence industrielle  $U_{CPF}$ ;
- la plage de températures;
- la quantité d'huile ou la pression assignée de remplissage du gaz;
- la désignation de l'huile ou du gaz;
- la référence à l'IEC 62146-1.

#### 7.8 Lignes de fuite pour les isolateurs d'extérieur

L'IEC 60815 fournit des règles générales qui facilitent le choix des isolateurs dont il convient qu'ils donnent des performances satisfaisantes dans des conditions de pollution.

#### 7.9 Etanchéité

##### 7.9.1 Etanchéité au liquide

Un condensateur de répartition est défini comme un système à pression scellé (voir 5.15.3 de l'IEC 62271-1: 2007). Cela signifie que l'on ne doit détecter aucune perte de liquide au cours de la durée de vie spécifiée du condensateur.

##### 7.9.2 Etanchéité au gaz des condensateurs de répartition immergés dans un gaz

En immersion dans les conditions ambiantes les plus sévères (pression et température maximales du gaz), la teneur de gaz maximale (par exemple, SF<sub>6</sub>) de l'huile ne doit pas



dépasser un niveau correspondant à un taux de fuite de  $1 \times 10^{-6}$  cm<sup>3</sup>/s à une pression de 100 kPa pour un volume d'huile de 1 dm<sup>3</sup>.

## 8 Essais de type

### 8.1 Informations pour l'identification des éprouvettes

Le constructeur doit soumettre au laboratoire d'essai les plans et les autres données fournissant les informations suffisantes pour identifier sans ambiguïté le type avec les détails et les pièces essentiels de condensateur soumis à l'essai. Ces plans et données doivent contenir au moins les informations suivantes:

- la valeur de la capacité accompagnée de sa tolérance
- la valeur maximale admissible  $\tan \delta$  à la tension spécifiée
- la tension assignée  $U_{cr}$
- la plage de températures
- le niveau d'isolement assigné (fréquence industrielle, LIWL/SIWL)
- la valeur de décharges partielles admissible à la tension spécifiée
- le poids
- la quantité d'huile
- la variation de capacité en cas de claquage d'un élément capacitif (court-circuit)

L'éprouvette doit être clairement identifiée dans le rapport d'essai afin de garantir la traçabilité (numéro de série, numéro de pièce, famille de produits, numéro de type, report à la référence de fabrication).

NOTE Il n'est pas nécessaire de répéter un essai de type individuel à la suite d'une modification de détail de construction, si le constructeur peut démontrer que cette modification n'a pas d'influence sur le résultat de cet essai de type individuel.

### 8.2 Informations à inclure dans les rapports d'essai de type

Les résultats de tous les essais de type doivent être enregistrés dans des rapports d'essai de type contenant suffisamment de données pour prouver la conformité avec les caractéristiques assignées et les articles relatifs aux essais des normes applicables. Des informations suffisantes doivent également être incluses afin de pouvoir identifier les parties essentielles du condensateur. Ces rapports doivent comprendre en particulier les informations suivantes:

- le constructeur;
- la désignation du type et le numéro de série du condensateur soumis à essai;
- les caractéristiques assignées du condensateur soumis à essai, telles que spécifiées dans la norme IEC applicable;
- les plans d'encombrement du condensateur soumis à essai avec numéro de révision qui permet d'identifier complètement le condensateur soumis à essai;
- la norme IEC avec son année de publication;
- les détails des dispositions d'essai (y compris le schéma du circuit d'essai);
- son état après les essais;
- les enregistrements des grandeurs d'essai pendant chaque essai, comme spécifié dans la norme IEC applicable.

### 8.3 Conditions d'essai

L'ordre ou la combinaison possible des essais de type est laissé(e) au choix du constructeur du condensateur, à l'exception de l'essai de type diélectrique qui doit être réalisé selon la Figure 1.

Les essais de type peuvent être effectués sur différentes unités; les essais de type électriques (Figure 1) doivent en revanche être réalisés sur la même unité. Le nombre d'échantillons est de un pour chaque essai.

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

Il peut être supposé que la température du diélectrique est identique à celle de l'air ambiant, sous réserve que le condensateur ait été maintenu hors tension à une température constante de l'air ambiant pendant une période adéquate.

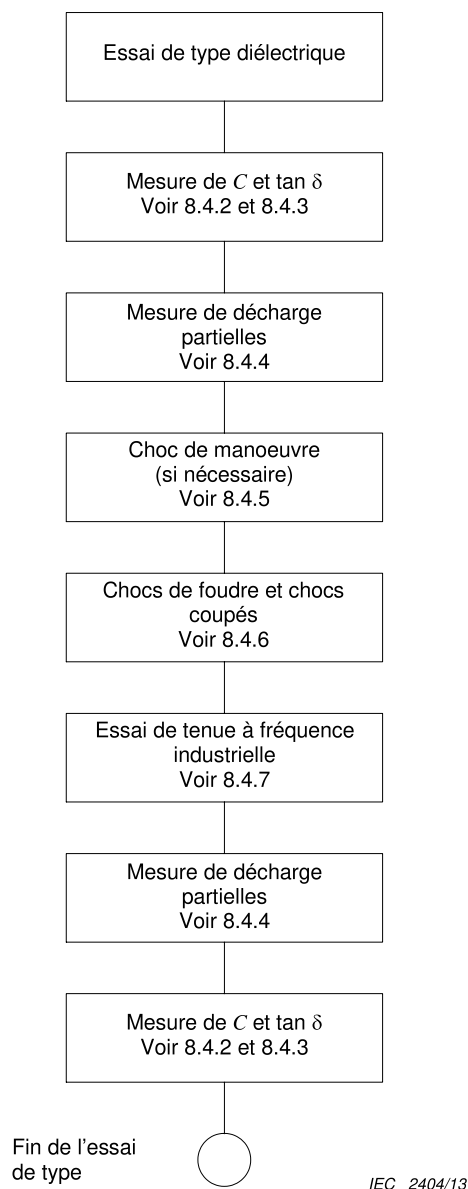
Lorsqu'une correction se révèle nécessaire, la température de référence doit être de +20 °C, sauf accord contraire entre le constructeur et l'acheteur.

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

### 8.4 Essais diélectriques

#### 8.4.1 Généralités

L'objet des essais diélectriques est de soumettre à essai la résistance de la partie interne du condensateur. Par hypothèse, les essais sous pluie sont effectués avec le condensateur de répartition installé sur le disjoncteur comme dans le cadre des essais de type du disjoncteur. Pour cette raison, il est possible de ne pas réaliser les essais sous pluie pour le seul condensateur de répartition.



**Figure 1 – Essais de type diélectriques**

#### **8.4.2 Mesure de la capacité à fréquence industrielle**

La capacité doit être mesurée en utilisant une méthode qui exclut les erreurs dues aux harmoniques et aux accessoires du circuit de mesure.

La précision de la méthode de mesure doit être indiquée.

La mesure de capacité initiale et finale doit être réalisée à une tension comprise entre 1 et 1,2 fois la tension  $U_{cr}$  avant et après des essais de tension (voir 8.4.7)

Les critères d'acceptation impliquent que la variation de la capacité avant et après l'essai ne doit pas être supérieure à la valeur "Variation de la capacité en cas de claquage d'un élément capacitif (voir Note 1)" spécifiée sur la fiche technique du condensateur.

NOTE 1 La variation de la capacité est calculée en utilisant l'équation suivante:

$$\Delta C < C \times \left( \frac{n}{n-1} - 1 \right)$$

où

$C$  est la 1<sup>ère</sup> valeur mesurée

$n$  est le nombre d'éléments en série du condensateur.

NOTE 2 Lorsque le système diélectrique du condensateur est tel que la capacité mesurée varie avec la tension, il est plus significatif de répéter la mesure de capacité après l'essai de tension à la même tension que celle utilisée précédemment, puis à la tension assignée.

NOTE 3 Lorsque le nombre d'éléments en série de l'unité soumise à essai est élevé, il peut être difficile de déterminer qu'aucune perforation ne s'est produite du fait des incertitudes suivantes:

- reproductibilité de la mesure;
- variation de la capacité provoquée par les forces mécaniques exercées sur les éléments pendant les essais de tension;
- variation de la capacité provoquée par la différence de température du condensateur avant et après les essais. Dans ce cas, il convient que le constructeur du condensateur démontre qu'aucune perforation ne s'est produite. Cette démonstration peut, par exemple, prendre la forme d'une comparaison des variations de la capacité des condensateurs du même type et/ou du calcul de la variation de capacité provoquée par l'augmentation de température pendant l'essai. Du fait de l'incertitude réelle dans le cas de mesures réalisées sur une pile, il peut être préférable de réaliser ces mesures sur chaque unité séparément.

NOTE 4 La capacité peut être mesurée à une fréquence hors de la gamme de fréquences assignée, sous réserve de l'adoption par accord d'un facteur de correction approprié.

#### 8.4.3 Mesure de la tangente de l'angle de perte ( $\tan\delta$ )

Les pertes de condensateur ( $\tan\delta$ ) doivent être mesurées à une tension comprise entre 1 et 1,2 fois la tension  $U_{cr}$  après les essais de tension, en utilisant une méthode qui exclut les erreurs dues aux harmoniques et aux accessoires du circuit de mesure. La valeur mesurée avant et après l'essai de type ne doit pas être supérieure à la valeur maximale spécifiée sur la fiche technique du condensateur.

La précision de la méthode de mesure doit être indiquée.

NOTE 1 Dans la mesure où la valeur  $\tan\delta$  de certains types de diélectrique est fonction du temps de mise sous tension préalable à la mesure, (voir [1]<sup>1</sup>), la mesure de  $\tan\delta$  à une tension de 10 kV ne donne pas des valeurs reproductibles.

NOTE 2 Les pertes peuvent être mesurées à une fréquence hors de la gamme de fréquences assignée, sous réserve de l'adoption par accord d'un facteur de correction approprié.

#### 8.4.4 Essai de décharges partielles

Après application d'une précontrainte selon le mode opératoire A ou B, la tension d'essai de décharges partielles spécifiée dans le Tableau 1 est appliquée et le niveau de décharges partielles correspondant doit être mesuré dans un délai de 30 s.

Les limites du niveau de décharges partielles sont spécifiées dans le Tableau 1.

Mode opératoire A: On atteint les tensions d'essai de décharges partielles en diminuant la tension après l'essai de tenue à fréquence industrielle (8.4.7) ce qui couvre la tension de précontrainte.

Mode opératoire B: L'essai de décharges partielles est effectué à l'issue de l'essai de tenue à la tension alternative. La tension appliquée est élevée à 80% de la tension de tenue, maintenue pendant une durée minimale de 60 s, puis réduite sans interruption à la tension d'essai de décharges partielles spécifiée.

<sup>1</sup> Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

Le mode opératoire A constitue la méthode préférentielle; en cas de limite propre au laboratoire, le mode opératoire B peut être appliqué. La méthode d'essai employée doit être mentionnée dans le rapport d'essai. Le circuit d'essai pour la mesure des décharges partielles doit être conforme au 4.2 de l'IEC 60270:2000.

**Tableau 1 – Tensions d'essai de décharges partielles et niveaux admissibles**

	Tension de précontrainte	Tension de mesure	Niveau de décharges partielles admissible
			Charge apparente
Condensateur isolé dans l'air	80% $U_{CPF}$ essai de courte durée à courant alternatif et à fréquence industrielle	$1,5 \times U_{cr}$	$\leq 5$ pC
Condensateurs immergés		$1,5 \times U_{cr}$	$\leq 3$ pC

NOTE Pour les condensateurs dont la capacité assignée est très importante, il peut ne pas être possible d'effectuer un essai de décharges partielles avec les valeurs spécifiées ci-dessus, en raison du coefficient de faible transmission et de la limitation de puissance du transformateur d'essai. Dans ce type de cas, les valeurs appropriées font l'objet d'un accord entre le constructeur du condensateur et l'acheteur.

#### 8.4.5 Essai de tension de chocs de manœuvre

L'essai doit être effectué sur tous les condensateurs de répartition destinés à être installés sur un disjoncteur ayant une tension assignée  $U_r \geq 300$  kV.

Quinze chocs de manœuvre de chaque polarité, avec une valeur de crête  $U_{SIWL}$  selon 6.2 doivent être appliqués entre les bornes.

La forme d'onde des chocs appliqués doit être l'onde normalisée 250/2 500  $\mu$ s conformément à l'IEC 60060-1.

Il est admis, après changement de la polarité, d'appliquer des chocs d'amplitude réduite avant d'appliquer les chocs d'essai.

Le condensateur a satisfait à l'essai si:

- deux contournements externes au plus se produisent sur chaque polarité;
- aucun claquage interne ne s'est produit, ce qui doit être vérifié au moyen d'enregistrements de la forme d'onde de tension de choc et par une mesure de la capacité,  $\tan\delta$  et des décharges partielles des unités à la tension assignée avant et après l'essai (voir 8.4.2, 8.4.3 et 8.4.4).

La tension engendrée par chaque choc doit être enregistrée.

NOTE 1 La fixation du condensateur sur un socle métallique influe sur les caractéristiques de tenue aux chocs de manœuvre. Il est par conséquent acceptable d'effectuer l'essai avec une fixation sur socle correspondant aux conditions de service. A noter qu'un positionnement direct sur un sol mis à la terre constitue le cas le plus sévère.

NOTE 2 La disposition du raccordement de ligne peut influencer sur les caractéristiques de contournement. Il peut par conséquent se révéler nécessaire d'effectuer l'essai de type avec un raccordement de ligne correspondant aux conditions de service au choix du constructeur du condensateur.

#### 8.4.6 Essai de tension de chocs de foudre et de chocs coupés

L'essai est applicable à tous les types de condensateurs.

Le condensateur doit être soumis successivement à:

- 15 chocs de foudre de polarité positive; suivis de
- 1 choc de foudre de polarité négative; suivi de

- 3 chocs de foudre coupés de polarité négative; suivis à leur tour de
- 14 chocs de foudre de polarité négative.

Les chocs de foudre ( $U_{CLIWL}$ ,  $U_{CCHOPPED}$ ) avec une valeur de crête selon 6.2 doivent être appliqués entre les bornes.

La forme d'onde des chocs appliqués doit être l'onde normalisée 1,2/50  $\mu$ s conformément à l'IEC 60060-1.

Le choc coupé doit être basé sur le choc de foudre normal et le temps d'amorçage sur le dispositif de coupure doit être compris entre 2  $\mu$ s et 3  $\mu$ s.

Aucune résistance d'amortissement n'est admise pendant cet essai, et le circuit de coupure doit être le plus petit possible afin de limiter l'amortissement naturel de l'oscillation en polarité inverse, de manière à ce que les conditions soient les plus proches possibles des conditions normales de service. Pour un condensateur de répartition immergé, le dispositif de coupure doit être parallèle au condensateur dans son environnement d'immersion.

Il est admis, après changement de la polarité, d'appliquer des chocs d'amplitude réduite avant d'appliquer les chocs d'essai.

Pour les condensateurs d'extérieur, la coupure peut être réalisée dans l'air, et pour les condensateurs immergés, ce dernier doit s'appliquer aux gaz/liquide d'immersion ou à un autre gaz/liquide équivalent.

Le condensateur a satisfait à l'essai si:

- deux contournements externes au plus se produisent sur chaque polarité;
- aucun claquage interne ne s'est produit, ce qui doit être vérifié au moyen d'enregistrements de la forme d'onde de tension de choc et par une mesure de la capacité,  $\tan\delta$  et des décharges partielles des unités à la tension assignée avant et après l'essai (voir 8.4.2, 8.4.3 et 8.4.4).

La tension engendrée par chaque choc doit être enregistrée.

#### **8.4.7 Essai de tension à fréquence industrielle**

L'essai doit être effectué sur tous les condensateurs de répartition. La valeur de la tension  $U_{PF}$  doit être conforme au 6.2.

L'essai de tenue à la tension à fréquence industrielle doit être effectué conformément à l'IEC 60060-1. La tension doit être maintenue pendant 1 min.

Le condensateur a satisfait à l'essai si:

- aucun contournement ne se produit à l'extérieur du condensateur de répartition;
- aucun claquage interne ne se produit, ce qui doit être vérifié par une mesure de la capacité,  $\tan\delta$  et des décharges partielles des unités avant et après l'essai (voir 8.4.2, 8.4.3 et 8.4.4).

#### **8.5 Essai de tension à basse et haute températures**

L'essai peut être effectué sur un échantillon ou un condensateur complet. Les essais individuels de série diélectriques (voir Figure 2) doivent être effectués avant cet essai.

Une tension en courant alternatif de  $2U_{cr}$  doit être appliquée pendant une durée de 2 h entre les bornes des condensateurs, en maintenant une température égale à la valeur minimale spécifiée pour le condensateur.

Une tension en courant alternatif de  $2U_{cr}$  doit être appliquée pendant une durée de 2 h entre les bornes dans une atmosphère légèrement ventilée et avec une température de l'air approximativement égale à la valeur maximale spécifiée pour le condensateur.

A l'issue de ces essais, le condensateur doit satisfaire aux essais individuels de série diélectriques (voir Figure 2) à la température ambiante.

### **8.6 Essai de tension de perturbation radioélectrique (RIV – Radio Interference voltage)**

Cet essai RIV dépend de la géométrie du condensateur, ainsi que de la géométrie du disjoncteur.

Il est supposé que l'essai RIV est effectué avec le condensateur de répartition installé sur le disjoncteur comme dans le cadre des essais de type du disjoncteur. Pour cette raison, il est possible de ne pas réaliser les essais RIV pour le seul condensateur de répartition.

### **8.7 Mesures de la fréquence de résonance**

Les méthodes suivantes peuvent être appliquées:

- décharge en courant continu selon l'Annexe B;
- réponse en fréquence;
- mesure de la capacité.

La fréquence de résonance doit être supérieure à 700 kHz.

### **8.8 Essai de flexion mécanique**

Une force d'essai  $F_C$  doit être appliquée à la borne supérieure du condensateur perpendiculairement à son axe et dans les deux directions associées aux dispositifs de fixation, avec un angle de 90° entre ces derniers, pendant une durée de 1 minute dans chaque cas.

La valeur de la force d'essai  $F_C$  est calculée à partir du moment de flexion  $M_C$  défini en 7.4.

NOTE Dans le cas d'une construction complètement symétrique selon l'axe longitudinal, l'essai de flexion est nécessairement réalisé dans une seule direction.

Le condensateur a satisfait à l'essai en l'absence de toute rupture et de toute preuve de fuite.

La méthode de détection doit être celle spécifiée à l'Article C.2 de l'IEC 60068-2-17:1994.

Pour un condensateur de répartition rempli de gaz, l'essai peut être effectué avec le gaz à la pression atmosphérique, mais la force appliquée  $F_C$  doit être augmentée d'une valeur équivalant à la pression de remplissage du gaz calculée conformément à l'Annexe D de l'IEC 62155:2003.

Sur accord entre le constructeur du condensateur et l'utilisateur, une autre méthode que celle décrite ci-dessus peut être utilisée pour vérifier la résistance mécanique du condensateur.

### **8.9 Essai d'étanchéité à des températures différentes**

L'essai est applicable à tous les types de condensateurs de répartition remplis de liquide. L'essai peut être effectué sur un condensateur complet ou sur un échantillon.

Un condensateur muni de soufflets internes sous pression doit être assemblé comme dans des conditions normales de fonctionnement.

Le condensateur sous pression atmosphérique en service doit être rempli à une pression minimale de 0,1 MPa  $\pm$  0,01 MPa au-dessus de la pression de service interne maximale à une température de 20 °C.

Le condensateur doit être soumis à un cycle de température entre la température ambiante maximale, selon la plage de température, augmentée de l'auto-échauffement du condensateur à la tension assignée et la température ambiante minimale, selon la plage de température avec un taux minimum de 10 °C/h. Les températures maximale et minimale doivent être maintenues de sorte que la température au centre du condensateur atteigne ces températures maximale et minimale pendant une durée d'au moins 2 h.

NOTE 1 L'auto-échauffement du condensateur est calculé par le constructeur du condensateur.

NOTE 2 La constante de temps d'un condensateur qui permet d'atteindre une température uniforme se situe dans une plage comprise entre 1 et 2 h.

Le cycle complet doit être répété à dix reprises.

A l'issue des dix cycles, l'échantillon doit satisfaire à l'essai conformément au 9.5.

### **8.10 Essai d'étanchéité permettant de vérifier la pénétration de gaz d'un environnement sous pression**

L'essai peut être effectué avec un condensateur complet ou un échantillon.

L'essai s'applique uniquement à tous les condensateurs de répartition immergés totalement, selon 3.7, hermétiquement fermés et avec l'environnement de service ambiant soumis à une pression supérieure à la pression interne du condensateur à la même température.

Le condensateur est placé dans une enveloppe étanche au gaz. L'enveloppe est remplie du gaz d'isolation de service à la pression de service (par exemple, 0,5 MPa (abs) à 20 °C), puis elle est chauffée et maintenue à la même température pendant 40 jours à une température de 90 °C. A l'issue de cette période, la température de l'enveloppe est ramenée à la température ambiante et la pression de l'enveloppe est réduite à 0,2 MPa (abs). Les échantillons doivent être stockés dans l'enveloppe jusqu'à l'analyse effective de l'huile.

L'analyse de l'huile doit être réalisée selon l'IEC 60567

Le condensateur a satisfait à l'essai si:

- aucune fuite visible à l'œil nu ne s'est produite,
- aucun dommage mécanique visible à l'œil nu ne s'est produit,
- la teneur de gaz maximale de l'huile ne doit pas dépasser un niveau correspondant à un taux de fuite de  $10^{-6}$  cm<sup>3</sup>/s à une pression de 100 kPa pour un volume d'huile de 1 dm<sup>3</sup>.

### **8.11 Essai de vibrations**

L'essai de choc mécanique utilisant une table à secousses installée sur un ensemble condensateur complet doit être réalisé. Il convient d'appliquer les chocs dans les trois directions concernées,

Dans le cas d'une construction complètement symétrique selon l'axe longitudinal, l'essai de vibration est nécessairement réalisé dans deux directions uniquement. Préalablement aux essais de chocs, il convient de déterminer la fréquence de résonance mécanique minimale en effectuant un balayage de fréquences compris entre 8 Hz et 200 Hz.

Il convient d'appliquer des chocs semi-sinusoïdaux avec une amplitude de 10 g. La durée du choc semi-sinusoïdal doit être comprise entre 5 ms et 15 ms. Le nombre de chocs doit être de 1 000 (500 positifs et 500 négatifs) dans chaque direction.



Les critères d'acceptation sont les suivants:

- aucune variation de la fréquence de résonance mécanique supérieure à 15 %;
- le condensateur doit satisfaire aux essais requis en 9.2, 9.3 9.4, 9.5 et 9.6;
- une inspection visuelle des parties internes doit également être effectuée, et aucun défaut ne doit être détecté.

## 9 Essais individuels de série

### 9.1 Généralités

L'ordre ou la combinaison possible des essais est laissé(e) au choix du fournisseur.

Préalablement et à l'issue de l'essai de tension de courte durée à courant alternatif, des mesures du facteur de dissipation diélectrique ( $\tan\delta$ ) et de la capacité doivent être réalisées afin de vérifier l'occurrence éventuelle d'un dommage.

La Figure 2 démontre une séquence d'essais individuels de série diélectrique.

La mesure des décharges partielles doit être réalisée à l'issue de l'essai de tension à fréquence industrielle.

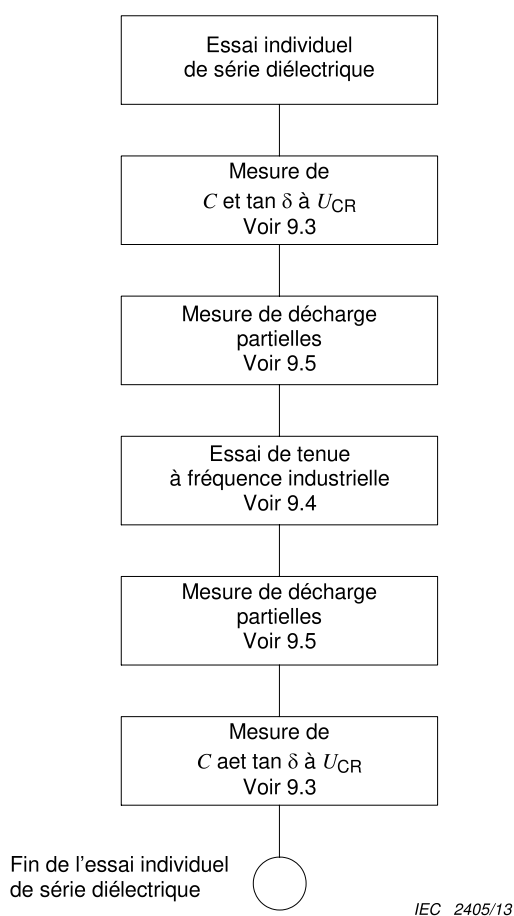


Figure 2 – Essai individuel de série diélectrique

## 9.2 Conditions d'essai

Selon 8.1.

## 9.3 Mesure de la capacité et de l'angle de perte à fréquence industrielle

La mesure de la capacité et de  $\tan\delta$  doit être réalisée selon 8.4.2 et 8.4.3.

Afin de détecter toute variation de la capacité en raison de la perforation d'un ou de plusieurs éléments au cours de la première application de tension, une mesure préliminaire de la capacité doit être réalisée préalablement aux essais individuels de série sous tension, à une tension suffisamment basse (inférieure ou égale à 30 % de la tension assignée; une valeur de 10 kV est proposée afin d'obtenir une valeur de référence de mesure sur site future) de manière à s'assurer qu'aucune perforation d'un élément ne s'est produite.

## 9.4 Essai de tension à fréquence industrielle

L'essai doit être effectué selon 8.4.7.

## 9.5 Essai de décharges partielles

L'essai doit être effectué selon 8.4.4.

Le condensateur a satisfait à l'essai si:

- aucun contournement ne se produit à l'extérieur du condensateur de répartition;
- aucun claquage interne ne se produit, ce qui doit être vérifié par une mesure de la capacité, de la  $\tan\delta$  et des décharges partielles des unités à la tension assignée avant et après l'essai (voir 8.4.2, 8.4.3 et 8.4.4).

## 9.6 Essai d'étanchéité

### 9.6.1 Généralités

Différentes méthodes d'essai doivent être appliquées selon le fluide diélectrique isolant et l'application.

### 9.6.2 Condensateur imprégné d'huile

#### 9.6.2.1 Condensateurs de répartition isolés dans l'air

Le condensateur doit être assemblé comme pour un fonctionnement normal, rempli du liquide spécifié et placé dans une enveloppe chauffée dans des conditions appropriées, ladite enveloppe étant maintenue à la température de 75 °C pendant une durée de 12 h. Un contrôle d'étanchéité doit être effectué à la sortie de l'étuve et 48 he plus tard.

Pour les condensateurs munis de soufflets internes sans aucune surpression, une pression minimale de  $(0,1 \pm 0,01)$  MPa supérieure à la pression de service interne maximale à une température de 20 °C doit être maintenue à l'intérieur du condensateur pendant l'essai.

Le condensateur doit être considéré comme ayant satisfait à l'essai en l'absence de preuve de fuite. La méthode de détection doit être celle spécifiée dans la Partie C.2 de la IEC 60068-2-17:1994.

NOTE D'autres méthodes d'essai conformes à l'IEC 60068-2-17 peuvent s'appliquer suivant un accord entre le constructeur du condensateur et l'acheteur.

### **9.6.2.2 Condensateurs immergés**

Le condensateur doit être placé dans une enveloppe à la température ambiante maximale, selon la plage de températures; le programme suivant doit être appliqué:

- la pression ambiante de l'enveloppe est réduite jusqu'à une pression maximale de 10 Pa (abs) pendant une durée de 12 heures;
- la pression ambiante de l'enveloppe est augmentée jusqu'à une pression de 0,7 MPa (abs) au maximum pendant une durée de 18 heures; dans le cas d'une application prévue dans un disjoncteur avec une pression de service supérieure à 0,7 MPa (abs), un essai de type doit être effectué, avec une pression ambiante de l'enveloppe augmentée en conséquence;
- la pression ambiante de l'enveloppe est réduite jusqu'à une pression comprise entre 100 Pa (abs) et 500 Pa (abs) pendant une durée de 6 heures.

L'étanchéité du condensateur doit être vérifiée lors de son retrait de l'enveloppe et 48 heures plus tard.

Le condensateur doit être considéré comme ayant satisfait à l'essai en l'absence de preuve de fuite. La méthode de détection doit être celle spécifiée dans l'article C.2 de l'IEC 60068-2-17:1994.

NOTE D'autres méthodes d'essai conformes à l'IEC 60068-2-17 peuvent s'appliquer à la suite d'un accord entre le constructeur du condensateur et l'acheteur.

### **9.6.3 Essai d'étanchéité pour des condensateurs de répartition remplis de gaz**

#### **9.6.3.1 Condensateurs de répartition isolés dans l'air**

L'essai s'applique à tous les types de condensateurs de répartition remplis de gaz destinés à une utilisation avec une pression de gaz permanente supérieure à une pression relative de 0,05 MPa, avec un volume interne supérieur ou égal à 1 l (1 000 cm<sup>3</sup>).

Le condensateur doit être assemblé comme pour un fonctionnement normal et rempli de gaz à la pression de service maximale et à la température ambiante. Le condensateur doit être placé dans une enveloppe, par exemple, un sac en plastique. La concentration de gaz dans l'air à l'intérieur de l'enveloppe doit être mesurée à deux reprises à un intervalle supérieur ou égal à 8 heures.

Le condensateur doit être considéré comme ayant satisfait à l'essai lorsque la fuite calculée de gaz est inférieure ou égale à 0,5 % par an de la quantité de gaz contenue dans le condensateur.

#### **9.6.3.2 Condensateurs immergés**

L'essai d'étanchéité n'est pas exigé pour les condensateurs céramiques qui ne sont pas étanches au fluide isolant.

### **9.7 Inspection visuelle et vérification dimensionnelle**

Les inspections s'appliquent à tous les types de condensateurs de répartition et doivent être réalisées sur chaque condensateur de répartition complet avant livraison.

Aucun défaut de surface ne doit être toléré, susceptible d'affecter le bon fonctionnement en service. Les critères d'acceptation, dans le cas de la porcelaine, sont définis dans l'IEC 62155. Pour un condensateur immergé, les critères d'acceptation de la surface peuvent être spécifiés par l'acheteur.

Les dimensions des pièces pour assemblage et/ou interconnexion doivent être conformes aux plans appropriés, vérifiées par échantillonnage.

## **10 Recommandations pour le transport, le stockage, le montage, la manœuvre et la maintenance**

### **10.1 Généralités**

Il est essentiel que le transport, le stockage et l'installation des condensateurs de répartition, ainsi que leur exploitation et maintenance en service, soient effectués conformément aux instructions données par le constructeur du condensateur.

Par conséquent, il convient que le constructeur du condensateur fournisse des instructions pour le transport, le stockage, l'installation, l'exploitation et la maintenance des condensateurs de répartition. Il convient que les instructions pour le transport et le stockage soient données en temps utile avant la livraison, et que les instructions pour l'installation, l'exploitation et la maintenance soient fournies au plus tard à la livraison.

Il est impossible, ici, de couvrir en détail la totalité des règles pour l'installation, l'exploitation et la maintenance de chacun des différents types d'appareils fabriqués, mais les renseignements donnés ci-après concernent les points les plus importants à observer pour les instructions fournies par le constructeur du condensateur.

### **10.2 Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation**

Il convient de prévoir un accord spécial entre le constructeur du condensateur et l'acheteur si les conditions de service définies dans la commande ne peuvent pas être garanties au cours du transport et du stockage. Il peut être nécessaire de prendre des mesures de précaution spéciales pour la protection de l'isolation pendant le transport, le stockage et l'installation, et avant la mise sous tension, en vue d'éviter l'absorption d'humidité due, par exemple, à la pluie, à la neige ou à la condensation. Il convient de prendre en compte les vibrations pendant le transport. Il convient de donner les instructions appropriées.

Il convient de remplir les condensateurs au gaz à une pression suffisante pour maintenir une pression positive pendant le transport.

### **10.3 Installation**

Pour chaque type de condensateur de répartition, il convient que les instructions fournies par le constructeur du condensateur comprennent au moins les indications qui suivent.

### **10.4 Déballage et manutention**

Il convient de fournir les informations requises pour la sécurité de déballage et de manutention, y compris les détails relatifs aux dispositifs spéciaux de manutention et de positionnement nécessaires.

A l'arrivée sur le site et avant le remplissage final, il convient de vérifier le condensateur de répartition selon les instructions du constructeur du condensateur. Pour un condensateur rempli de gaz, il convient que la pression du gaz, mesurée à la température ambiante, soit supérieure à la pression atmosphérique.

### **10.5 Assemblage**

#### **10.5.1 Montage**

Il convient que les instructions pour le montage d'un condensateur de répartition indiquent sa masse totale.

Il convient que les condensateurs au gaz soient remplis du gaz spécifié à la pression de remplissage assignée, indiquée par le constructeur du condensateur.

### **10.5.2 Raccordements aux parties métalliques**

Il doit être possible d'effectuer des raccordements fiables aux parties métalliques ou aux bornes du condensateur afin de pouvoir fixer le potentiel de ces parties.

Le constructeur du condensateur doit spécifier à l'acheteur les tolérances maximales admises concernant les trous de fixation utilisés pour le montage du condensateur de répartition sur le disjoncteur.

Les tolérances doivent être adaptées au diamètre ou à l'écart d'angle, par rapport à la position de conception assignée du trou de fixation ou à toute autre dimension, et suffisantes pour éviter toute torsion et toute contrainte de traction exercées sur les bornes du condensateur.

### **10.5.3 Inspection finale de l'installation**

Il convient de fournir des instructions pour la vérification et les essais qu'il convient d'effectuer après l'installation du condensateur de répartition et l'achèvement de tous les raccordements.

## **10.6 Fonctionnement**

Il convient que les instructions données par le constructeur du condensateur comportent les instructions suivantes:

- une description générale de l'équipement en accordant une attention particulière à la description technique de ses caractéristiques et de toutes les fonctionnalités existantes, de sorte que l'utilisateur ait une bonne compréhension des grands principes mis en œuvre;
- une description des caractéristiques de sécurité de l'équipement et de son fonctionnement;
- le cas échéant, une description des actions à entreprendre pour manœuvrer l'équipement aux fins de maintenance et d'essais.

## **10.7 Maintenance**

### **10.7.1 Généralités**

Le constructeur du condensateur doit fournir des instructions pour la maintenance qui seront reprises dans le manuel de maintenance du disjoncteur.

### **10.7.2 Recommandations pour l'installation et la maintenance**

Le constructeur du condensateur doit publier un manuel de maintenance comprenant les informations suivantes:

- a) planification de la fréquence de maintenance et définition des critères d'acceptation;
- b) mode de traitement de l'équipement à la fin de sa vie utile, en prenant en compte les exigences concernant l'environnement.

Le constructeur du condensateur doit informer les acheteurs d'un type particulier de condensateur de répartition des actions correctives nécessaires à la suite d'éventuels défauts et défaillances systématiques.

## **11 Sécurité**

### **11.1 Généralités**

Un équipement à haute tension peut être considéré sûr uniquement lorsqu'il est installé selon les règles d'installation applicables, et utilisé et entretenu selon les instructions du constructeur du condensateur.

L'équipement à haute tension n'est normalement accessible qu'à des personnes averties. Il convient qu'il soit exploité et entretenu par des personnes qualifiées. Lorsque l'accès à un condensateur de répartition n'est pas limité, des mesures de sécurité complémentaires peuvent être nécessaires.

### **11.2 Mesures de précaution devant être prises par les constructeurs**

Les constructeurs devraient prendre les précautions suivantes:

- Expliquer clairement le fonctionnement en toute sécurité de l'appareillage dans les manuels d'instruction. Expliquer les mesures de précaution à prendre pour empêcher un fonctionnement incorrect et les conséquences de ce fonctionnement incorrect.
- Fournir à l'utilisateur et/ou à l'entrepreneur les informations appropriées liées à la conception de la zone environnante afin de réduire les risques pour les personnes en cas de défaillance.

### **11.3 Mesures de précaution devant être prises par les utilisateurs**

Dans la mesure où le condensateur de répartition fait partie du disjoncteur, les précautions à prendre par les utilisateurs doivent suivre la norme IEC 62271-1 qui est applicable aux appareillages.

L'acheteur doit spécifier, lors de la commande, toute exigence particulière relative aux réglementations de sécurité qui s'appliquent au pays dans lequel le condensateur doit être installé.

### **11.4 Réglementations nationales**

L'acheteur doit spécifier, lors de la commande, les exigences particulières relatives aux réglementations de sécurité qui s'appliquent au pays dans lequel le condensateur doit être installé.

## **12 Aspects liés à l'environnement**

La nécessité de réduire au minimum l'impact des condensateurs de répartition sur l'environnement pendant toutes les phases de leur durée de vie est reconnue.

Le guide IEC 109 donne des recommandations en la matière en termes d'impacts du cycle de vie, de recyclage et élimination à la fin de ce cycle.

Il convient que le constructeur du condensateur spécifie les informations concernant la relation entre le fonctionnement pendant la durée de vie en service, le démontage de l'équipement et les aspects liés à l'environnement. Lorsque les condensateurs sont remplis de produits qui ne doivent pas être dispersés dans l'environnement, des mesures de précaution doivent être prises. Des exigences légales en la matière existent dans certains pays.

## **Annexe A** (informative)

### **Corrosion: Informations concernant les conditions de service et les exigences d'essai recommandées**

#### **A.1 Généralités**

L'exigence minimale relative à la corrosion pour les condensateurs est la suivante: il convient que la fonction de l'équipement ne soit pas affectée par la corrosion dans les conditions spécifiées par l'utilisateur. En raison des nombreuses variables impliquées, par exemple, la conception de l'équipement, les conditions de service, les pratiques de maintenance de l'utilisateur, et la durée de vie attendue de l'équipement; les exigences normalisées et les essais de vérification relèvent des normes d'équipements correspondantes ou d'un accord entre l'utilisateur et le constructeur du condensateur. Dans les deux cas, néanmoins, il convient de suivre les lignes directrices suivantes.

NOTE Lorsqu'une surface devient et reste humide, les deux facteurs principaux impliqués dans la corrosion atmosphérique sont le chlorure de sodium, principalement dans les milieux marins, et le dioxyde de soufre, principalement dans les environnements industriels. Ces deux facteurs s'appliquent occasionnellement en même temps.

#### **A.2 Exigences d'essai recommandées**

Les essais et les méthodes d'essai sont relatifs au matériau utilisé dans l'équipement et sont recommandés lorsque cela est exigé par la norme d'équipement correspondante ou par un accord entre l'utilisateur et le constructeur du condensateur.

Il convient de réaliser les essais de corrosion et d'humidité spécifiques conformément à la norme IEC applicable; il est fait référence à l'IEC 60068-2-11 et à l'IEC 60068-2-42.

## Annexe B (informative)

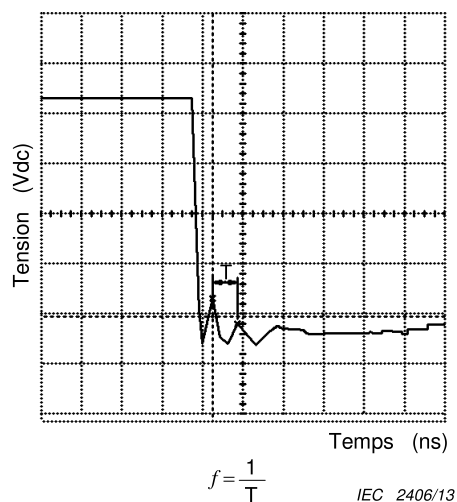
### Mesures de la fréquence de résonance

Le condensateur de répartition doit être chargé à une tension continue comprise entre 200 V et 1 000 V.

Il doit être déchargé avec une résistance d'amortissement minimale du circuit.

La boucle des connexions filaires doit être la plus petite possible afin de réduire au minimum l'inductance de circuit externe.

La tension ou le courant doit être enregistré(e) par un oscilloscope et la fréquence de résonance doit être mesurée sur la base de la première période d'oscillation de tension ou de courant après le court-circuit (voir Figure B.1).



**Figure B.1 – Exemple d'enregistrement de la mesure de la fréquence de résonance (voir 8.7)**



## Bibliographie

[1] CARTON, C.G. Dielectric loss in thin films of insulating liquids. *J. Inst. Elec. Engrs.* 1941, 88(2), 103-120.

[2] CIGRE. Operating environment of voltage grading capacitors applied to high voltage circuit-breakers. *Technical Brochure.* 2009, 368.

IEC 60068-2-11, *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique – Partie 2-11: Essais- Essai Ka: Brouillard salin*

IEC 60068-2-42, *Essais d'environnement – Partie 2-42: Essais – Essai Kc: Essai à l'anhydride sulfureux pour contacts et connexions*

---





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](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)