

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE



AC motor capacitors –

**Part 1: General – Performance, testing and rating – Safety requirements –
Guidance for installation and operation**

Condensateurs des moteurs à courant alternatif –

**Partie 1: Généralités – Caractéristiques fonctionnelles, essais et valeurs
assignées – Règles de sécurité – Lignes directrices pour l'installation et
l'utilisation**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2013 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables you to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...).

It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

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

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

Liens utiles:

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

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...).

Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) en ligne.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE



AC motor capacitors –

**Part 1: General – Performance, testing and rating – Safety requirements –
Guidance for installation and operation**

Condensateurs des moteurs à courant alternatif –

**Partie 1: Généralités – Caractéristiques fonctionnelles, essais et valeurs
assignées – Règles de sécurité – Lignes directrices pour l'installation et
l'utilisation**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.060.30; 31.060.70

ISBN 978-2-8322-1068-0

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



AC motor capacitors –

**Part 1: General – Performance, testing and rating – Safety requirements –
Guidance for installation and operation**

Condensateurs des moteurs à courant alternatif –

**Partie 1: Généralités – Caractéristiques fonctionnelles, essais et valeurs
assignées – Règles de sécurité – Lignes directrices pour l'installation et
l'utilisation**

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope and object.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	7
4 Service conditions	10
4.1 Normal service conditions	10
4.2 Preferred tolerances on capacitance	11
5 Quality requirements and tests	11
5.1 Test requirements	11
5.1.1 General	11
5.1.2 Test conditions	11
5.2 Nature of tests.....	11
5.2.1 Type tests	11
5.2.2 Routine tests	12
5.3 Type tests	12
5.3.1 Test procedure	12
5.3.2 Extent of qualification	12
5.4 Routine tests	14
5.4.1 Test procedure	14
5.5 Tangent of loss angle	14
5.6 Visual examination	14
5.7 Voltage test between terminals.....	14
5.8 Voltage test between terminals and case.....	15
5.9 Capacitance measurement	15
5.10 Check of dimensions	15
5.11 Mechanical tests	15
5.11.1 Robustness of terminations	16
5.11.2 Soldering.....	16
5.11.3 Vibration.....	17
5.11.4 Fixing bolt or stud (if fitted).....	17
5.12 Sealing test	17
5.13 Endurance test.....	18
5.13.1 Testing in air with forced circulation.....	18
5.13.2 Endurance test procedure.....	18
5.13.3 Conditions of compliance.....	19
5.14 Damp-heat test.....	19
5.15 Self-healing test	19
5.16 Destruction test	20
5.16.1 General	20
5.16.2 Test specimens	21
5.16.3 Test apparatus for sequential DC and AC test (capacitor type S1 and S2)	21
5.16.4 Test procedure apparatus for simultaneous DC and AC test (capacitor type S3)	23
5.16.5 Test procedure for sequential DC and AC test (capacitor type S1 and S2)	23

5.16.6 Test procedure for simultaneous DC and AC test (capacitor type S3)	24
5.16.47 Evaluation of the failure	25
5.17 Resistance to heat, fire and tracking	25
5.17.1 Ball-pressure test	25
5.17.2 Glow-wire test	25
5.17.3 Tracking test.....	26
6 Permissible overloads	26
6.1 Maximum permissible voltage.....	26
6.2 Maximum permissible current	26
6.3 Maximum permissible reactive output	26
7 Safety requirements	26
7.1 Creepage distances and clearances	26
7.2 Terminals and connecting cables	27
7.3 Earth connections	27
7.4 Discharge devices	28
8 Marking	28
9 Guidance for installation and operation.....	28
9.1 General	28
9.2 Choice of rated voltage	29
9.2.1 Measurements of working voltage.....	29
9.2.2 Influence of capacitance	29
9.3 Checking capacitor temperature	29
9.3.1 Choice of maximum permissible capacitor operating temperature	29
9.3.2 Choice of minimum permissible capacitor operating temperature	29
9.4 Checking transients.....	29
9.5 Leakage current	30
Annex A (normative) Test voltage	31
Bibliography.....	32
Figure 1 – Destruction test.....	21
Figure 12 – Test apparatus for d.c. conditioning	22
Figure 23 – Test apparatus for a.c. destruction test	22
Figure 34 – Arrangement to produce the variable inductor L in Figure 23.....	22
Figure 5 – Test apparatus for simultaneous DC and AC	23
Table 1 – Type test schedule	13
Table 2a – Test voltages.....	14
Table 2b – Test voltages.....	14
Table 3 – Torque	16
Table 4 – Endurance test conditions	19
Table 5 – Minimum creepage distances and clearances.....	27

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

AC MOTOR CAPACITORS –

Part 1: General – Performance, testing and rating – Safety requirements – Guidance for installation and operation

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.

This Consolidated version of IEC 60252-1 bears the edition number 2.1. It consists of the second edition (2010) [documents 33/470/FDIS and 33/473/RVD] and its amendment 1 (2013) [documents 33/532/FDIS and 33/538/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 and deletions are displayed in red, with deletions being struck through. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.

This publication has been prepared for user convenience.

International Standard IEC 60252-1 has been prepared by IEC technical committee 33: Power capacitors and their applications.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- the definition of “segmented capacitors” has been added, in 3.6;
- the definition of “classes of operation “ has been clarified, with the addition of the concept of “probable life” with reference to statistics, in 3.9;
- the following wording “Operation above the rated voltage will reduce the life expectancy of the capacitor” has been introduced in 6.1;
- some clarifications have been added to Clause 8, Marking, mainly for small capacitors.

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

A list of all parts of IEC 60252 series, under the general title *AC motor capacitors* 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 publication using a colour printer.

AC MOTOR CAPACITORS –

Part 1: General – Performance, testing and rating – Safety requirements – Guidance for installation and operation

1 Scope and object

This part of IEC 60252 applies to motor capacitors intended for connection to windings of asynchronous motors supplied from a single-phase system having a frequency up to and including 100 Hz, and to capacitors to be connected to three-phase asynchronous motors so that these motors may be supplied from a single-phase system.

This standard covers impregnated or unimpregnated capacitors having a dielectric of paper, plastic film, or a combination of both, either metallized or with metal-foil electrodes, with rated voltages up to and including 660 V.

Motor start capacitors are covered by IEC 60252-2.

NOTE The following are excluded from this standard:

- shunt capacitors of the self-healing type for a.c. power systems of up to and including 1 000 V nominal voltage (see IEC 60831-1);
- shunt capacitors of non-self-healing type for a.c. power systems of up to and including 1 000 V nominal voltage (see IEC 60931-1);
- shunt capacitors for a.c. power systems having a nominal voltage above 1 000 V (see IEC 60871-1);
- capacitors for induction heat-generating plants, operating at frequencies between 40 Hz and 24 000 Hz (see IEC 60110-1);
- series capacitors (see IEC 60143);
- coupling capacitors and capacitor dividers (see IEC 60358);
- capacitors to be used in power electronic circuits (see IEC 61071);
- small a.c. capacitors to be used for fluorescent and discharge lamps (see IEC 61048);
- capacitors for suppression of radio interference (IEC publication under consideration);
- capacitors intended to be used in various types of electrical equipment and thus considered as components;
- capacitors intended for use with d.c. voltage superimposed on a.c. voltage.

The object of this standard is

- a) to formulate uniform rules regarding performance, testing and rating;
- b) to formulate specific safety rules;
- c) to provide a guidance for installation and operation.

2 Normative references

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

IEC 60062, *Marking codes for resistors and capacitors*

IEC 60068 (all parts), *Environmental testing*

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

IEC 60068-2-20, *Environmental testing – Part 2-20: Tests – Test T: Test methods for solderability and resistance to soldering heat of devices with leads*

IEC 60068-2-21, *Environmental testing – Part 2-21: Tests – Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices*

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

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

IEC 60309-1, *Plugs, socket-outlets and couplers for industrial purposes – Part 1: General requirements*

IEC 60529:2001, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

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

IEC 60695-2-11, *Fire hazard testing – Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods - Glow-wire flammability test method for end products*

ISO 4046:2002, *Paper, board, pulps and related terms – Vocabulary*

3 Terms and definitions

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

3.1

motor running capacitor

a power capacitor which, when used in conjunction with an auxiliary winding of a motor, assists the motor to start and improves the torque under running conditions

NOTE The running capacitor is usually connected permanently to the motor winding and remains in circuit throughout the running period of the motor. During the starting period, if it is in parallel with the starting capacitor, it helps to start the motor.

3.2

motor starting capacitor

a power capacitor which provides a leading current to an auxiliary winding of a motor and which is switched out of circuit once the motor is running

3.3

metal foil capacitor

a capacitor, the electrodes of which consist of metal foils or strips separated by a dielectric

3.4

metallized capacitor

a capacitor, in which the electrodes consist of a metallic deposit on the dielectric

3.5

self-healing capacitor

a capacitor, the electrical properties of which, after local breakdown of the dielectric, are rapidly and essentially self-restored

3.6

segmented film capacitor

a metallised capacitor with a repeating pattern on the metallic deposit on at least one layer, designed to isolate sections of the capacitor in the event of localised faults occurring in the dielectric

3.7

discharge device of a capacitor

a device which may be incorporated in a capacitor, capable of reducing the voltage between the terminals effectively to zero, within a given time, after the capacitor has been disconnected from a network

3.8

continuous operation

operation with no time limit within the normal life of the capacitor

3.9

class of operation

the minimum probable total life for which the capacitor has been designed at rated duty, voltage, temperature and frequency

NOTE 1 Four classes have been foreseen

Class A – 30 000 h

Class B – 10 000 h

Class C – 3 000 h

Class D – 1 000 h

These classes of operation are intended to represent a probable failure rate not exceeding 3 % during the life of the product.

Failures considered are: short-circuits, interruptions, leakage of liquid, capacitance drifts exceeding 10 % out of the rated tolerance limits

A capacitor may have more than one class with corresponding voltages.

NOTE 2 Classes of operation have a statistical value (the “law of big numbers”): it is not possible to transfer automatically data coming from a limited quantity to a whole population or even to a batch of capacitors. The purchaser and the manufacturer should agree upon to confront the case of a true failure rate larger than 3 %.

3.10

minimum permissible capacitor operating temperature

minimum permissible temperature on the outside of the case at the moment of switching on the capacitor

3.11

maximum permissible capacitor operating temperature

t_c

maximum permissible temperature of the hottest area of the outside of the capacitor case during operation

3.12

rated voltage of a capacitor

U_N

r.m.s. value of the alternating voltage for which the capacitor has been designed

3.13

rated frequency of a capacitor

f_N

highest frequency for which the capacitor has been designed

3.14**rated capacitance of a capacitor** C_N

capacitance value for which the capacitor has been designed

3.15**rated current of a capacitor** I_N

r.m.s. value of the alternating current at the rated voltage and frequency for which the capacitor has been designed

3.16**rated output of a capacitor** Q_N

reactive power derived from the rated values of capacitance, frequency and voltage (or current)

3.17**capacitor losses**

active power dissipated by a capacitor

NOTE Unless otherwise stated, the capacitor losses will be understood to include losses in fuses and discharge resistors forming an integral part of the capacitor.

3.18**tangent of loss angle (tan delta) of a capacitor**

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

3.19**capacitive leakage current (only for capacitors with a metal case)**

current flowing through a conductor connecting the metallic case to earth, when the capacitor is energized from an a.c. supply system with an earthed neutral

3.20**type of capacitor**

capacitors are considered to be of the same type when of similar constructional form, the same constructional technology, same rated voltage, same climatic category and same kind of operation. Capacitors of the same type can differ only in rated capacitance and size. Minor differences between terminations and mounting devices are permitted

NOTE The same construction includes, for example, the same dielectric material, dielectric thickness and type of case (metal or plastic).

3.21**model of capacitor**

capacitors are considered to be of the same model when they are of the same construction and have the same functional and dimensional characteristics within the tolerance limits and are consequently interchangeable

3.22**class of safety protection**degree of safety protection identified by one of ~~three~~ **four** codes to be marked on the capacitor

~~(P2) — indicates that the capacitor type has been designed to fail in the open-circuit mode only and is protected against fire or shock hazard. Compliance is verified by the test described in 5.16.~~

~~(P1) indicates that the capacitor type may fail in the open-circuit or short-circuit mode and is protected against fire or shock hazard. Compliance is verified by the test described in 5.16.~~

~~(P0) indicates that the capacitor type has no specific failure protection~~

3.22.1

(SO) class of safety protection

degree of safety protection indicating that the capacitor type has no specific failure protection

Note 1 to entry: Formerly referred to as P0.

3.22.2

(S1) class of safety protection

degree of safety protection indicating that the capacitor type may fail in the open-circuit or short-circuit mode and is protected against fire or shock hazard

Note 1 to entry: Compliance is verified by the test described in 5.16.3 and 5.16.5.

Note 2 to entry: Formerly referred to as P1.

3.22.3

(S2) class of safety protection

degree of safety protection indicating that the capacitor type has been designed to fail in the open-circuit mode only and is protected against fire or shock hazard

Note 1 to entry: Compliance is verified by the test described in 5.16.3 and 5.16.5.

Note 2 to entry: formerly referred to as P2.

3.22.4

(S3) class of safety protection

degree of safety protection indicating that the capacitor is of segmented film construction as defined in 3.6

Note 1 to entry: This capacitor type is required to fail with low residual capacitance ($<1\% C_N$) and has protection against fire and shock hazard. Compliance is verified by the test described in 5.16.4 and 5.16.6.

4 Service conditions

4.1 Normal service conditions

This standard gives requirements for capacitors intended for use under the following conditions:

- a) altitude: not exceeding 2 000 m;
- b) residual voltage at energization: shall not exceed 10 % rated voltage (see 7.4, note);
- c) pollution: capacitors included in the scope of this standard are designed for operation in lightly polluted atmospheres;

NOTE The IEC has not yet established a definition for "lightly polluted". When this definition is established by the IEC, it will be incorporated in this standard.

- d) operating temperature: between $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (see 3.10 and 3.11).

The preferred minimum and maximum permissible capacitor operating temperatures are as follows:

- minimum temperatures: $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $0\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- maximum temperatures: $55\text{ }^{\circ}\text{C}$, $70\text{ }^{\circ}\text{C}$, $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Capacitors shall be suitable for transport and storage at temperatures down to $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, or the minimum operating temperature, whichever is the lower, without adverse effect on their quality;

- e) damp heat severity: between 4 days and 56 days. The preferred severity is 21 days.

(The damp heat severity shall be selected from the values indicated by IEC 60068-2-78, i.e.: 4 days, 10 days, 21 days and 56 days.)

Capacitors are classified in climatic categories defined by the minimum and maximum permissible capacitor operating temperatures and damp heat severity; i.e. 10/70/21 indicates that the minimum and the maximum permissible capacitor operating temperatures are $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ and the damp heat severity is 21 days.

4.2 Preferred tolerances on capacitance

Preferred tolerances are as follows: $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ and $\pm 15\%$.

Asymmetric tolerances are permitted but no tolerance shall exceed 15% .

5 Quality requirements and tests

5.1 Test requirements

5.1.1 General

This clause gives the test requirements for capacitors.

5.1.2 Test conditions

Unless otherwise specified for a particular test or measurement, the temperature of the capacitor dielectric shall be in the range $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ and shall be recorded.

If corrections are necessary, the reference temperature shall be $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

NOTE It may be assumed that the dielectric temperature is the same as the ambient temperature, provided that the capacitor has been left in an unenergized state at this ambient temperature for an adequate period, depending on the size of the capacitor.

5.2 Nature of tests

The tests specified are of two sorts:

- a) type tests;
- b) routine tests.

5.2.1 Type tests

Type tests are intended to prove the soundness of the design of the capacitor and its suitability for operation under the conditions detailed in this standard.

Type tests are carried out by the manufacturer and/or the test authority if there is need for an approval.

These tests may be carried out under the supervision of a proper authority which will issue a certified record and/or type approval.

5.2.2 Routine tests

Routine tests shall be carried out by the manufacturer on every capacitor before delivery. If the purchaser so requests, he shall be supplied with a certificate stating that routine tests have been carried out.

5.3 Type tests

5.3.1 Test procedure

The samples of each model selected for the type tests shall be divided into groups, as indicated in Table 1.

Capacitors forming the sample shall have successfully passed the routine tests indicated in 5.4.1.

Each test group shall contain equal numbers of capacitors of the highest capacitance and the lowest capacitance in the range.

The manufacturer shall provide data on the ratio of capacitance per outer total surface area of the case of each capacitance value in the range.

The capacitor with the maximum capacitance per unit surface area shall also be tested if this ratio exceeds that of the maximum capacitance value in the range by 10 % or more.

Similarly, the capacitor with the minimum capacitance per unit area shall also be tested if the ratio is less than that of the minimum capacitance value in the range by 10 % or more.

"Area" denotes total outer surface area of the capacitor case with the exception of small protrusions, terminals and fixing studs.

5.3.2 Extent of qualification

5.3.2.1 A type test on a single model qualifies only the model tested. When the type test is performed on two models of the same type, and of different rated capacitance value, selected under the rules of 5.3.1, the qualification is valid for all models of the same type having rated capacitance between the two tested values.

5.3.2.2 The qualification tests carried out successfully on a capacitor model having a certain capacitance tolerance are valid also for capacitors of the same model but having a different capacitance tolerance of up to twice the limits of the declared tolerance. For example, ± 5 % would cover up to ± 10 %, and ± 10 % would cover up to ± 20 %. A smaller tolerance than the declared tolerance is not permitted. For example, a type approval for ± 10 % would not cover ± 5 %.

5.3.2.3 Occasionally, in current practice, capacitors are required with a capacitance tolerance that is not symmetrical with respect to the rated capacitance value.

When a type test is carried out successfully on a capacitor model having a symmetrical capacitance tolerance, the relevant qualification is valid also for capacitors of the same model having a non-symmetrical capacitance provided that the total range of non-symmetrical tolerance is

- a) within the total range of capacitance allowed in 5.3.2.2,
- and
- b) greater than, or equal to, that of the tested capacitor model. For example, qualification for ± 5 would allow values such as $^{+10}_{-5}$ %, $^{+5}_{-10}$ %, $^{+8}_{-2}$ %, $^{+10}_0$ %, but not $^{+15}_{-5}$ %.

Table 1 – Type test schedule

Group	Tests	Subclause	Number of samples to be inspected (note 1)	Number of failures allowed in first test (note 2)	Number of failures allowed in retest
1	Visual examination Check markings Check of dimensions Mechanical tests (excluding soldering) Sealing tests (if applicable)	5.6 8 5.10 5.11 5.12	8 [4]	1 (note 3)	0
2	Endurance test	5.13	42 [21]	2 (note 4)	0
3	Soldering (if applicable) Damp heat test Voltage test between terminals Voltage test between terminals and case	5.11.2 5.14 5.7 5.8	12 [6]	1 (note 3)	0
4	Self-healing test (if applicable)	5.15	20 [10]	1 (note 3)	0
5	Destruction test (if marked on the capacitor)	5.16	20 [10] 10 [5]	1 (note 5)	0
6	Resistance to heat, fire and tracking (not applicable to capacitors with lead terminations)	5.17	3 (Terminal housing only) (see note 6)	0	0
NOTE 1 The number of samples specified allows for retest if required. The number in square brackets indicates the actual number required for the test. All numbers indicate the sample quantity for each capacitance value tested. If a range is tested, then the quantity indicated in this table will apply to both the highest capacitance and the lowest capacitance and to any other intermediate value required to be tested in the range according to 5.3.1. NOTE 2 A capacitor which fails on more than one test is counted as one defective capacitor. NOTE 3 For groups 1, 3 and 4, a retest is allowed with 1 failure. No failures are allowed in these retests. NOTE 4 For group 2, no retest is required with 0 or 1 failure. With two failures, a retest is required with no failure allowed in this retest. NOTE 5 For group 5, see 5.16 which allows a retest under special conditions in the event of one failure. NOTE 6 Three samples of terminal housing (parts of insulating material retaining terminals in position) are needed for the tests described on 5.17 One sample is required for the ball-pressure test (5.17.1) one for the glow-wire test (5.17.2) and one for the tracking test (5.17.3).					

When the number of defects for each group and the total number of defective capacitors do not exceed the figures indicated in Table 1, the capacitor model shall be deemed to comply with this standard.

When a capacitor is designed to operate under two or more different conditions (rated voltages, classes, rated duty cycles, etc.), the following tests shall be performed, once only, at the highest test voltage:

- a) voltage test between terminals (see 5.7);
- b) voltage test between terminals and case (see 5.8);
- c) self-healing test (see 5.15).

The endurance test shall be performed for every voltage rating and under every operating condition marked on the capacitor. The number of samples to be inspected shall be calculated accordingly.

5.4 Routine tests

5.4.1 Test procedure

Capacitors shall be subjected to the following tests in the stated order:

- a) sealing test, if applicable (see 5.12);
- b) voltage test between terminals (see 5.7);
- c) voltage test between terminals and case (see 5.8);
- d) visual examination (see 5.6);
- e) capacitance measurement (see 5.9);
- f) tangent of loss angle (see 5.5).

5.5 Tangent of loss angle

The tangent of loss angle limit and measuring frequency shall be defined by the manufacturer.

5.6 Visual examination

The condition, workmanship, marking and finish shall be satisfactory. The marking shall be legible during the life of the capacitor.

5.7 Voltage test between terminals

In type tests, capacitors shall be subjected to an a.c. voltage test as specified in Table 2a or Table 2b. The test shall be carried out with a substantially sinusoidal voltage at the rated frequency. The test may be carried out at 50 Hz or 60 Hz.

A higher frequency may be used at the manufacturer's discretion.

IMPORTANT NOTE

All European countries and countries not specifically named below require tests to be carried out in accordance with Table 2a.

Canada, Japan and USA require that tests are carried out in accordance with Table 2b.

Table 2a – Test voltages

Type of operation	Type of capacitor	Ratio of test voltage to rated voltage a.c.	Type test time s
Continuous	Non-self-healing capacitor	2,15	60
	Self-healing capacitor	2,0	60

For routine tests, the test time in Table 2a may be reduced from 60 s to 2 s.

Table 2b – Test voltages

Type of operation	Type of capacitor	Ratio of test voltage to rated voltage a.c.	Type test time s
Continuous	Non-self-healing capacitor	2,15	10
	Self-healing capacitor	1,75	10

For routine tests, the test time in Table 2b may be reduced from 10 s to 1 s.

No flashover or permanent breakdown shall occur. For metallized capacitors, self-healing may occur.

When the capacitor comprises more than one section, each section shall be tested independently in accordance with the above table.

5.8 Voltage test between terminals and case

Capacitors shall be capable of withstanding without breakdown, for 60 s, a test between terminals (joined together) and the case, with a substantially sinusoidal a.c. voltage of a frequency as near as possible to the rated frequency and of the following r.m.s. value:

twice the rated voltage +1 000 V but not less than 2 000 V.

If the capacitor case is of insulating material, in type tests the test voltage shall be applied between the terminals and the metal mountings, if any, or between the terminals and a metal foil wrapped tightly round the surface of the case. In routine tests the test voltage shall be applied between the terminals and a metal part, if any.

No routine test is required if the case is made entirely of insulating material.

During the test, no dielectric breakdown or flashover shall occur.

For routine tests, the duration may be reduced from 60 s to 2 s for countries using Table 2a or 1 s for countries using Table 2b.

5.9 Capacitance measurement

The capacitance shall be measured using a method which excludes errors due to harmonics.

The precision of measurement shall be better than 5 % of the total tolerance band. For type tests the absolute precision shall be 0,2 % maximum.

Type and routine testing shall be carried out at between 0,9 and 1,1 times the rated voltage and at the rated frequency.

Other measuring voltages and frequencies are permitted if it can be demonstrated that the capacitance measured does not deviate from the true value by more than 0,2 %.

5.10 Check of dimensions

Dimensions of the case, of the terminals and of the fixing arrangements shall comply with those indicated in the drawing, taking tolerances into account.

In addition, minimum creepage distances and clearances indicated in Table 5 shall be checked.

5.11 Mechanical tests

These tests shall be carried out in conformity with the relevant test in IEC 60068 series.

These tests are as follows:

- robustness of terminations: Test U, IEC 60068-2-21;
- soldering: Test T, IEC 60068-2-20;

– vibration (sinusoidal): Test Fc, IEC 60068-2-6.

5.11.1 Robustness of terminations

The capacitor shall be subjected to tests Ua, Ub, Uc and Ud of IEC 60068-2-21, as applicable.

5.11.1.1 Test Ua – Tensile

The load to be applied shall be 20 N for all types of terminations.

For external wire terminations, the cross-sectional area shall be at least 0,5 mm².

5.11.1.2 Test Ub – Bending (half of the terminations)

This test shall be carried out only on wire terminations. Two consecutive bends shall be applied.

5.11.1.3 Test Uc – Torsion (other half of the terminations)

This test shall be carried out only on wire terminations. Two successive rotations of 180° shall be applied.

5.11.1.4 Test Ud – Torque (screw terminals)

This test shall be carried out on threaded terminations.

The nuts or screws shall be tightened to the torque specified in Table 3 and loosened again. The torque shall be applied gradually. The screw material shall have adequate resistance against stress cracking.

Table 3 – Torque

Thread diameter mm	Torque N · m
2,6	0,4
3,0	0,5
3,5	0,8
4,0	1,2
5,0	1,8
5,5	2,2
6,0	2,5
8	5
10	7
12	12

5.11.1.5 Visual examination

After each of these tests the capacitors shall be visually examined. There shall be no visible damage.

5.11.2 Soldering

This test shall be carried out only when terminals are designed for connection by soldering.

The capacitor shall then be subjected to test T of IEC 60068-2-20 either using the solder bath method or the solder globule method.

When neither the solder bath method nor the solder globule method is applicable, the soldering iron test shall be used, with soldering iron size A.

Before and after the test the capacitance of the capacitor shall be measured by the method laid down in 5.9. No perceivable capacitance change is permitted.

When the test procedures have been carried out, the capacitors shall be visually examined. There shall be no visible damage.

5.11.3 Vibration

The capacitors shall be subjected to test Fc of IEC 60068-2-6 using a mounting system similar to that which is to be used in practice. The severity of the test shall be as follows:

- $f = 10 \text{ Hz to } 55 \text{ Hz}$;
- $a = \pm 0,35 \text{ mm}$;
- test duration per axis = 10 frequency cycles (3 axes offset from each other by 90°), 1 octave per minute.

Before and after the test, the capacitance of the capacitors shall be measured by the method laid down in 5.9. No perceivable capacitance change is permitted.

After the test, the capacitor shall be subjected to the voltage test between terminals and case according to 5.8. No dielectric breakdown or flashover shall occur.

When all the test procedures have been carried out, the capacitors shall be visually examined. There shall be no visible damage.

5.11.4 Fixing bolt or stud (if fitted)

Fixing threaded bolts and attachments to the capacitor body shall have adequate resistance to ageing deterioration in service.

The durability of the fixing bolt or stud shall be checked on four of the samples tested in 5.13 (endurance test) by the following method.

Four of the capacitors shall be mounted on a fixing plate in the endurance test chamber. The thickness of the fixing plate shall be $1,5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ and the diameter of the hole shall be the base bolt diameter $+0,5 \text{ mm to } +1,0 \text{ mm}$.

Prior to commencement of the endurance test, torque values specified in Table 3 are to be applied. On completion of the endurance test, a torque figure of one-half the appropriate value specified in Table 3 shall be applied.

No failures are permitted.

5.12 Sealing test

This test is not required if the manufacturer certifies that capacitors do not contain substances that are liquid at $t_c + 10^\circ \text{C}$.

The capacitor shall be mounted in a position most likely to reveal leakage at a temperature $10^\circ \text{C} \pm 2^\circ \text{C}$ higher than the maximum permissible capacitor operating temperature for a time sufficient for all parts of the capacitor to reach this temperature.

The capacitor shall be maintained at this temperature for a further hour before cooling.

No leakage shall occur.

If the capacitor is intended to be supplied with a terminal cover, the sealing test should preferably be carried out before fastening the cover. The cover shall be fastened in such a manner that the sealing is not impaired.

After the sealing test, capacitors shall be inspected for liquid leakage and distorted case.

Liquids are allowed to wet the surface but not to form droplets.

5.13 Endurance test

This test is intended to prove the suitability of the capacitor design for the class of operation specified by the manufacturer.

For capacitors fitted with base bolts, refer also to 5.11.

The method indicated below is intended to ensure that the capacitor case temperature is as close as possible to the maximum permissible capacitor operating temperature.

5.13.1 Testing in air with forced circulation

The capacitors shall be mounted in a test chamber in which the temperature of the air is constant within a tolerance of ± 2 °C.

The air in the test chamber shall be continuously agitated but not so vigorously as to cause undue cooling of the capacitors. The capacitors under test shall not be subjected to direct radiation from any heating elements in the chamber.

The sensitive element of the thermostat regulating the air temperature of the chamber shall be well within the stream of heated circulating air.

NOTE Heating of the air may take place in a separate chamber, from which the air can be admitted to the capacitor test chamber through a valve allowing good distribution of heated air over the capacitors.

The capacitors are mounted in a position most favourable to the leakage of impregnant or filling material.

The distance between cylindrical capacitors shall not be less than their diameter, and the distance between rectangular capacitors shall not be less than twice the shorter side of their base.

The temperature sensitive element of a temperature recording instrument shall be attached half-way up the side of the case of the capacitor with the lowest value of tangent of loss angle.

The thermostat shall be set to $(t_c - 15$ °C), and capacitors are then energized according to the appropriate voltage and test cycle (see also Annex A). During the first 24 h, the difference between t_c and the indication of the temperature recording instrument shall be noted, and adjustments made to ensure the temperature of each capacitor case is at $t_c \pm 2$ °C. The test is then continued to the end of the appropriate time without further adjustment of the thermostat, the time being measured from the first energization of the capacitors.

NOTE It is recommended that each test capacitor is individually protected by a circuit-breaker or fuse.

5.13.2 Endurance test procedure

Capacitors shall be tested according to the appropriate class indicated in Table 4.

Table 4 – Endurance test conditions

Life expectancy	30 000 h (class A)	10 000 h (class B)	3 000 h (class C)	1 000 h (class D)
Test conditions	6 000 h at 1,25 U_N continuous or 3 000 h at 1,35 U_N continuous	2 000 h at 1,25 U_N continuous or 1 000 h at 1,35 U_N continuous	600 h at 1,25 U_N continuous	200 h at 1,25 U_N continuous
Permitted capacitance change	3 %	3 %	3 %	3 %

Life expectancy classes over 30 000 h are permitted by using the following calculation:

test duration = 10 % of life at 1,35 U_N and 20 % of life at 1,25 U_N .

The test times given in Table 4 refer to periods of actual energization.

NOTE The relationship between life expectancy and the endurance test duration is based on experience and on statistics, it does not have an absolute value.

5.13.3 Conditions of compliance

During the test, no permanent breakdown, interruption or flashover shall occur.

No leak should be apparent which forms droplets within 10 min when kept at the upper temperature limit in the most unfavourable position.

At the end of the test, the capacitors shall cool down freely to the ambient temperature and the capacitance shall then be measured (see 5.9).

Intermediate test measurements are permitted.

5.14 Damp-heat test

Capacitance shall be measured before the test (see 5.9).

This test shall be carried out in accordance with IEC 60068-2-78.

The severity indicated in the marking shall be employed. No voltage shall be applied to the samples and no measurement shall be taken during the test.

After the damp-heat period, the capacitors shall be stored under standard atmospheric conditions for recovery for not less than 1 h and not more than 2 h. Immediately after recovery, the capacitance shall be measured in accordance with 5.9.

Capacitance change shall be less than 0,5 % after the test.

5.15 Self-healing test

Self-healing capacitors shall have adequate self-healing properties. Compliance is checked by the following test.

This test shall be applied only to capacitors marked  or SH.

The capacitors shall be subjected to the test described in 5.7 for the test time indicated in the appropriate table.

If fewer than five self-healing breakdowns (clearings) occur during this time, the voltage shall be increased at a rate of not more than 200 V/min until five clearings have occurred since the beginning of the test or until the voltage has reached a maximum of $3,5 U_N$.

The voltage shall then be decreased to 0,8 times the voltage at which the fifth clearing occurred or 0,8 times the maximum voltage and maintained for 10 s. One additional clearing in each capacitor shall be permitted during this period.

The capacitors shall be deemed to have passed the test if they meet both of the following requirements:

- a) change of capacitance is $< 0,5 \%$;
- b) RC value is ≥ 100 s.

Self-healing breakdowns during the test may be detected by an oscilloscope or by acoustic or high-frequency test methods.

5.16 Destruction test

5.16.1 General

This test is optional.

~~A capacitor type which becomes open-circuit following this test shall be marked (P2). A capacitor type which may become either open or short-circuit following this test shall be marked (P1).~~

~~NOTE 1 The short-circuit failure mode is only permitted for capacitors marked (P1). Capacitors not subjected to this test are marked (P0).~~

~~NOTE 2 A destruction test for segmented film capacitors is under consideration.~~

Refer to revised definition 3.22 for the appropriate test for each class of safety protection.

Capacitors marked S0 are not required to be tested in accordance with this subclause.

Capacitors fitted with overpressure disconnect device designated S1 and S2 shall be subjected to the sequential DC and AC test described in 5.16.3 and 5.16.5.

Capacitors with segmented film as defined in 3.6 and designated S3 class of safety protection shall be subjected to the simultaneous DC and AC test described in 5.16.4 and 5.16.6.

For capacitors designated S1, S2 and S3 refer to Figure 1.

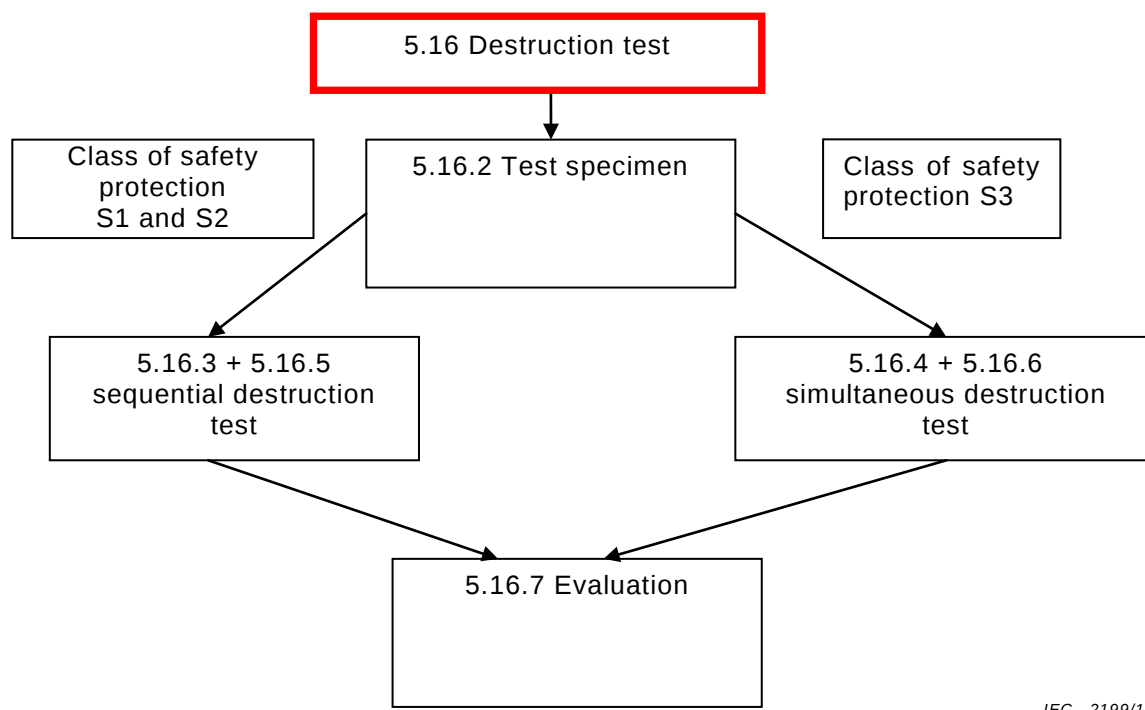


Figure 1 – Destruction test

5.16.15.16.2 Test specimens

The test is to be carried out on 10 samples, with a similar specimen of 10 samples held in reserve for possible retest. Half the test specimens (5) shall have passed the test according to 5.4.1. The remaining five capacitors shall have passed the endurance test described in 5.13 (group 2).

For capacitors with a metal case, ~~this~~ the metal case shall be connected to one ~~pole~~ of the terminals of the voltage source.

If a distinction can be made between the capacitor terminals, the group shall be subdivided into two subgroups. The first subgroup shall have terminal A connected to the case, the second subgroup shall have terminal B connected to the case.

5.16.25.16.3 Test apparatus for sequential DC and AC test (capacitor type S1 and S2)

5.16.215.16.3.1 Test apparatus for d.c. conditioning

Apparatus for carrying out the d.c. conditioning is shown in Figure ~~12~~. The d.c. source shall be capable of delivering an open-circuit voltage equivalent to $10 U_N$ and have a sustained short-circuit capability greater than 50 mA.

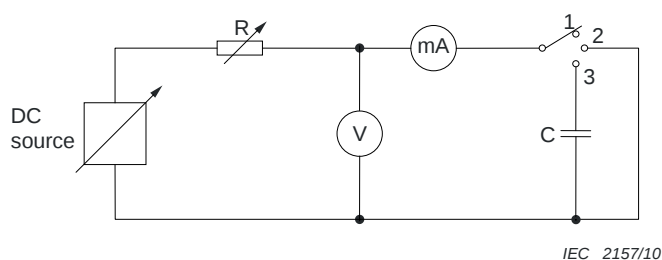


Figure 12 – Test apparatus for d.c. conditioning

The d.c. source is adjusted to provide an open-circuit voltage equivalent to $10 U_N$ with the switch in position 1.

A variable resistor R is adjusted to provide a current of 50 mA with the switch in position 2.

DC voltage is applied to the test capacitor with the switch in position 3.

5.16.2.25.16.3.2 Test apparatus for a.c. destruction test

- The instantaneous short-circuit current of the a.c. supply shall be at least 300 A.
- A 25 A slow-blow fuse and adjustable inductance (L) shall be inserted between the a.c. source and the capacitor (see Figure 23).

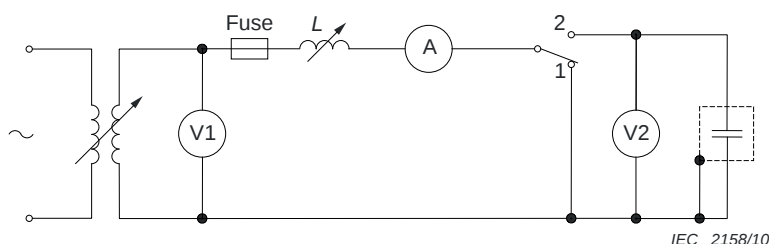


Figure 23 – Test apparatus for a.c. destruction test

The inductor shall be so adjusted that, with the switch in position 1 and a voltage of $1,3 U_N$ applied across the voltmeter V1, a current equal to 1,3 times the capacitor rated current (I_N) flows.

The capacitor is energized with the switch in position 2.

NOTE The variable inductor L in Figure 23 may be replaced by the arrangement shown in Figure 34 whereby T2 is a fixed ratio transformer and L_f is a fixed inductor. A variable ratio transformer T1 is used to adjust the inductive current.

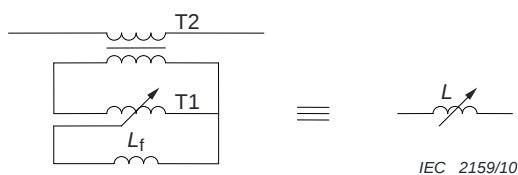
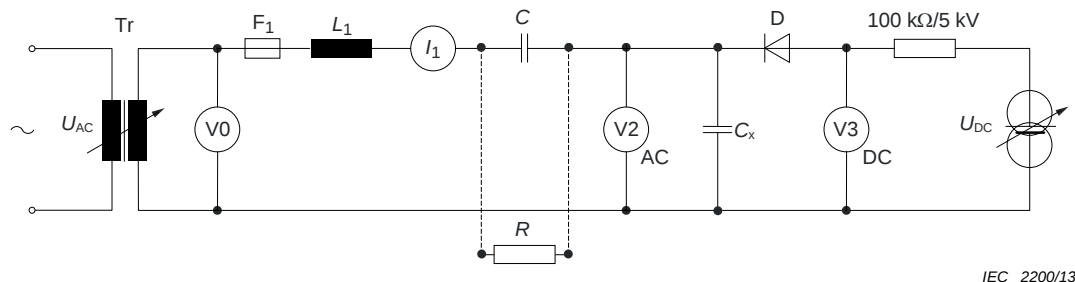


Figure 34 – Arrangement to produce the variable inductor L in Figure 23

5.16.4 Test apparatus for simultaneous DC and AC test (capacitor type S3)

Apparatus for carrying out the simultaneous DC and AC test is shown in Figure 5. The d.c. source (U_{dc}) shall be capable of delivering an open-circuit voltage equivalent to $10 U_N$ and shall have a sustained short-circuit capability greater than 50 mA but limited to 50 mA during the test.



- Tr Transformer (AC power supply) with sufficient capacity to supply an instantaneous short-circuit current of at least 300 A
- F_1 Slow-blow fuse, rated 25 A
- L_1 Inductor of approximately 10 mH for grid decoupling (resonant free in all switching modes)
- C Capacitor for DC decoupling: $C \geq 10 \times C_x$ (e.g. $C = 330 \mu F \rightarrow C_{xmax} = 33 \mu F / U_{cmax} = 5 kV$)
- C_x Capacitor under test
- D High voltage diode for AC decoupling
- I_1 AC current: $1,3 \times I_R$ at the beginning of the test when the capacitor is full operative (I_R = Rated current of the capacitor under test)
- V2 AC test voltage: $1,3 \times U_R$ (U_R = Rated voltage of the capacitor under test)
- V3 DC test voltage: Voltage increase from 0 V to max. $10 \times U_R$ at a rate of 200 V/min (U_R = Rated voltage of the capacitor under test)
- R Resistor for capacitor discharging at the end of the test

Figure 5 – Test apparatus for simultaneous DC and AC

5.16.35.16.5 Test procedure for sequential DC and AC test (capacitor type S1 and S2)

5.16.5.1 General

The test shall be conducted in four stages:

- 5.16.5.2 Preparation and pre-conditioning,
- 5.16.5.3 ~~d.c.~~DC conditioning,
- 5.16.5.4 ~~a.c.~~AC destruction test,
- 5.16.7 Evaluation of the failure.

NOTE The purpose of the d.c. conditioning is to produce a dielectric breakdown condition. It is not the intention that d.c. conditioning is used to create open-circuit capacitors.

5.16.315.16.5.2 Preparation and pre-conditioning

All the test specimens shall be prepared and pre-conditioned as follows:

The capacitors shall be wrapped closely ~~with cheese cloth~~ in tissue paper complying with 6.86 of ISO 4046:2002 and mounted within an "air circulating" test chamber at $t_c + 10^\circ C$. The temperature deviation shall not exceed $\pm 2^\circ C$. In preparation for the destruction test, the specimens shall have rated voltage (U_N) applied for 2 h at $t_c + 10^\circ C$.

No open-circuit or short-circuit capacitors are permitted. If this occurs, the type shall be declared a failure.

5.16.3.25.16.5.3 DC conditioning

Five capacitors that have passed the endurance test (group 2) shall be pre-heated to a temperature of $t_c + 10\text{ °C}$ before d.c. conditioning. The remaining five capacitors, having passed the test in 5.4.1 shall be tested at room temperature.

The voltage of a d.c. source (see Figure 12) shall be raised from zero to a maximum of $10 U_N$ at a rate of approximately 200 V/min until a short-circuit occurs or $10 U_N$ has been reached.

Capacitors shall be removed from d.c. conditioning when the voltage indicated on the voltmeter is zero or $10 U_N$ has been reached and maintained for a period of 5 min or other period as defined by the manufacturer.

A capacitor that becomes open-circuit after the d.c. conditioning shall be replaced by another sample and not counted. The d.c. conditioning test may be repeated on new samples until all the 10 reserve specimens referred to in 5.16.1 have been used up. If the required number of capacitors with dielectric breakdown cannot be achieved, then the test shall be regarded as failed.

5.16.3.35.16.5.4 AC destruction test

With the capacitors maintained at the d.c. conditioning temperature, they shall then have applied an a.c. voltage of $1,3 U_N$ (see Figure 3). If the capacitor clears (becomes operative) or becomes open-circuit, the voltage shall be maintained for 5 min. If the capacitor is still operative after 5 min then the d.c. conditioning shall be repeated.

If the capacitor becomes short-circuit, then the test shall be maintained for 8 h. ~~If the capacitor is still operative after 5 min then the d.c. conditioning shall be repeated.~~

5.16.6 Test procedure for simultaneous DC et AC test (capacitor type S3)

5.16.6.1 Preparation and pre-conditioning

Same as 5.16.5.2.

5.16.6.2 Simultaneous DC and AC test

Five capacitors that have passed the endurance test (group 2) shall be pre-heated to a temperature of $t_c + 10\text{ °C}$ before testing. The remaining five capacitors, having passed the test in 5.4.1 shall be tested at room temperature.

Apply a constant a.c. voltage of $1,3 U_N$ at U_{ac1} (V_2) and measure the initial current (I_1).

The voltage of a d.c. source U_{dc1} (V_3) shall be raised from zero to a maximum of $10 U_N$ at a rate of approximately 200 V/min until the capacitor becomes inoperative or $10 U_N$ has been reached.

The capacitor shall be considered as failed if it does not become inoperative (capacitance $< 1\% C_N$) within 5 minutes at $10 U_N$.

The d.c. current shall be limited to 50 mA.

NOTE Inoperative means the current is lower than 1 % of the initial current measured at the same a.c. voltage and frequency as the initial measurement.

5.16.45.16.7 Evaluation of the failure

After completion of the test, the ~~cheese-cloth~~ tissue paper shall not have burnt on any test specimen; however, it may be discoloured by escaping substances.

Each capacitor shall meet the following:

- escaping liquid material may wet the outer surface of the capacitor, but not fall away in drops;
- internal live parts shall not be accessible to the standard test finger (see Figure 1 of IEC 60529:2001);
- burning or scorching of the ~~cheese-cloth~~ tissue paper shall not be evident, since this would indicate that flames or fiery particles have been emitted from the openings;
- the capacitor shall withstand the test of 5.8 with the voltage being reduced to 0,8 times the value indicated.

The test is concluded when 10 capacitors have become short circuit or open circuit (for capacitors type S1), open circuit (for capacitors type S2) or inoperative with capacitance measuring $<1\% C_N$ (for capacitors type S3).

If one of the test specimens does not satisfy the criteria according to a) or d) above, the test may be repeated once on a further 10 samples. However, all capacitors shall pass the repeat test.

If more than one capacitor does not satisfy the criteria according to a) or d), then the test shall be regarded as failed. All capacitors must satisfy the requirements of b) and c).

5.17 Resistance to heat, fire and tracking

These tests are not applicable to capacitors with lead terminations.

5.17.1 Ball-pressure test

External parts of insulating material retaining terminals in position shall be sufficiently resistant to heat.

For materials other than ceramic, compliance is checked by subjecting the parts to the ball-pressure test in accordance with 27.3 of IEC 60309-1 at 125 °C or at $t_c + 40$ °C, whichever is the higher.

5.17.2 Glow-wire test

For materials other than ceramic, compliance is also checked by the following test.

External parts of insulating material retaining terminals in position shall be subjected to the glow-wire test in accordance with IEC 60695-2-10 and IEC 60695-2-11, subject to the following details:

- the test sample comprises one set of individual components forming the terminal assembly;
- the temperature of the tip of the glow-wire is 550 °C for $I_N \leq 0,5$ A and 850 °C for $I_N > 0,5$ A;
- any flame or glowing of the specimen shall extinguish within 30 s of withdrawing the glow-wire, and any flaming drops shall not ignite a piece of five-layer wrapping tissue, as defined in ISO 4046, spread out horizontally at a distance of 200 mm $\pm$ 5 mm below the place where the glow-wire is applied to the specimen.

5.17.3 Tracking test

Outer insulating parts of capacitors which retain live parts in position or are in contact with such terminals shall be of material resistant to tracking.

Compliance is checked by carrying out the tracking test specified in IEC 60112 at 250 V on relevant parts according to solution A.

6 Permissible overloads

6.1 Maximum permissible voltage

Irrespective of their type of operation, metal-foil and metallized capacitors shall be suitable for operation under abnormal conditions for prolonged periods at an r.m.s. voltage between terminals not exceeding 1,10 times the rated voltage, excluding transients caused by switching the capacitors in and out of circuit (see 9.2, 9.3 and 9.5) but including the effects of harmonics and supply voltage variations.

Operation above the rated voltage will reduce the life expectancy of the capacitor.

6.2 Maximum permissible current

Capacitors shall be suitable for operation at an r.m.s. current not exceeding 1,30 times the current which occurs at rated sinusoidal voltage and rated frequency excluding transients.

Taking into account the capacitance tolerance, the maximum permissible current can be up to 1,30 times the rated current increased in proportion to the actual capacitance value compared with the rated capacitance value.

6.3 Maximum permissible reactive output

The overload resulting from operation at voltage and current exceeding the rated values (though within the limits indicated in 6.1 and 6.2) shall not exceed 1,35 times the rated output.

Taking into account the capacitance tolerance the maximum permissible output can be up to 1,35 times the rated output increased in proportion to the actual capacitance value compared with the rated capacitance value.

NOTE It should be noted that operation of capacitors with overload, even within the limit indicated above, may adversely affect the life duration of these capacitors.

7 Safety requirements

7.1 Creepage distances and clearances

The creepage distances over external surfaces of terminal insulation and the clearances between the exterior parts of terminal connections or between such live parts and the metal case of the capacitor, if any, shall be not less than the minimum values given in Table 5.

These minimum distances shall apply to the terminals with or without the external wiring connected. They are not intended to apply to internal creepage distances and clearances.

The requirements for specific applications shall be satisfied.

The contribution to the creepage distances of any groove less than 1 mm wide shall be limited to its width.

Any air-gap of less than 1 mm shall be ignored in calculating the total air path.

Creepage distances are distances in air, measured along the surface of insulating material.

7.2 Terminals and connecting cables

Terminals and undetachable connecting cables shall have a conductor cross-section which can safely carry the current of the capacitor and shall have sufficient mechanical strength. The minimum cross-sectional area of the conductor shall be 0,5 mm². Insulated cables shall conform to the voltage and temperature ratings of the capacitor.

Manufacturers shall provide evidence that the cable supplied with the capacitor shall adequately carry the current over the full capacitance/temperature/voltage range specified.

7.3 Earth connections

If the metal case of the capacitor is intended to be connected to earth or to a neutral conductor, means shall be provided to enable an effective connection to be made. This may be achieved by supplying the capacitor in an unpainted metal case or by provision of an earth terminal, an earth conductor, or a metal bracket with sound electrical connection to the case.

Whichever the type of connection used, it must be clearly marked by the symbol  as the earth connection.

When the metal case is provided with a threaded stud and the capacitor is securely fixed to the metal frame by means of this stud without interposed insulating material and the frame is securely connected to earth, the stud shall be considered as an effective connection to earth.

Table 5 – Minimum creepage distances and clearances

Rated voltage	Up to and including 24 V mm	Above 24 V up to and including 250 V mm	Above 250 V up to and including 500 V mm	Above 500 V up to and including 1 000 V mm
Creepage distances				
1 Between live parts of different polarity	2	3 (2)	5	6
2 Between live parts and accessible metal parts which are permanently fixed to the capacitor including screws or devices for fixing covers or fixing the capacitor to its support	2	4 (2) 3 ^a	6 3 ^a	7
Clearances				
3 Between live parts of different polarity	2	3 (2)	5	6
4 Between live parts and accessible metal parts which are permanently fixed to the capacitor including screws or devices for fixing covers or fixing the capacitor to its support	2	4 (2) 3 ^a	6 3 ^a	7
5 Between live parts and a flat supporting surface or a loose metal cover, if any, if the construction does not ensure that the values under item 4 above are maintained under the most unfavourable conditions (for information only)	2	6	10	12
NOTE The values in brackets apply to creepage distances and clearances protected against dirt. For permanently sealed-off or compound-filled cases, creepage distances and clearances are not checked.				
Item 5 has been included for guidance only to indicate requirements for the capacitor in the application.				
^a For glass or other insulation with equivalent tracking qualities.				

7.4 Discharge devices

In many cases, discharge devices are not required; namely, when the capacitor is connected permanently to the motor winding, or when placed in an inaccessible position.

When a discharge device is specified, it must reduce the voltage at the terminals from the peak of the rated voltage to a value of 50 V or less in the time of 1 min from the moment the capacitor is switched off.

NOTE A discharge device may sometimes be specified, not for safety reasons, but to prevent electrical overstress on the capacitor. This may occur when a disconnected capacitor still charged is reconnected across another capacitor of different polarity.

8 Marking

The following information shall be marked on the capacitor:

- a) manufacturer's name, abbreviated name or trade mark;
- b) manufacturer's type designation;
- c) rated capacitance (C_N) in microfarads and tolerance as a percentage;
- d) rated voltage (U_N) in volts;
- e) spare;
- f) rated frequency f_N , in hertz, if other than 50 Hz;
- g) climatic category, for example 25/85/21 (see 4.1);
- h) date of manufacture (a code may be used);
- i)  or SH for self-healing capacitors;
- j) discharge device, if any, shall be written out in full or indicated by the symbol ;
- k) class of safety protection, for example, PS0, PS1, PS2, S3;
- l) approval marks;
- m) filling material. Reference to liquid used (not needed for dry capacitors);
- n) class of operation or life duration. To be positioned adjacent to the voltage;
- o) specification (standard) number.

If the capacitor is small and has not enough space for marking, items a), b), c), d), g), h), i), k), l), n) shall be marked and other items can be omitted. Furthermore, item c) may be marked by the standard code according to IEC 60062 but, if there is enough space available the rated capacitance and the capacitance tolerance shall be marked in clear text.

Information omitted on the capacitor shall be indicated on the packaging or on the accompanying notice.

9 Guidance for installation and operation

9.1 General

Unlike most electrical apparatus, motor capacitors are not connected to power systems as independent apparatus. In each case, the capacitor is connected in series with an inductive winding on the motor and may also be in physical contact with the motor or other apparatus. The characteristics of the motor and such other apparatus exert a strong influence on the operating conditions of the capacitors.

The most important influences on motor capacitors are the following:

- where a motor capacitor is connected in series with the auxiliary winding of a single-phase induction motor, the voltage at the terminals of the capacitor at operating speed is generally considerably higher than the mains voltage;
- when in physical contact with the motor, the capacitor is not only stressed by vibration of the motor but also by the heat transferred from the energized windings and the active iron. Also, other sources of heat such as the heating of an electric washing machine may raise the temperature of the capacitor.

Most capacitor motors, and consequently the capacitors also, are switched on and off frequently. In switching tests, it has been found that high transients often occur at the terminals of both the running and starting capacitors. To withstand these transients, care should be exercised to ensure that the manufacturer's declared ratings are not exceeded.

9.2 Choice of rated voltage

9.2.1 Measurements of working voltage

With maximum mains voltage, motor inductance and capacitance (taking into account tolerances and motor loads for worst conditions), the voltage across the capacitor shall not exceed 10 % above the capacitor rated voltage.

9.2.2 Influence of capacitance

Apart from the supply system voltage and the inductive coupling between the main winding and the auxiliary winding of the capacitor motor, the voltage at the terminals of the capacitor depends on the value of the capacitance itself, especially when the capacitor and the auxiliary winding operate near the resonance point. This fact should be taken into account when choosing the rated voltage of the capacitor and due attention should also be paid to the maximum permissible motor current.

In choosing the rated voltage of the capacitor, due attention should be paid to the voltage measurements specified in 9.2.1, to the possible variation in the mains voltage and to the effect of the capacitance tolerance.

9.3 Checking capacitor temperature

9.3.1 Choice of maximum permissible capacitor operating temperature

Since many factors influence the temperature conditions of motor capacitors, which cannot easily be calculated beforehand (heat radiation and heat conduction from the motor, high ambient temperature, bad cooling conditions, etc.), the user should check the capacitor operating temperature in association with the apparatus into which the capacitor is built. During this test, the most unfavourable permissible conditions of operation applicable to the apparatus should be attained.

Under these conditions, the capacitor temperature should be measured. The rated maximum permissible capacitor operating temperature should be not less than the highest temperature measured during this test.

Before changing the capacitor type, this test shall be repeated.

9.3.2 Choice of minimum permissible capacitor operating temperature

The rated minimum permissible capacitor operating temperature shall not be higher than the lowest ambient temperature at which the capacitor may be operated.

9.4 Checking transients

Under certain conditions of switching motors on or off, or the switching of starting capacitors across run capacitors, high current surges or transient overvoltages may occur. To prevent

premature capacitor failure, the user shall establish by appropriate tests, that the manufacturer's declared value of maximum transient voltage and maximum dv/dt are not exceeded. Under some circumstances, discharge resistors or series resistance may need to be considered in the motor circuit to limit voltage and current surges.

In some circumstances it may be necessary to add resistance to reduce the peak current to within the capacitor's design ratings.

9.5 Leakage current

Capacitive leakage current is not normally significant for motor applications. However, where the application requires low leakage to earth, this should be specifically requested by the user.

Annex A (normative)

Test voltage

Voltage tests are carried out with an a.c. source as specified in the relevant clause. The source shall be adequate to maintain, over any specified test period, the test voltage required, subject to a tolerance of $\pm 2,5$ %, but ± 2 % for the endurance test.

AC voltage tests are made using a 50 Hz or 60 Hz frequency, as appropriate, the voltage waveform of which is sufficiently free from harmonics as to ensure that, when applied to the capacitor, the resulting current does not exceed the value corresponding to a sinusoidal voltage waveform by more than 10 %.

Bibliography

Additional useful information may be found in the following standards:

IEC 60110-1:1998, *Power capacitors for induction heating installations – Part 1: General*

IEC 60143-1: 2004, *Series capacitors for power systems – Part 1: General*

IEC 60252-2¹, *AC motor capacitors – Motor start capacitors*

IEC 60358:1990, *Coupling capacitors and capacitor dividers*

IEC 60831-1:2002, *Shunt power capacitors of the self-healing type for a.c. systems having a rated voltage up to and including 1 000 V – Part 1: General – Performance, testing and rating – Safety requirements – Guide for installation and operation*

IEC 60871-1:2005, *Shunt capacitors for a.c. power systems having a rated voltage above 1 000 V – Part 1: General*

IEC 60931-1:1996, *Shunt power capacitors of the non-self-healing type for a.c. systems having a rated voltage up to and including 1 000 V – Part 1: General – Performance, testing and rating – Safety requirements – Guide for installation and operation*

IEC 61048: 2006, *Auxiliaries for lamps – Capacitors for use in tubular fluorescent and other discharge lamp circuits – General and safety requirements*

IEC 61071:2007, *Power electronic capacitors*

¹ To be published.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	36
1 Domaine d'application et objet	38
2 Références normatives	39
3 Termes et définitions	39
4 Conditions de service	43
4.1 Conditions normales de service	43
4.2 Tolérances préférentielles sur la capacité	43
5 Exigences de qualité et essais	43
5.1 Exigences relatives aux essais	43
5.1.1 Généralités	43
5.1.2 Conditions d'essai	43
5.2 Nature des essais	44
5.2.1 Essais de type	44
5.2.2 Essais individuels	44
5.3 Essais de type	44
5.3.1 Procédure d'essai	44
5.3.2 Extension de la qualification	45
5.4 Essais individuels	47
5.4.1 Procédure d'essai	47
5.5 Tangente de l'angle de perte	47
5.6 Examen visuel	47
5.7 Essai diélectrique entre bornes	47
5.8 Essai diélectrique entre bornes et enveloppe	48
5.9 Mesure de la capacité	48
5.10 Vérification des dimensions	49
5.11 Essais mécaniques	49
5.11.1 Robustesse des connexions	49
5.11.2 Soudure	50
5.11.3 Vibration	50
5.11.4 Tige ou goujon de fixation (le cas échéant)	51
5.12 Essai d'étanchéité	51
5.13 Essai d'endurance	51
5.13.1 Essai dans l'air à circulation forcée	51
5.13.2 Procédure de l'essai d'endurance	52
5.13.3 Conditions d'acceptation	53
5.14 Essai à la chaleur humide	53
5.15 Essai d'autorégénération	53
5.16 Essai de destruction	54
5.16.1 Généralités	54
5.16.2 Echantillons d'essai	55
5.16.3 Dispositif d'essai pour essai séquentiel en courant continu et en courant alternatif (condensateurs de types S1 et S2)	55
5.16.4 Procédure Dispositif d'essai pour essai simultané en courant continu et en courant alternatif (condensateur de type S3)	56
5.16.5 Procédure d'essai pour essai séquentiel en courant continu et en courant alternatif (condensateurs de types S1 et S2)	57

5.16.6	Procédure d'essai pour essai simultané en courant continu et en courant alternatif (condensateur de type S3).....	58
5.16.47	Evaluation des défaillances	58
5.17	Résistance à la chaleur, au feu et aux courants de cheminement.....	59
5.17.1	Essai à la bille	59
5.17.2	Essai au fil incandescent.....	59
5.17.3	Essai de cheminement	60
6	Surcharges admissibles.....	60
6.1	Tension maximale admissible	60
6.2	Courant maximal admissible	60
6.3	Puissance réactive maximale admissible	60
7	Règles de sécurité.....	61
7.1	Lignes de fuite et distances dans l'air.....	61
7.2	Bornes et conducteurs de raccordement	61
7.3	Mise à la terre	61
7.4	Dispositifs de décharge	62
8	Marquage.....	62
9	Lignes directrices pour l'installation et l'utilisation.....	63
9.1	Généralités.....	63
9.2	Choix de la tension assignée	64
9.2.1	Mesures de la tension de fonctionnement	64
9.2.2	Influence de la capacité	64
9.3	Vérification de la température du condensateur.....	64
9.3.1	Choix de la température maximale admissible de fonctionnement pour le condensateur	64
9.3.2	Choix de la température minimale admissible de fonctionnement pour le condensateur	64
9.4	Vérification des transitoires.....	64
9.5	Courant de fuite.....	65
Annexe A (normative)	Tension d'essai.....	66
Bibliographie		67
Figure 1	– Essai de destruction	54
Figure 12	– Dispositif d'essai pour conditionnement en courant continu	55
Figure 23	– Dispositif d'essai pour l'essai de destruction en courant alternatif	56
Figure 34	– Montage pour réaliser la bobine d'inductance variable L de la Figure 23	56
Figure 5	– Dispositif d'essai pour un essai simultané en courant alternatif (condensateurs de types S1 et S2).....	57
Tableau 1	– Liste des essais de type.....	46
Tableau 2a	– Tensions d'essai	47
Tableau 2b	– Tensions d'essai	48
Tableau 3	– Essai de couple	50
Tableau 4	– Conditions de l'essai d'endurance	52
Tableau 5	– Lignes de fuite et distances dans l'air minimales.....	62

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONDENSATEURS DES MOTEURS À COURANT ALTERNATIF –

Partie 1: Généralités – Caractéristiques fonctionnelles, essais et valeurs assignées – Règles de sécurité – Lignes directrices pour l'installation et l'utilisation

AVANT-PROPOS

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

Cette version consolidée de la CEI 60252-1 porte le numéro d'édition 2.1. Elle comprend la deuxième édition (2010) [documents 33/470/FDIS et 33/473/RVD] et son amendement 1 (2013) [documents 33/532/FDIS et 33/538/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 et les suppressions apparaissent en rouge, les suppressions étant barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.

Cette publication a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

La Norme internationale CEI 60252-1 a été établie par le comité d'études 33 de la CEI: Condensateurs de puissance.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- la définition de « condensateur à film segmenté » a été ajoutée en 3.6;
- la définition de « classes d'utilisation » a été clarifiée, avec l'ajout du concept de « durée de vie probable » et des références aux statistiques, en 3.9;
- la phrase « *Un fonctionnement au-dessus de la tension assignée réduira la durée de vie du condensateur.* » a été introduite en 6.1;
- quelques clarifications ont été ajoutées dans l'Article 8: Marquage, principalement pour les petits condensateurs.

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

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60252, présentées sous le titre général *Condensateurs des moteurs à courant alternatif* peut être consultée sur le site web de la CEI.

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 la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

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

CONDENSATEURS DES MOTEURS À COURANT ALTERNATIF –

Partie 1: Généralités – Caractéristiques fonctionnelles, essais et valeurs assignées – Règles de sécurité – Lignes directrices pour l'installation et l'utilisation

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 60252 s'applique aux condensateurs destinés à être raccordés aux enroulements des moteurs asynchrones alimentés par un réseau monophasé dont la fréquence ne dépasse pas 100 Hz, et aux condensateurs destinés aux moteurs asynchrones triphasés pour permettre le raccordement de ces moteurs à un réseau monophasé.

La présente norme couvre les condensateurs imprégnés ou non, ayant un diélectrique en papier, film plastique ou une combinaison des deux, soit métallisés, soit à électrodes en feuilles de métal, pour une tension assignée n'excédant pas 660 V.

Les exigences concernant les condensateurs de démarrage sont traitées dans la CEI 60252-2.

NOTE Les condensateurs suivants sont exclus de cette norme:

- les condensateurs shunt autorégénérateurs destinés à être installés sur des réseaux à courant alternatif avec une tension assignée jusqu'à 1 000 V inclus (voir CEI 60831-1);
- les condensateurs shunt non autorégénérateurs destinés à être installés sur des réseaux à courant alternatif avec une tension assignée jusqu'à 1 000 V inclus (voir CEI 60931-1);
- les condensateurs shunt destinés à être installés sur les réseaux à courant alternatif avec une tension assignée supérieure à 1 000 V (voir CEI 60871-1);
- les condensateurs destinés à des installations de production de chaleur par induction, soumis à des fréquences comprises entre 40 Hz et 24 000 Hz (voir CEI 60110-1);
- les condensateurs-série (voir CEI 60143);
- les condensateurs de couplage et diviseurs capacitifs (voir CEI 60358);
- les condensateurs utilisés dans les circuits électroniques de puissance (voir CEI 61071);
- les petits condensateurs à courant alternatif utilisés pour les lampes fluorescentes et à décharge (voir CEI 61048);
- les condensateurs d'antiparasitage (publication CEI à l'étude);
- les condensateurs utilisés dans différents types d'équipements électriques et considérés de ce fait comme des composants;
- les condensateurs destinés à être utilisés sous tension continue superposée à la tension alternative.

La présente norme a pour objet

- a) de formuler des règles uniformes pour les performances, les essais et les caractéristiques nominales;
- b) de formuler des règles spécifiques de sécurité;
- c) de fournir des lignes directrices pour l'installation et l'utilisation.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60062, *Marking codes for resistors and capacitors* (disponible en anglais seulement)

CEI 60068 (toutes les parties), *Essais d'environnement*

CEI 60068-2-6, *Essais d'environnement – Partie 2-6: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

CEI 60068-2-20, *Essais d'environnement – Partie 2-20: Essais – Essai T: Méthodes d'essai de la brasabilité et de la résistance à la chaleur de brasage des dispositifs à broches*

CEI 60068-2-21, *Environmental testing – Part 2-21: Tests – Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices* (disponible en anglais seulement)

CEI 60068-2-78, *Essais d'environnement – Partie 2-78: Essais – Essai Cab: Chaleur humide, essai continu*

CEI 60112, *Méthode de détermination des indices de résistance et de tenue au cheminement des matériaux isolants solides*

CEI 60309-1, *Prises de courant pour usages industriels – Partie 1: Règles générales*

CEI 60529:2001, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 60695-2-10, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-10: Méthodes d'essai au fil incandescent/chauffant – Appareillage et méthode commune d'essai*

CEI 60695-2-11, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-11: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai d'inflammabilité pour produits finis*

ISO 4046:1978/2002, *Papier, carton, pâtes et termes connexes – Vocabulaire*

3 Termes et définitions

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

3.1

condensateur permanent de moteur

condensateur de puissance qui, utilisé en liaison avec un enroulement auxiliaire du moteur, aide le moteur à démarrer et améliore le couple lors du fonctionnement

NOTE Ce type de condensateur est usuellement relié de façon permanente à l'enroulement du moteur et reste en circuit pendant sa marche. Lors du démarrage, s'il est en parallèle avec le condensateur de démarrage, il aide au démarrage du moteur.

3.2

condensateur de démarrage de moteur

condensateur de puissance qui fournit un courant de conduction à l'enroulement auxiliaire d'un moteur, et qui est mis hors circuit lorsque le moteur est en fonctionnement

3.3

condensateur à armatures métalliques

condensateur dont les électrodes sont constituées par des feuilles ou des lamelles de métal séparées par un diélectrique

3.4

condensateur métallisé

condensateur dont les électrodes sont constituées par un dépôt métallique sur le diélectrique

3.5

condensateur autorégénérateur

condensateur dont les qualités électriques, après rupture locale du diélectrique, sont rapidement et essentiellement auto restaurées

3.6

condensateur à film segmenté

condensateur à film métallisé avec un motif répétitif sur le dépôt métallique d'au moins une couche, conçu pour isoler des sections du condensateur en cas de défaut local dans le diélectrique

3.7

dispositif de décharge d'un condensateur

dispositif pouvant être incorporé au condensateur, capable de ramener à zéro, en un temps donné, la tension résiduelle entre les bornes après que le condensateur a été déconnecté d'un réseau

3.8

service continu

service sans limite de durée de fonctionnement au cours de la vie normale du condensateur

3.9

classe d'utilisation

durée de vie minimale probable pour laquelle le condensateur est prévu à des cycles de fonctionnement, tensions, températures et fréquences assignés

NOTE 1 Quatre classes ont été prévues

Classe A – 30 000 h

Classe B – 10 000 h

Classe C – 3 000 h

Classe D – 1 000 h

Ces classes d'utilisation sont prévues pour représenter un taux de défaillance probable inférieur à 3 % pendant la vie du produit.

Les défaillances prises en considération sont: les courts-circuits, les circuits ouverts, les fuites de liquide, les dérives de capacité supérieures à 10 % des limites de tolérance assignées.

Un condensateur peut avoir plus d'une classe selon les tensions correspondantes.

NOTE 2 Les classes d'utilisation ont une valeur statistique (la "loi des grands nombres"):il n'est pas possible d'appliquer automatiquement des données provenant d'une quantité limitée à une population entière ou même à un lot de condensateurs. Il convient que l'acheteur et le fabricant se mettent d'accord en cas de taux de défaillance réel supérieur à 3 %.

3.10

température minimale admissible de fonctionnement d'un condensateur

température minimale admissible à la surface de l'enveloppe du condensateur au moment de la mise sous tension de celui-ci

3.11**température maximale admissible de fonctionnement d'un condensateur** t_c

température maximale admissible au point le plus chaud de l'enveloppe du condensateur pendant le fonctionnement de celui-ci

3.12**tension assignée d'un condensateur** U_N

valeur efficace de la tension alternative pour laquelle le condensateur a été conçu

3.13**fréquence assignée d'un condensateur** f_N

fréquence la plus haute pour laquelle le condensateur a été conçu

3.14**capacité assignée d'un condensateur** C_N

valeur de capacité pour laquelle le condensateur a été conçu

3.15**courant assigné d'un condensateur** I_N

valeur efficace du courant alternatif pour laquelle le condensateur est conçu à tension et fréquence assignées

3.16**puissance assignée d'un condensateur** Q_N

puissance réactive d'un condensateur en fonction des valeurs assignées de la capacité, de la fréquence et de la tension (ou du courant)

3.17**pertes d'un condensateur**

puissance active dissipée par le condensateur

NOTE Sauf spécification contraire, les pertes d'un condensateur comprennent également les pertes dans les fusibles et dans les résistances de décharge formant partie intégrante du condensateur.

3.18**tangente de l'angle de pertes (tg delta) d'un condensateur**

quotient entre la valeur de la résistance série équivalente et la valeur de la réactance capacitive du condensateur, à une tension alternative sinusoïdale et une fréquence spécifiées

3.19**courant de fuite capacitif (seulement pour les condensateurs à enveloppe métallique)**

courant qui passe à travers un conducteur reliant l'enveloppe à la terre, lorsque le condensateur est alimenté par un réseau à courant alternatif ayant le neutre à la terre

3.20**type de condensateurs**

les condensateurs sont considérés être de même type quand ils ont une forme de construction similaire, la même technologie de construction, la même tension assignée, la même catégorie climatique et le même type de fonctionnement. Des condensateurs de même type peuvent uniquement se différencier par leur capacité assignée et leurs dimensions. Des différences mineures sont autorisées pour ce qui concerne les pattes de branchement et les dispositifs de montage

NOTE La même construction comprend, par exemple, le même matériau diélectrique, la même épaisseur de diélectrique et le même type d'enveloppe (métallique ou plastique).

3.21

modèle de condensateur

les condensateurs sont considérés comme étant du même modèle lorsqu'ils appartiennent au même type et ont les mêmes caractéristiques dimensionnelles et fonctionnelles entre les limites des tolérances et sont, par conséquent, interchangeables

3.22

classe relative à la protection de sécurité

degré de protection de sécurité identifié par un des ~~trois~~ quatre codes à indiquer sur le condensateur

~~(P2) — indique que le condensateur de ce type a été conçu pour cesser de fonctionner en mode circuit ouvert uniquement et qu'il est protégé contre les risques concernant le feu et les chocs. Cette caractéristique est vérifiée par l'essai décrit en 5.16.~~

~~(P1) — indique que le condensateur de ce type peut cesser de fonctionner en mode circuit ouvert ou en mode court-circuit et qu'il est protégé contre les risques concernant le feu et les chocs. Cette caractéristique est vérifiée par l'essai décrit en 5.16.~~

~~(P0) — indique que le condensateur de ce type ne possède pas de protection particulière contre un défaut~~

3.22.1

classe (S0) relative à la protection de sécurité

degré de protection de sécurité indiquant que le condensateur de ce type ne possède pas de protection particulière contre un défaut

Note 1 à l'article: Désigné auparavant par P0.

3.22.2

classe (S1) relative à la protection de sécurité

degré de protection de sécurité indiquant que le condensateur de ce type peut cesser de fonctionner en mode circuit ouvert ou en mode court-circuit et qu'il est protégé contre les risques concernant le feu et les chocs

Note 1 à l'article: La conformité est vérifiée par les essais décrits en 5.16.3 et 5.16.5.

Note 2 à l'article: Désigné auparavant par P1.

3.22.3

classe (S2) relative à la protection de sécurité

degré de protection de sécurité indiquant que le condensateur de ce type a été conçu pour cesser de fonctionner en mode circuit ouvert uniquement et qu'il est protégé contre les risques concernant le feu et les chocs

Note 1 à l'article: La conformité est vérifiée par les essais décrits en 5.16.3 et 5.16.5.

Note 2 à l'article: Désigné auparavant par P2.

3.22.4

classe (S3) relative à la protection de sécurité

degré de protection de sécurité indiquant que le condensateur est construit en film segmenté, tel que défini en 3.6

Note 1 à l'article: Il est nécessaire que ce type de condensateur cesse de fonctionner avec une capacité résiduelle faible ($<1\% C_N$), et il est protégé contre les risques concernant le feu et les chocs. La conformité est vérifiée par les essais décrits en 5.16.4 et 5.16.6.

4 Conditions de service

4.1 Conditions normales de service

La présente norme donne les exigences relatives aux condensateurs destinés à être utilisés dans les conditions suivantes:

- a) altitude: elle ne doit pas dépasser 2 000 m;
- b) tension résiduelle lors de la mise en service: elle ne doit pas être supérieure à 10 % de la tension assignée (voir 7.4, note);
- c) pollution: les condensateurs inclus dans le domaine d'application de cette norme sont conçus pour fonctionner dans une atmosphère légèrement polluée;

NOTE La CEI n'a pas encore établi de définition précise pour «légèrement polluée». Lorsque cette définition sera établie par la CEI, elle sera incorporée à la présente norme.

- d) température de service: entre -40 °C et $+100\text{ °C}$ (voir 3.10 et 3.11).

Les minimums et maximums admissibles de température préférentielle pour le fonctionnement du condensateur sont les suivants:

- températures minimales: -40 °C , -25 °C , -10 °C et 0 °C ;
- températures maximales: 55 °C , 70 °C , 85 °C et 100 °C .

Les condensateurs doivent être prévus pour un transport et un stockage à des températures allant jusqu'à -25 °C , ou jusqu'à la température minimale de fonctionnement, selon celle qui est la plus basse, sans que leurs qualités soient affectées;

- e) sévérité de l'essai à la chaleur humide: entre 4 jours et 56 jours. La sévérité préférentielle est de 21 jours.

(La sévérité de l'essai à la chaleur humide doit être choisie parmi les valeurs indiquées dans la CEI 60068-2-78, c'est-à-dire: 4 jours, 10 jours, 21 jours et 56 jours).

Les condensateurs sont classés en catégories climatiques définies par la température minimale et la température maximale admissibles pour le fonctionnement du condensateur, et la sévérité de l'essai à température humide: par exemple 10/70/21 indique que la température minimale et la température maximale admissibles pour le fonctionnement du condensateur sont -10 °C et 70 °C , et que la sévérité de l'essai à chaleur humide est de 21 jours.

4.2 Tolérances préférentielles sur la capacité

Les tolérances préférentielles sont: $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ et $\pm 15\%$.

Des tolérances asymétriques sont permises mais aucune tolérance ne doit dépasser 15 %.

5 Exigences de qualité et essais

5.1 Exigences relatives aux essais

5.1.1 Généralités

Cet article contient les exigences d'essai pour les condensateurs.

5.1.2 Conditions d'essai

Sauf spécification contraire pour un essai ou pour une mesure particulière, la température du diélectrique du condensateur doit être comprise entre $+15\text{ °C}$ et $+35\text{ °C}$, et doit être enregistrée.

Lorsqu'il est nécessaire d'appliquer une correction, la température de référence doit être de $+20\text{ °C}$.

NOTE On peut admettre que la température du diélectrique est celle de l'air ambiant, pourvu que le condensateur ait été laissé hors tension à cette température ambiante pendant une durée suffisante, dépendant des dimensions du condensateur.

5.2 Nature des essais

Les essais spécifiés sont de deux sortes:

- a) essais de type;
- b) essais individuels.

5.2.1 Essais de type

Les essais de type sont destinés à prouver que le mode de construction du condensateur est approprié et que celui-ci peut être utilisé dans les conditions de fonctionnement précisées par la présente norme.

Les essais de type sont effectués par le fabricant et/ou l'autorité chargée des essais, si une approbation est nécessaire.

Les essais de type peuvent être exécutés sous la surveillance d'une autorité appropriée qui publiera un compte rendu certifié et/ou un document d'approbation du type.

5.2.2 Essais individuels

Les essais individuels doivent être effectués par le fabricant sur chaque condensateur avant livraison. Sur demande de l'acheteur, un rapport d'essai lui est remis, stipulant que les essais individuels ont été effectués.

5.3 Essais de type

5.3.1 Procédure d'essai

Les échantillons de chaque modèle sélectionnés pour les essais de type doivent être divisés en groupes, comme indiqué au Tableau 1.

Les condensateurs constituant l'échantillon doivent avoir subi avec succès les essais individuels indiqués en 5.4.1.

Chaque groupe d'essai doit contenir un nombre égal de condensateurs de la plus forte et de la plus faible capacité de la gamme.

Le fabricant doit fournir des renseignements (données) sur le quotient de la capacité par la surface totale extérieure de l'enveloppe pour toutes les capacités de la gamme.

Le condensateur ayant la capacité par unité de surface externe la plus grande doit aussi être essayé si ce quotient dépasse de 10 % ou plus le quotient du condensateur ayant la capacité maximale de la gamme.

De même, le condensateur ayant la capacité par unité de surface externe la plus faible doit aussi être essayé si le quotient est inférieur de 10 % ou plus à celui du condensateur de capacité minimale de la gamme.

La surface externe comprend toute la surface extérieure de l'enveloppe du condensateur à l'exception des petites protubérances, bornes et pattes de fixation.

5.3.2 Extension de la qualification

5.3.2.1 L'essai de type d'un seul modèle ne qualifie que le modèle essayé. Lorsque l'essai de type est exécuté sur deux modèles d'un même type, ayant des valeurs différentes de capacité assignée choisies selon les règles de 5.3.1, la qualification est valable pour tous les modèles de ce type ayant des capacités assignées comprises entre les deux valeurs essayées.

5.3.2.2 Les essais de qualification exécutés avec succès sur un modèle de condensateur ayant une certaine tolérance sur la capacité sont également valables pour les condensateurs du même modèle mais ayant une tolérance sur la capacité différente, jusqu'à deux fois les limites de tolérance déclarées. Par exemple, $\pm 5\%$ couvre jusqu'à $\pm 10\%$, et $\pm 10\%$ couvre jusqu'à $\pm 20\%$. Une tolérance plus faible que celle déclarée n'est pas autorisée. Par exemple, une acceptation de type pour $\pm 10\%$ ne couvre pas $\pm 5\%$.

5.3.2.3 Occasionnellement, en pratique, on demande que les condensateurs aient une tolérance sur la capacité qui ne soit pas symétrique par rapport à la valeur assignée de cette capacité.

Lorsqu'un essai de type a été exécuté avec succès sur un modèle de condensateur ayant une tolérance symétrique sur la capacité, la qualification correspondante est également valable pour des condensateurs du même modèle mais n'ayant pas une tolérance symétrique sur la capacité, à condition que l'intervalle total de tolérance non symétrique soit

- a) dans l'intervalle total de capacité autorisé en 5.3.2.2,
et
- b) supérieur ou égal à celui du modèle de condensateur essayé. Par exemple, la qualification pour ± 5 autorise des valeurs telles que $\begin{smallmatrix} +10 \\ -5 \end{smallmatrix} \%$, $\begin{smallmatrix} +5 \\ -10 \end{smallmatrix} \%$, $\begin{smallmatrix} +8 \\ -2 \end{smallmatrix} \%$, $\begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix} \%$, mais pas $\begin{smallmatrix} +15 \\ -5 \end{smallmatrix} \%$.

Tableau 1 – Liste des essais de type

Groupe	Essais	Paragraphe	Nombre d'échantillons à examiner (note 1)	Nombre d'échecs autorisés pour le premier essai (note 2)	Nombre d'échecs autorisés pour l'essai de confirmation
1	Examen visuel Contrôle du marquage Vérification des dimensions Essais mécaniques (soudure exclue) Essais d'étanchéité (le cas d'échéant)	5.6 8 5.10 5.11 5.12	8 [4]	1 (note 3)	0
2	Essai d'endurance	5.13	42 [21]	2 (note 4)	0
3	Soudure (le cas échéant) Essai à la chaleur humide Essai diélectrique entre bornes Essai diélectrique entre bornes et enveloppe	5.11.2 5.14 5.7 5.8	12 [6]	1 (note 3)	0
4	Essai d'autorégénération (le cas échéant)	5.15	20 [10]	1 (note 3)	0
5	Essai de destruction (si mentionné sur le condensateur)	5.16	20 [10] 10 [5]	1 (note 5)	0
6	Résistance à la chaleur, au feu et aux courants de cheminement (non applicable aux condensateurs raccordés par des liaisons isolées)	5.17	3 (Seulement pour l'enveloppe des bornes) (voir note 6)	0	0

NOTE 1 Nombre d'échantillons précisé pouvant être réessayés si nécessaire. Le nombre entre crochets indique le véritable nombre spécifié pour l'essai. Tous les chiffres indiquent le nombre d'échantillons pour chaque valeur de capacité essayée. Si une gamme est essayée, le nombre indiqué dans ce tableau s'applique à la fois à la capacité la plus élevée, à la capacité la plus faible et à toute autre valeur de capacité intermédiaire nécessaire aux essais, dans la gamme selon 5.3.1.

NOTE 2 Un condensateur défectueux à plus d'un essai est compté comme un condensateur défectueux.

NOTE 3 Pour les groupes 1, 3 et 4, un essai de confirmation est autorisé s'il y a eu un échec. Aucun échec n'est autorisé pendant ces contre-essais.

NOTE 4 Pour le groupe 2, aucun essai de confirmation n'est nécessaire pour les cas 0 et 1 échec. Avec deux échecs, un contre-essai est nécessaire et aucun échec n'est autorisé pour celui-ci.

NOTE 5 Pour le groupe 5, voir 5.16 qui autorise un contre-essai avec des conditions particulières dans le cas d'un échec.

NOTE 6 Trois échantillons de l'enveloppe des bornes (parties de matériau isolant maintenant les bornes en position) sont nécessaires pour les essais décrits en 5.17.

Un échantillon est exigé pour l'essai à la bille (voir 5.17.1), un pour l'essai au fil incandescent (voir 5.17.2) et un pour l'essai de cheminement (voir 5.17.3).

Quand le nombre de défauts pour chaque groupe et le nombre total de condensateurs défectueux ne dépassent pas les chiffres indiqués au Tableau 1, le modèle de condensateur doit être jugé comme ayant satisfait à la présente norme.

Si un condensateur est conçu pour être utilisé sous deux, ou plus, conditions différentes (tensions assignées, classes, cycles de service assignés, etc.), les essais suivants doivent être effectués, une seule fois, à la tension d'essai maximale:

- a) essai diélectrique entre bornes (voir 5.7);
- b) essai diélectrique entre bornes et enveloppe (voir 5.8);

c) essai d'autorégénération (voir 5.15).

L'essai de fonctionnement de longue durée doit être exécuté pour chaque valeur de tension et pour chaque condition de fonctionnement marquées sur le condensateur. Le nombre d'échantillons à contrôler est déterminé en conséquence.

5.4 Essais individuels

5.4.1 Procédure d'essai

Les condensateurs doivent être soumis, dans l'ordre, aux essais suivants:

- a) essai d'étanchéité, le cas échéant (voir 5.12);
- b) essai diélectrique entre bornes (voir 5.7);
- c) essai diélectrique entre bornes et enveloppe (voir 5.8);
- d) examen visuel (voir 5.6);
- e) mesure de la capacité (voir 5.9);
- f) tangente de l'angle de perte (voir 5.5).

5.5 Tangente de l'angle de perte

La limite de la tangente de l'angle de perte et la fréquence pour la mesure doivent être définies par le fabricant.

5.6 Examen visuel

L'état, la fabrication, le marquage et la finition doivent être satisfaisants. Le marquage doit être lisible pour la durée de vie du condensateur.

5.7 Essai diélectrique entre bornes

Dans les essais de type, les condensateurs doivent être soumis à un essai en tension alternative comme indiqué dans les Tableaux 2a et 2b. L'essai doit être effectué à une tension pratiquement sinusoïdale à la fréquence assignée. L'essai peut être réalisé à 50 Hz ou 60 Hz.

Une fréquence plus élevée peut être utilisée à la discrétion du fabricant.

NOTE IMPORTANTE

Tous les pays européens et tous les pays non désignés spécifiquement ci-après demandent que les essais soient conduits en conformité avec le Tableau 2a.

Le Canada, le Japon et les Etats-Unis demandent que les essais soient conduits en conformité avec le Tableau 2b.

Tableau 2a – Tensions d'essai

Type de service	Type de condensateur	Rapport entre la tension d'essai et la tension nominale alternative	Durée de l'essai de type s
Continu	Condensateur non autorégénérateur	2,15	60
	Condensateur autorégénérateur	2,0	60

Pour les essais individuels, la durée indiquée dans le Tableau 2a peut être réduite de 60 s à 2 s.

Tableau 2b – Tensions d'essai

Type de service	Type de condensateur	Rapport entre la tension d'essai et la tension nominale alternative	Durée de l'essai de type s
Continu	Condensateur non autorégénérateur	2,15	10
	Condensateur autorégénérateur	1,75	10

Pour les essais individuels, la durée indiquée dans le Tableau 2b peut être réduite de 10 s à 1 s.

Aucun contournement ou claquage permanent ne doit se produire. En ce qui concerne les condensateurs à armature métallisée, l'autorégénération peut se produire.

Quand le condensateur est constitué de plus d'une section, chaque section doit être essayée indépendamment selon le tableau ci-dessus.

5.8 Essai diélectrique entre bornes et enveloppe

Les condensateurs doivent être en mesure de supporter sans claquer, pendant 60 s, un essai diélectrique entre les bornes (réunies entre elles) et l'enveloppe, sous tension alternative pratiquement sinusoïdale, de fréquence aussi rapprochée que possible de la fréquence assignée, et dont la valeur efficace doit être égale à:

deux fois la tension assignée +1 000 V, sans être inférieure à 2 000 V.

Si l'enveloppe du condensateur est constituée d'un matériau isolant, dans l'essai de type la tension d'essai doit être appliquée entre les bornes et les pièces métalliques éventuelles servant au montage, ou entre les bornes et une feuille métallique enveloppant étroitement la surface de l'enveloppe. Dans les essais individuels, la tension d'essai doit être appliquée entre les bornes et un élément métallique s'il y en a.

Aucun essai individuel n'est requis si l'enveloppe est entièrement constituée de matériau isolant.

Pendant l'essai, ni claquage de diélectrique ni contournement ne doivent se produire.

Pour les essais individuels, la durée peut être réduite de 60 s à 2 s pour les pays utilisant le Tableau 2a et à 1 s pour les pays utilisant le Tableau 2b.

5.9 Mesure de la capacité

La capacité doit être mesurée par une méthode éliminant les erreurs dues aux harmoniques.

La précision des mesures doit être meilleure que 5 % de la bande totale de tolérance. Pour les essais de type, la précision absolue doit être de 0,2 % maximum.

Les essais de type et individuels doivent être effectués entre 0,9 et 1,1 fois la tension assignée et à la fréquence assignée.

D'autres tensions et fréquences de mesure sont autorisées s'il peut être démontré que la capacité mesurée ne change pas de plus de 0,2 % de la valeur vraie.

5.10 Vérification des dimensions

Les dimensions de l'enveloppe, des bornes et des fixations doivent être conformes à celles qu'indique le dessin, compte tenu des tolérances.

Par ailleurs, les valeurs minimales des lignes de fuite et des distances dans l'air indiquées dans le Tableau 5 doivent être contrôlées.

5.11 Essais mécaniques

Ces essais doivent être exécutés conformément à l'essai approprié de la série CEI 60068.

Ces essais sont les suivants:

- robustesse des connexions: Essai U, CEI 60068-2-21;
- soudure: Essai T, CEI 60068-2-20;
- vibrations (sinusoïdales): Essai Fc, CEI 60068-2-6.

5.11.1 Robustesse des connexions

Le condensateur doit être soumis, le cas échéant, aux essais Ua, Ub, Uc et Ud de la CEI 60068-2-21.

5.11.1.1 Essai Ua – Résistance à la traction

Le poids à appliquer doit être de 20 N pour tous les types de connexions.

Pour les fils de connexions, la section droite doit être d'au moins 0,5 mm².

5.11.1.2 Essai Ub – Résistance à la flexion (sur la moitié des connexions)

Cet essai doit être effectué seulement sur les connexions filaires. On applique deux flexions successives.

5.11.1.3 Essai Uc – Résistance à la torsion (sur l'autre moitié des connexions)

Cet essai doit être effectué seulement sur les connexions filaires. On applique deux rotations successives de 180°.

5.11.1.4 Essai Ud – Essai de couple (bornes à vis)

Cet essai doit être effectué sur les bornes filetées.

Les vis ou les écrous doivent être serrés à la valeur de couple indiquée au Tableau 3, et desserrés à nouveau. Le couple est appliqué progressivement. La visserie doit avoir la résistance suffisante contre les ruptures sous contrainte.

Tableau 3 – Essai de couple

Diamètre du filetage mm	Couple N · m
2,6	0,4
3,0	0,5
3,5	0,8
4,0	1,2
5,0	1,8
5,5	2,2
6,0	2,5
8	5
10	7
12	12

5.11.1.5 Examen visuel

Après chacun de ces essais, les condensateurs doivent être visuellement examinés. Ils ne doivent présenter aucun dommage visible.

5.11.2 Soudure

Cet essai doit être effectué seulement sur les bornes prévues pour une connexion soudée.

Les condensateurs doivent alors être soumis à l'essai T de la CEI 60068-2-20 en utilisant soit la méthode du bain de soudure, soit celle de la goutte de soudure.

Lorsqu'on ne peut appliquer ni la méthode du bain d'alliage ni la méthode de la goutte de soudure, on doit effectuer l'essai du fer à souder, avec un fer à souder de dimension A.

Avant et après l'essai, la capacité du condensateur doit être mesurée, comme indiqué en 5.9. Aucune variation perceptible de capacité n'est admise.

Lorsque toutes les procédures de l'essai ont été effectuées, les condensateurs doivent être examinés visuellement. Ils ne doivent présenter aucun dommage visible.

5.11.3 Vibration

Les condensateurs doivent être soumis à l'essai Fc de la CEI 60068-2-6, en utilisant un système de montage semblable à celui que l'on prévoit d'utiliser dans la pratique. Le degré de sévérité de l'essai doit être comme suit:

- $f = 10 \text{ Hz}$ à 55 Hz ;
- $a = \pm 0,35 \text{ mm}$;
- durée de l'essai par axe = 10 cycles fréquentiels (3 axes à 90° les uns des autres), 1 octave par minute.

Avant et après l'essai, la capacité des condensateurs est mesurée comme indiqué en 5.9. Aucune variation perceptible de capacité n'est admise.

Après cet essai, le condensateur doit subir l'essai diélectrique entre bornes et enveloppe indiqué en 5.8. Ni contournement ni claquage du diélectrique ne doivent se produire.

Lorsque toutes les procédures de l'essai ont été effectuées, les condensateurs doivent être examinés visuellement. Ils ne doivent présenter aucun dommage visible.

5.11.4 Tige ou goujon de fixation (le cas échéant)

Les tiges filetées et les accessoires du corps du condensateur doivent avoir la résistance appropriée à la détérioration par vieillissement en service.

La durée de vie des goujons ou tiges de fixation doit être contrôlée sur quatre des échantillons essayés en 5.13 (essai d'endurance) par la méthode donnée ci-dessous.

Quatre des condensateurs doivent être montés sur une plaque de fixation dans la chambre d'essai d'endurance. L'épaisseur de la plaque de fixation doit être de $1,5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ et le diamètre du trou doit être celui du diamètre du goujon plus $0,5 \text{ mm}$ à $1,0 \text{ mm}$.

Avant de commencer l'essai d'endurance, les couples de valeurs mentionnées au Tableau 3 sont appliqués. En plus de l'essai d'endurance, un couple de la moitié de la valeur adéquate stipulée au Tableau 3 doit être appliqué.

Aucune défaillance n'est tolérée.

5.12 Essai d'étanchéité

Cet essai n'est pas exigé si le fabricant certifie que les condensateurs ne contiennent pas de substances liquides à $t_c + 10 \text{ °C}$.

Le condensateur doit être placé dans une position telle que les fuites éventuelles puissent être mises en évidence, à une température de $10 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$ supérieure à la température maximale admissible de fonctionnement du condensateur, pendant une durée suffisante pour que la température de chaque partie du condensateur atteigne cette valeur.

Le condensateur doit être maintenu à cette température pendant 1 h de plus avant d'être refroidi.

Aucune fuite ne doit se produire.

Si le condensateur est destiné à être livré avec un couvre-bornes, il convient que l'essai d'étanchéité soit effectué de préférence avant de mettre en place ce couvre-bornes. La fixation du couvre-bornes doit pouvoir être faite de façon à ne pas donner lieu à des fuites.

Après l'essai d'étanchéité, les condensateurs doivent être examinés afin de détecter les fuites de liquide et la déformation de l'enveloppe.

La surface peut être humide à cause du liquide, s'il n'y a pas formation de gouttelettes.

5.13 Essai d'endurance

Cet essai est destiné à montrer que la conception des condensateurs est appropriée à la classe de service spécifiée par le fabricant.

Pour les condensateurs équipés d'embases à tige filetée, voir aussi 5.11.

La méthode indiquée ci-après est prévue pour assurer que la température d'enveloppe du condensateur est aussi proche que possible de la température maximale de service permise pour le condensateur.

5.13.1 Essai dans l'air à circulation forcée

Les condensateurs doivent être montés dans une chambre d'essai où la température de l'air est constante avec une tolérance de $\pm 2 \text{ °C}$.

L'air dans la chambre d'essai doit être agité continuellement mais pas trop vigoureusement pour ne pas causer un refroidissement des condensateurs. Les condensateurs en essai ne doivent pas être soumis au rayonnement direct d'un élément quelconque de chauffage de la chambre.

L'élément sensible du thermostat régulant la température de l'air de la chambre doit être bien placé dans le courant d'air chauffé circulant dans l'enceinte.

NOTE Le chauffage de l'air peut être effectué dans une enceinte séparée, d'où l'air peut être admis dans la chambre d'essai des condensateurs par une vanne permettant une bonne répartition de l'air chauffé sur les condensateurs.

Les condensateurs sont montés dans la position la plus favorable pour les fuites de matière d'imprégnation ou de remplissage.

La séparation entre les condensateurs cylindriques ne doit pas être inférieure à leur diamètre et la séparation entre condensateurs parallélépipédiques ne doit pas être inférieure à deux fois le plus petit côté de la base.

L'élément sensible d'un enregistreur de température doit être fixé au milieu du côté vertical de l'enveloppe d'un condensateur ayant la plus faible valeur de tangente d'angle de perte.

Le thermostat doit être réglé à $(t_c - 15\text{ °C})$, puis les condensateurs sont mis sous tension, selon la tension et le cycle d'essai appropriés (voir aussi l'Annexe A). Pendant les premières 24 h, la différence entre t_c et l'indication de l'enregistreur de température doit être notée, et des réglages effectués pour que la température de l'enveloppe de chaque condensateur soit de $t_c \pm 2\text{ °C}$. L'essai est ensuite poursuivi jusqu'à la fin de la période concernée sans autre ajustement du thermostat, la période commençant à la première mise sous tension des condensateurs.

NOTE Il est recommandé de protéger individuellement chaque condensateur en essai par un disjoncteur ou un fusible.

5.13.2 Procédure de l'essai d'endurance

Les condensateurs doivent être essayés selon la classe mentionnée dans le Tableau 4.

Tableau 4 – Conditions de l'essai d'endurance

Durée de vie prévue	30 000 h (classe A)	10 000 h (classe B)	3 000 h (classe C)	1 000 h (classe D)
Conditions d'essai	6 000 h à 1,25 U_N continu ou 3 000 h à 1,35 U_N continu	2 000 h à 1,25 U_N continu ou 1 000 h à 1,35 U_N continu	600 h à 1,25 U_N continu	200 h à 1,25 U_N continu
Variations de capacité tolérées	3 %	3 %	3 %	3 %

Les classes de durées de vie supérieures à 30 000 h peuvent être déterminées par le calcul suivant:

durée d'essai = 10 % de la durée de vie à 1,35 U_N et 20 % de la durée de vie à 1,25 U_N .

La durée d'essai donnée au Tableau 4 se réfère aux périodes de mise sous tension réelles.

NOTE La relation entre la durée de vie prévue et la durée de l'essai d'endurance est basée sur l'expérience et des statistiques. Ce n'est pas une valeur absolue.

5.13.3 Conditions d'acceptation

Pendant l'essai, ni claquage permanent ni interruption ni contournement ne doivent se produire.

Le condensateur étant gardé 10 min à la limite supérieure de température, dans la plus défavorable des positions, il convient qu'aucune fuite donnant naissance à des gouttelettes ne se produise.

A la fin de l'essai, les condensateurs doivent refroidir librement à la température ambiante et la capacité doit alors être mesurée (voir 5.9).

Des mesures intermédiaires pendant l'essai sont autorisées.

5.14 Essai à la chaleur humide

Avant l'essai, la capacité doit être mesurée (voir 5.9).

Cet essai doit être effectué conformément à la CEI 60068-2-78.

On doit utiliser la sévérité précisée par le marquage. Aucune tension ne doit être appliquée aux condensateurs et aucune mesure ne doit être effectuée au cours de l'essai.

Après exposition à la chaleur humide, les condensateurs doivent être emmagasinés et laissés au repos dans les conditions atmosphériques normales pendant 1 h au moins et 2 h au plus. Immédiatement après ce temps de repos, la capacité doit être mesurée conformément à 5.9.

La variation de la valeur de la capacité doit être inférieure à 0,5 % après l'essai.

5.15 Essai d'autorégénération

Les condensateurs autorégénérateurs doivent avoir des propriétés d'autorégénération adéquates. Leur aptitude est vérifiée par l'essai suivant.

Cet essai doit seulement s'appliquer aux condensateurs ayant le marquage  ou SH.

Le condensateur doit être soumis à l'essai décrit en 5.7, pendant une durée d'essai indiquée dans le tableau approprié.

S'il se produit moins de cinq claquages autorégénérants (perforations) pendant cette période, la tension doit être augmentée à une vitesse ne dépassant pas 200 V/min jusqu'à ce que cinq claquages autorégénérants se soient produits depuis le début de l'essai ou que la tension ait atteint $3,5 U_N$ au maximum.

La tension doit ensuite être abaissée à 0,8 fois la tension à laquelle le cinquième claquage s'est produit ou 0,8 fois la tension maximale et cette tension doit être maintenue pendant 10 s. Un claquage supplémentaire peut être toléré pour chacun des condensateurs pendant ce temps.

On doit juger que les condensateurs ont réussi l'essai s'ils ont satisfait simultanément aux deux exigences suivantes:

- a) variation de capacité est $< 0,5 \%$;
- b) valeur de RC est ≥ 100 s.

Pendant l'essai, les claquages autorégénérants peuvent être décelés par un oscilloscope ou par des méthodes d'essai acoustiques ou à haute fréquence.

5.16 Essai de destruction

5.16.1 Généralités

Cet essai est facultatif.

~~Un type de condensateur qui est en circuit ouvert après cet essai doit être marqué (P2). Un type de condensateur qui peut être soit en court-circuit soit en circuit ouvert après l'essai doit être marqué (P1).~~

~~NOTE 1 La défaillance par court-circuit n'est autorisée que pour les condensateurs marqués (P1). Les condensateurs qui n'ont pas subi cet essai sont marqués (P0).~~

~~NOTE 2 Un essai de destruction pour les condensateurs à film segmenté est à l'étude.~~

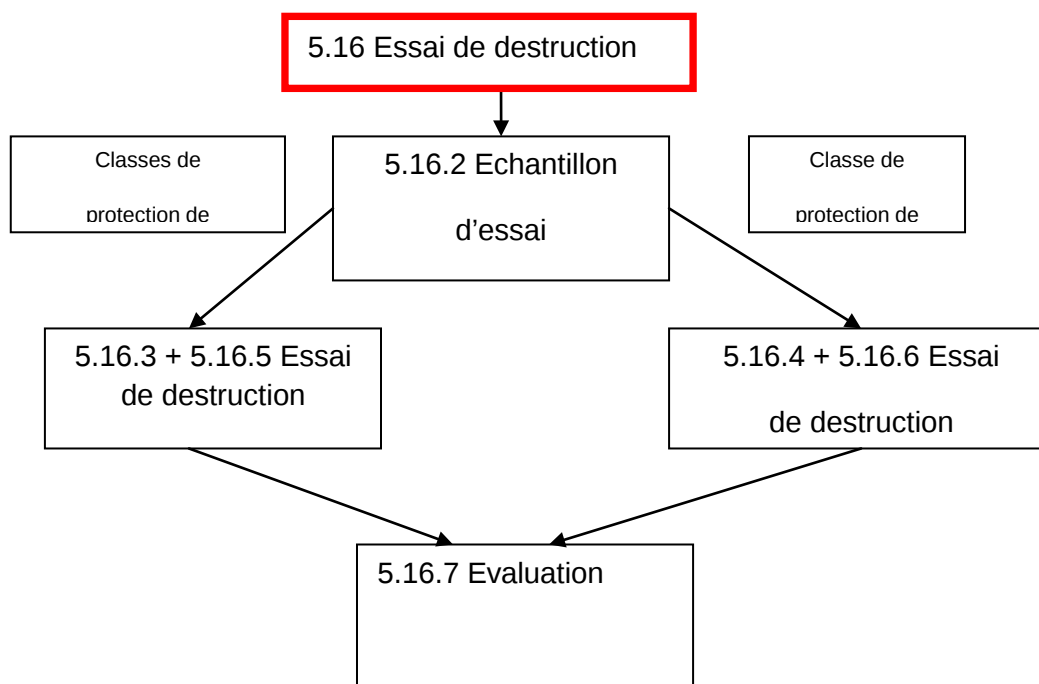
Se reporter à la définition révisée 3.22 pour l'essai approprié pour chaque classe relative à la protection de sécurité.

Il n'est pas nécessaire que les condensateurs marqués S0 soient soumis aux essais conformément à cet article.

Les condensateurs équipés d'un dispositif de déconnexion à surpression, désignés par S1 et S2, doivent être soumis à l'essai séquentiel en courant continu et en courant alternatif décrit en 5.16.3 et 5.16.5.

Les condensateurs à film segmenté tels que définis en 3.6 et désignés par la classe de protection de sécurité S3 doivent être soumis à l'essai simultané en courant continu et en courant alternatif décrit en 5.16.4 et 5.16.6.

Pour les condensateurs désignés par S1, S2 et S3, se reporter à la Figure 1.



IEC 2199/13

Figure 1 – Essai de destruction

5.16.15.16.2 Echantillons d'essai

Cet essai doit être effectué sur 10 échantillons, un ensemble semblable de 10 échantillons étant tenu en réserve pour un contre-essai éventuel. La moitié des échantillons d'essai (5) doit avoir réussi l'essai conformément à 5.4.1. Les cinq condensateurs restant doivent avoir réussi l'essai d'endurance décrit en 5.13 (groupe 2).

Pour les condensateurs à enveloppe métallique, ~~celle-ci~~ l'enveloppe métallique doit être reliée à ~~un pôle~~ l'une des bornes de la source de tension.

Si une différence peut être faite entre les bornes du condensateur, le groupe doit être subdivisé en deux sous-groupes. Le premier sous-groupe doit avoir la borne A reliée à l'enveloppe, le second sous-groupe doit avoir la borne B reliée à l'enveloppe.

5.16.25.16.3 Dispositif d'essai pour essai séquentiel en courant continu et en courant alternatif (condensateurs de types S1 et S2)

5.16.2.15.16.3.1 Dispositif d'essai pour conditionnement en courant continu

Le dispositif pour ~~effectuer~~ réaliser le conditionnement en courant continu est ~~montré~~ représenté à la Figure 12. La source d'alimentation continue doit être capable de fournir une tension en circuit ouvert équivalente à $10 U_N$ et avoir un courant de court-circuit maintenu supérieur à 50 mA.

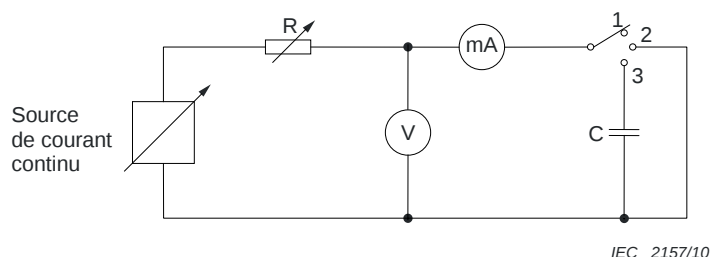


Figure 12 – Dispositif d'essai pour conditionnement en courant continu

La source d'alimentation continue est réglée pour fournir une tension en circuit ouvert équivalente à $10 U_N$, le commutateur étant en position 1.

Une résistance variable R est réglée pour fournir un courant de 50 mA, le commutateur étant en position 2.

La tension continue est appliquée ~~pour essayer le~~ au condensateur en essai, le commutateur étant en position 3.

5.16.2.25.16.3.2 Dispositif d'essai pour l'essai de destruction en courant alternatif

- Le courant instantané de court-circuit de la source d'alimentation alternative doit être au moins de 300 A.
- Un fusible à fusion lente de 25 A et une bobine d'inductance variable (L) doivent être insérés entre la source d'alimentation alternative et le condensateur (voir Figure 23).

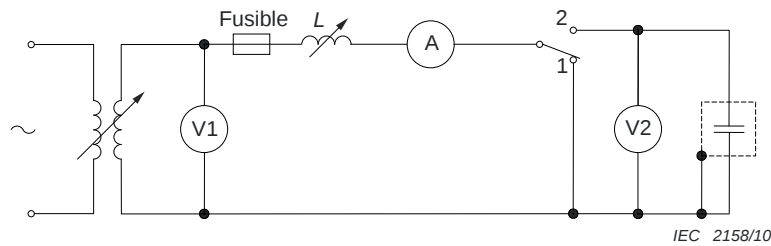


Figure 23 – Dispositif d'essai pour l'essai de destruction en courant alternatif

Le commutateur étant en position 1 et une tension de $1,3 U_N$ étant appliquée au voltmètre V1, la bobine d'inductance doit être réglée pour que circule un courant de 1,3 fois le courant assigné du condensateur (I_N).

Le commutateur étant en position 2, le condensateur est chargé.

NOTE La bobine d'inductance variable L de la Figure 23 peut être remplacée par le montage de la Figure 34 où T2 est un transformateur fixe et L_f une bobine d'inductance fixe. Un transformateur variable T1 est utilisé pour ajuster le courant inductif.

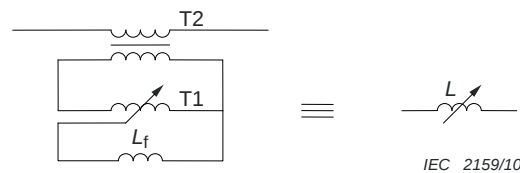
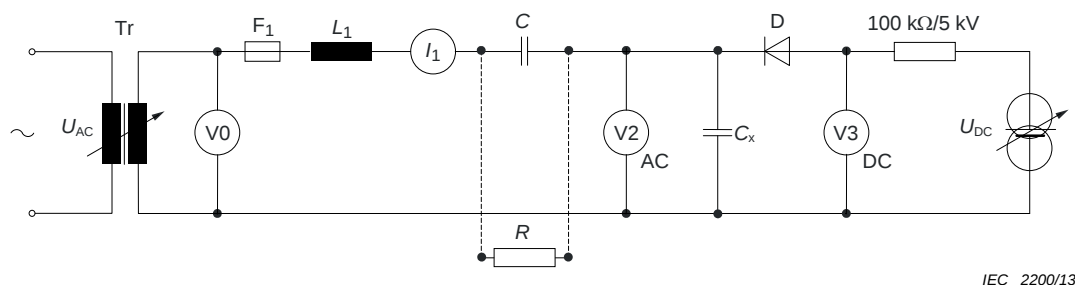


Figure 34 – Montage pour réaliser la bobine d'inductance variable L de la Figure 23

5.16.4 Dispositif d'essai pour essai simultané en courant continu et en courant alternatif (condensateur de type S3)

Le dispositif pour réaliser l'essai simultané en courant continu et en courant alternatif est représenté à la Figure 5. La source d'alimentation continue (U_{cc}) doit être capable de fournir une tension en circuit ouvert équivalente à $10 U_N$ et avoir un courant de court-circuit maintenu supérieur à 50 mA, mais limité à 50 mA au cours de l'essai.



- Tr Transformateur (source d'alimentation alternative) avec une capacité suffisante pour fournir un courant instantané de court-circuit d'au moins 300 A
- F₁ Fusible à fusion lente, dont le courant assigné est de 25 A
- L₁ Bobine d'inductance d'environ 10 mH pour le découplage du réseau (exempt de résonance dans tous les modes de commutation)
- C Condensateur pour découplage en courant continu: $C \geq 10 \times C_x$ (e.g. $C = 330 \mu\text{F} \rightarrow C_{x\text{max}} = 33 \mu\text{F}$)/ $U_{r\text{max}} = 5 \text{ kV}$
- C_x Condensateur en essai
- D Diode à haute tension pour découplage en courant alternatif
- I₁ Courant alternatif: $1,3 \times I_R$ au début de l'essai, lorsque le condensateur est complètement opérationnel (I_R = Courant assigné du condensateur en essai)
- V2 Tension d'essai alternative: $1,3 \times U_R$ (U_R = Tension assignée du condensateur en essai)
- V3 Tension d'essai continue: Augmentation de la tension de 0 V à $10 \times U_R$ max. à une vitesse de 200 V/min (U_R = Tension assignée du condensateur en essai)
- R Résistance pour la décharge du condensateur à la fin de l'essai

Figure 5 – Dispositif d'essai pour essai simultané en courant continu et en courant alternatif

5.16.3-15.16.5 Procédure d'essai pour essai séquentiel en courant continu et en courant alternatif (condensateurs de types S1 et S2)

5.16.5.1 Généralités

L'essai doit être mené en quatre phases:

- 5.16.5.2 Préparation et préconditionnement,
- 5.16.5.3 Conditionnement en courant continu,
- 5.16.5.4 Essai de destruction en courant alternatif,
- 5.16.7 Evaluation des défaillances.

NOTE L'objectif du conditionnement en courant continu est de produire des conditions de claquage du diélectrique. Le but n'est pas d'utiliser le conditionnement en courant continu pour créer un condensateur en circuit ouvert.

5.16.3-15.16.5.2 Préparation et préconditionnement

Tous les échantillons d'essai doivent être préparés et préconditionnés comme suit:

Les condensateurs doivent être étroitement enveloppés de ~~gaze~~ **papier mousseline conforme à 6.86 de l'ISO 4046:2002** et montés dans une chambre d'essai à circulation d'air à $t_c + 10^\circ\text{C}$. Les variations de températures ne doivent pas dépasser $\pm 2^\circ\text{C}$. Pour préparer l'essai de destruction, les échantillons doivent subir la tension assignée (U_N) pendant 2 h à $t_c + 10^\circ\text{C}$.

Il n'est pas toléré de condensateur en circuit ouvert ou en court-circuit. **Si ceci se produit, ce type de condensateur doit être déclaré comme défaillant.**

5.16.3.25.16.5.3 Conditionnement en courant continu

On doit préchauffer à $t_c + 10\text{ °C}$ cinq condensateurs ayant réussi l'essai d'endurance (groupe 2) avant le conditionnement en courant continu. Les cinq condensateurs restants, qui ont réussi l'essai de 5.4.1, doivent être essayés à température ambiante.

La tension de la source continue (voir Figure 12) doit varier de 0 à $10 U_N$ maximum à une vitesse d'environ 200 V/min jusqu'à ce qu'un court-circuit se produise ou que la tension $10 U_N$ ait été atteinte.

Les condensateurs doivent être retirés du conditionnement en courant continu quand la tension indiquée par le voltmètre est nulle ou a atteint $10 U_N$ et a été maintenue pendant 5 min ou pendant toute autre période définie par le fabricant.

Un condensateur qui se retrouve en circuit ouvert après le conditionnement en courant continu doit être remplacé par un autre échantillon et ne doit pas être compté. L'essai de conditionnement en courant continu peut être répété sur de nouveaux échantillons, jusqu'à ce que l'ensemble des 10 échantillons tenus en réserve mentionnés en 5.16.1 aient été utilisés. Si le nombre exigé de condensateurs avec claquage de diélectrique ne peut pas être atteint, l'essai doit alors être considéré comme ayant échoué.

5.16.3.35.16.5.4 Essai de destruction en courant alternatif

Les condensateurs étant maintenus à la température du conditionnement en courant continu, on doit alors leur appliquer une tension alternative de $1,3 U_N$ (voir Figure 3). Si le condensateur devient actif ou se met en circuit ouvert, la tension doit être maintenue pendant 5 min. Si le condensateur reste toujours actif après 5 min, alors le conditionnement en courant continu doit être répété.

Si le condensateur se met en court-circuit, l'essai doit alors être poursuivi pendant 8 h. ~~Si le condensateur reste toujours actif après 5 min, alors le conditionnement en courant continu doit être répété.~~

5.16.6 Procédure d'essai pour essai simultané en courant continu et en courant alternatif (condensateur de type S3)

5.16.6.1 Préparation et préconditionnement

Comme en 5.16.5.2.

5.16.6.2 Essai simultané en courant continu et en courant alternatif

On doit préchauffer à $t_c + 10\text{ °C}$ cinq condensateurs ayant réussi l'essai d'endurance (groupe 2) avant les essais. Les cinq condensateurs restants, qui ont réussi l'essai de 5.4.1, doivent être soumis aux essais à température ambiante.

Appliquer une tension alternative constante de $1,3 U_N$ à U_{ac1} (V_2) et mesurer le courant initial (I_1).

La tension de la source continue U_{dc1} (V_3) doit varier de 0 à $10 U_N$ maximum à une vitesse d'environ 200 V/min jusqu'à ce que le condensateur devienne hors service ou que la tension $10 U_N$ ait été atteinte.

Le condensateur doit être considéré comme défaillant s'il ne devient pas hors service (capacité $< 1\% C_N$) en l'espace de 5 minutes à $10 U_N$.

Le courant continu doit être limité à 50 mA.

NOTE "Hors service" signifie que le courant est inférieur à 1% du courant initial mesuré aux mêmes tension et fréquence en courant alternatif que pour la mesure initiale.

5.16.45.16.7 Evaluation des défaillances

~~Après achèvement~~ l'issue de l'essai, ~~la gazele papier mousseline~~ ne doit avoir brûlé sur aucun des échantillons; cependant l'échantillon peut être décoloré par ~~des produits de une~~ fuite ~~de liquide~~.

Chaque condensateur doit remplir les conditions suivantes:

- ~~des produits liquides de une~~ fuite ~~de liquide~~ peuvent humidifier la surface extérieure du condensateur mais ne doivent pas ~~s'échapper sous forme de tomber en~~ gouttes;
- les parties actives internes ne doivent pas être accessibles au doigt d'épreuve ~~standard normalisé~~ (voir Figure 1 de la CEI 60529:2001);
- la combustion ou le roussissement ~~de la gaze du papier mousseline~~ ne doivent pas se manifester car cela indiquerait que des flammes ou des particules brûlantes ont été émises par les ouvertures;
- le condensateur doit supporter l'essai de 5.8, la tension ayant été réduite à 0,8 fois la valeur indiquée.

L'essai est achevé quand 10 condensateurs ~~sont devenus hors service~~ se retrouvent en court-circuit ou en circuit ouvert (pour les condensateurs de type S1), en circuit ouvert (pour les condensateurs de type S2) ou hors service avec une mesure de capacité $< 1 \% C_N$ (pour les condensateurs de type S3).

Si l'un des échantillons d'essai ne satisfait pas aux critères selon les points a) ou d) ci-dessus, l'essai peut être répété une fois sur 10 autres exemplaires. Cependant, tous les condensateurs doivent réussir le contre-essai.

Si plus d'un condensateur ne satisfait pas aux critères selon les points a) ou d), l'essai doit alors être considéré comme ayant échoué. Tous les condensateurs doivent satisfaire aux exigences des points b) et c).

5.17 Résistance à la chaleur, au feu et aux courants de cheminement

Ces essais ne s'appliquent pas aux condensateurs raccordés par des liaisons isolées.

5.17.1 Essai à la bille

Les parties extérieures du matériau isolant maintenant les bornes en position doivent être suffisamment résistantes à la chaleur.

Pour les matériaux autres que la céramique, la vérification est faite en soumettant les parties à l'essai à la bille selon 27.3 de la CEI 60309-1, à 125 °C ou à $t_c + 40$ °C en prenant la plus élevée des deux valeurs.

5.17.2 Essai au fil incandescent

Pour les matériaux autres que la céramique, la vérification est également faite au moyen de l'essai ci-dessous.

Les parties extérieures du matériau isolant maintenant les bornes en position doivent être soumises à l'essai au fil incandescent selon la CEI 60695-2-10 et la CEI 60695-2-11, en tenant compte des points suivants:

- l'échantillon à l'essai comprend un jeu des constituants individuels formant l'ensemble des bornes;

- la température à l'extrémité du fil incandescent est de 550 °C pour $I_N \leq 0,5$ A et 850 °C pour $I_N > 0,5$ A;
- toute flamme ou incandescence de l'échantillon doit s'éteindre en moins de 30 s après le retrait du fil incandescent, et les éventuelles gouttes enflammées ne doivent pas enflammer un tissu de papier mousseline à cinq couches, défini dans l'ISO 4046, étendu horizontalement à une distance de 200 mm $\pm$ 5 mm sous l'endroit où le fil incandescent est appliqué contre l'échantillon.

5.17.3 Essai de cheminement

Les parties isolantes extérieures des condensateurs, qui maintiennent les parties actives en position ou qui sont en contact avec les bornes, doivent être constituées d'un matériau résistant au cheminement.

La vérification est faite en exécutant l'essai de cheminement spécifié dans la CEI 60112 à 250 V sur les parties appropriées, en utilisant la solution A.

6 Surcharges admissibles

6.1 Tension maximale admissible

Quel que soit leur genre de service, les condensateurs à armatures métalliques et les condensateurs métallisés doivent pouvoir fonctionner de façon prolongée dans des conditions anormales à une tension efficace entre bornes ne dépassant pas 1,10 fois la tension assignée, à l'exclusion des surtensions transitoires provoquées par la mise en circuit ou hors circuit des condensateurs (voir 9.2, 9.3 et 9.5) mais y compris l'effet des harmoniques et l'effet des variations de la tension d'alimentation.

Un fonctionnement au-dessus de la tension assignée réduira la durée de vie du condensateur.

6.2 Courant maximal admissible

Les condensateurs doivent pouvoir fonctionner à un courant dont la valeur efficace ne dépasse pas 1,30 fois le courant obtenu à la tension assignée sinusoïdale, et à la fréquence assignée, à l'exclusion des courants transitoires.

En tenant compte de la tolérance sur la capacité, le courant maximal admissible peut atteindre 1,30 fois la valeur du courant assigné, l'augmentation étant proportionnelle au rapport entre la capacité réelle et la capacité assignée.

6.3 Puissance réactive maximale admissible

La surcharge due au fonctionnement sous une tension et un courant dépassant les valeurs assignées (mais compris entre les limites spécifiées en 6.1 et 6.2) ne doit pas dépasser 1,35 fois la puissance assignée.

En tenant compte de la tolérance sur la capacité, la puissance maximale admissible peut atteindre 1,35 fois la valeur de la puissance assignée, l'augmentation étant proportionnelle au rapport entre la capacité réelle et la capacité assignée.

NOTE Il convient de remarquer que le fonctionnement des condensateurs avec surcharge, même inférieure à la limite indiquée ci-dessus, peut affecter défavorablement la durée de vie de ces condensateurs.

7 Règles de sécurité

7.1 Lignes de fuite et distances dans l'air

Les lignes de fuite sur les surfaces extérieures d'isolement des bornes et les distances dans l'air entre les parties externes des connexions aux bornes, ou entre certaines parties sous tension et l'enveloppe métallique du condensateur, s'il y a lieu, ne doivent pas être inférieures aux valeurs minimales indiquées dans le Tableau 5.

Ces distances minimales doivent être appliquées aux bornes, qu'elles soient avec ou sans connexions externes. Ces valeurs ne s'appliquent pas aux distances des lignes de fuite internes, ni aux distances dans l'air internes.

Les exigences concernant des applications spécifiques doivent être respectées.

La contribution aux lignes de fuite de tout sillon de largeur inférieure à 1 mm doit être limitée à sa largeur.

Les trous d'air inférieurs à 1 mm ne doivent pas être pris en compte dans le parcours total dans l'air.

Les lignes de fuite sont des distances dans l'air, mesurées à la surface du matériau isolant.

7.2 Bornes et conducteurs de raccordement

Les bornes et les conducteurs de raccordement non débranchables doivent avoir une section conductrice leur permettant de laisser passer avec sécurité le courant du condensateur et doivent posséder une robustesse mécanique suffisante. La section minimale des conducteurs doit être de 0,5 mm². Les câbles isolés doivent être adaptés aux caractéristiques assignées de tension et température du condensateur.

Le fabricant doit fournir la preuve que le conducteur fourni avec le condensateur supporte de manière adéquate le courant de surcharge, la température et la plage de tension assignés.

7.3 Mise à la terre

Si l'enveloppe métallique du condensateur est destinée à être reliée à la terre ou à un conducteur neutre, elle doit être munie de dispositifs qui permettent de réaliser une connexion sûre. Cela peut être obtenu si on fournit le condensateur dans une enveloppe métallique non peinte ou si on le munit d'une borne de terre, d'un conducteur de terre ou d'une patte métallique assurant une liaison électrique saine avec l'enveloppe.

Tous ces dispositifs de raccordement doivent être clairement repérés par le symbole  comme étant destinés à la mise à la terre.

Lorsque l'enveloppe métallique est munie d'un goujon fileté par lequel le condensateur est solidement fixé sans aucune interposition de matériau isolant à un bâti métallique sûrement relié à la terre, le goujon doit être considéré comme une connexion sûre à la terre.

Tableau 5 – Lignes de fuite et distances dans l'air minimales

Tension assignée	Jusqu'à 24 V inclus mm	Au-dessus de 24 V et jusqu'à 250 V inclus mm	Au-dessus de 250 V et jusqu'à 500 V inclus mm	Au-dessus de 500 V et jusqu'à 1 000 V inclus mm
Ligne de fuite				
1 Entre des parties sous tension de polarités différentes	2	3 (2)	5	6
2 Entre les parties sous tension et des parties métalliques accessibles fixées en permanence au condensateur, vis ou dispositifs servant à la fixation du condensateur à son support inclus	2	4 (2) 3 ^a	6 3 ^a	7
Distances dans l'air				
3 Entre des parties sous tension de polarités différentes	2	3 (2)	5	6
4 Entre les parties sous tension et des parties métalliques accessibles fixées en permanence au condensateur, vis ou dispositifs servant à la fixation du condensateur à son support inclus	2	4 (2) 3 ^a	6 3 ^a	7
5 Entre les parties sous tension et la surface plate d'un support, ou d'un couvercle métallique desserré, s'il y a lieu, si la construction n'assure pas que les valeurs du point 4 ci-dessus sont tenues dans les conditions les plus défavorables (seulement pour information)	2	6	10	12
NOTE Les valeurs entre parenthèses concernent les lignes de fuite et les distances protégées de la poussière. Pour les enveloppes remplies de compound ou non scellées en permanence, les lignes de fuite et les distances ne sont pas vérifiées. Le point 5 a été inclus à titre informatif seulement, pour indiquer les exigences relatives au condensateur pour l'application.				
^a Pour le verre ou autre isolant ayant une tenue au cheminement équivalente.				

7.4 Dispositifs de décharge

Dans bien des cas, des dispositifs de décharge ne sont pas demandés notamment lorsque le condensateur est relié en permanence à l'enroulement du moteur ou lorsqu'il est placé dans une position inaccessible.

Lorsque le dispositif de décharge est spécifié, il faut qu'il assure la réduction de la tension aux bornes du condensateur de la valeur de crête de la tension assignée à 50 V ou moins en 1 min à partir du moment où le condensateur est déconnecté.

NOTE Quelquefois un dispositif de décharge peut être spécifié, non pour des raisons de sécurité, mais pour éviter des contraintes électriques au condensateur. Celles-ci peuvent se produire lorsqu'un condensateur déconnecté et encore chargé est connecté de nouveau à un autre condensateur de polarité différente.

8 Marquage

Les renseignements suivants doivent être marqués sur le condensateur:

- nom du fabricant, abréviation ou marque de fabrique;
- désignation de type du fabricant;
- capacité assignée (C_N) en microfarads, et tolérance en pourcentage;
- tension assignée (U_N) en volts;

- e) disponible;
- f) fréquence assignée f_N , en hertz, si différente de 50 Hz;
- g) catégorie climatique, par exemple 25/85/21 (voir 4.1);
- h) date de fabrication (un code peut être utilisé);
- i)  ou SH pour les condensateurs autorégénérateurs;
- j) dispositif de décharge, s'il y a lieu, indiqué en toutes lettres ou par le symbole ;
- k) classe de sécurité, par exemple **PS0**, **PS1**, **PS2**, **S3**;
- l) marquage d'acceptation;
- m) matériau de remplissage. Référence du liquide utilisé (pas nécessaire pour les condensateurs secs);
- n) classe d'utilisation ou durée de vie. A noter près de la tension;
- o) numéro de la norme.

Si le condensateur est petit et ne comporte pas assez de place pour le marquage, les points a), b), c), d), g), h), i), k), l), n) doivent être marqués et les autres peuvent être omis. De plus, le point c) peut être marqué par le code normalisé d'après la CEI 60062 mais, s'il y a suffisamment de place, la capacité assignée et la tolérance sur la capacité doivent être indiquées en clair.

Les informations qui ne sont pas marquées sur le condensateur doivent l'être sur l'emballage ou sur la notice d'accompagnement.

9 Lignes directrices pour l'installation et l'utilisation

9.1 Généralités

Contrairement à la plupart des appareils électriques, les condensateurs de moteurs ne sont pas reliés aux réseaux en tant qu'appareils indépendants. Dans chaque cas, le condensateur est relié en série à un enroulement inductif du moteur et peut être aussi en contact physique avec le moteur ou avec d'autres appareils. Les caractéristiques du moteur et des autres appareils influent au plus haut point sur les conditions de fonctionnement des condensateurs.

Les facteurs les plus importants agissant sur les condensateurs de moteurs sont les suivants:

- si un condensateur de moteur est monté en série avec l'enroulement d'un moteur monophasé à induction, la tension aux bornes du condensateur à la vitesse de fonctionnement est généralement de beaucoup supérieure à la tension du réseau;
- lorsqu'il est en contact physique avec le moteur, le condensateur est soumis non seulement aux vibrations du moteur, mais aussi aux effets de la chaleur provenant des enroulements sous tension et des pertes dans le fer. D'autres sources de chaleur, telles que le chauffage d'une machine à laver électrique, peuvent également augmenter la température du condensateur.

La plupart des moteurs munis de condensateurs, et par conséquent les condensateurs eux-mêmes, sont mis en et hors circuit très fréquemment. Des essais de mise sous tension ont montré que des régimes transitoires élevés se produisent souvent aux bornes des condensateurs, qu'ils soient permanents ou de démarrage. Pour supporter ces transitoires, il convient de vérifier avec soin que les caractéristiques assignées déclarées par le fabricant ne sont pas dépassées.

9.2 Choix de la tension assignée

9.2.1 Mesures de la tension de fonctionnement

Pour la tension maximale du réseau, l'inductance du moteur et la capacité (en prenant en compte les tolérances et les charges du moteur dans les conditions les plus défavorables), la tension traversant le condensateur ne doit pas dépasser de 10 % la tension assignée du condensateur.

9.2.2 Influence de la capacité

En plus de la tension du réseau et du couplage inductif entre l'enroulement principal et l'enroulement auxiliaire du moteur avec le condensateur, la tension aux bornes du condensateur dépend de la capacité elle-même, notamment lorsque le condensateur et l'enroulement auxiliaire fonctionnent au voisinage du point de résonance. Il convient que ce fait soit pris en considération au moment du choix de la tension assignée du condensateur, et il convient également d'en tenir compte en ce qui concerne le courant maximal admissible pour le moteur.

En choisissant la tension assignée du condensateur, il convient de prendre en considération les mesures de tension indiquées en 9.2.1, l'éventuelle variation de la tension du réseau et l'effet de la tolérance sur la capacité.

9.3 Vérification de la température du condensateur

9.3.1 Choix de la température maximale admissible de fonctionnement pour le condensateur

Etant donné que de nombreuses conditions qui influent sur la température du condensateur (radiation et conduction de la chaleur du moteur, température ambiante élevée, mauvaises conditions de refroidissement, etc.) ne peuvent être facilement calculées à l'avance, il convient que l'utilisateur contrôle la température du condensateur avec l'appareil auquel le condensateur est incorporé. Pendant cet essai, il convient que les conditions de fonctionnement les plus défavorables admissibles pour cet appareil soient réalisées.

Il est recommandé que la température du condensateur soit mesurée dans ces conditions. Il convient que la valeur assignée de la température maximale admissible de fonctionnement pour le condensateur ne soit pas inférieure à la température ainsi mesurée.

Cet essai doit être renouvelé avant de changer de type de condensateur.

9.3.2 Choix de la température minimale admissible de fonctionnement pour le condensateur

La valeur assignée de la température minimale admissible de fonctionnement pour le condensateur ne doit pas être supérieure à la plus faible température ambiante à laquelle le condensateur peut avoir à fonctionner.

9.4 Vérification des transitoires

Dans certaines conditions de mise en ou hors circuit des moteurs, ou de couplage des condensateurs de démarrage avec les condensateurs permanents, de forts courants de choc ou des surtensions transitoires peuvent se produire. Pour éviter des défaillances prématurées des condensateurs, l'utilisateur doit établir par des essais appropriés que les valeurs maximales des tensions transitoires et de dv/dt déclarées par le fabricant ne sont pas dépassées. Dans certaines circonstances, on peut envisager des résistances de décharge ou des résistances série dans le circuit du moteur afin de limiter les surtensions et les surintensités.

Dans certaines circonstances, il peut être nécessaire d'ajouter des résistances pour ramener le courant de crête dans les caractéristiques assignées prévues pour le condensateur.

9.5 Courant de fuite

Le courant de fuite capacitif n'est pas normalement significatif dans les applications aux moteurs. Cependant, quand la réalisation nécessite un faible courant de fuite à la terre, il convient que l'utilisateur le demande spécialement.

Annexe A (normative)

Tension d'essai

Les essais de tension sont effectués avec une source de courant alternatif comme cela est spécifié dans l'article concerné. La source doit être telle qu'elle maintienne, pendant n'importe quelle durée d'essai préconisée, la tension d'essai exigée avec une tolérance de $\pm 2,5$ % ramenée à ± 2 % pour l'essai d'endurance.

Les essais en tension alternative sont effectués en utilisant une fréquence de 50 Hz ou de 60 Hz, selon le cas, dont la forme d'onde de tension doit être suffisamment exempte d'harmoniques pour assurer que le courant qui en résulte, une fois appliqué au condensateur, ne dépasse pas de plus de 10 % la valeur correspondante à une forme d'onde de tension sinusoïdale.

Bibliographie

Des informations utiles complémentaires peuvent être trouvées dans les publications suivantes:

CEI 60110-1:1998, *Condensateurs de puissance pour les installations de génération de chaleur par induction – Partie 1: Généralités*

CEI 60143-1:2004, *Condensateurs série destinés à être installés sur des réseaux – Partie 1: Généralités*

CEI 60252-2¹, *Condensateurs des moteurs à courant alternatif – Partie 2: Condensateurs de démarrage*

CEI 60358:1990, *Condensateurs de couplage et diviseurs capacitifs*

CEI 60831-1:2002, *Condensateurs shunt de puissance autorégénérateurs pour réseaux à courant alternatif de tension assignée inférieure ou égale à 1 000 V – Partie 1: Généralités – Caractéristiques fonctionnelles, essais et valeurs assignées – Règles de sécurité – Guide d'installation et d'exploitation*

CEI 60871-1:2005, *Condensateurs shunt pour réseaux à courant alternatif de tension assignée supérieure à 1 000 V – Partie 1: Généralités*

CEI 60931-1:1996, *Condensateurs shunt de puissance non autorégénérateurs pour réseaux à courant alternatif de tension assignée inférieure ou égale à 1 000 V – Partie 1: Généralités – Caractéristiques fonctionnelles, essais et valeurs assignées – Règles de sécurité . Guided'installation et d'exploitation*

CEI 61048:2006, *Appareils auxiliaires pour lampes – Condensateurs destinés à être utilisés dans les circuits de lampes tubulaires à fluorescence et autres lampes à décharge – Prescriptions générales et de sécurité*

CEI 61071-1:2007, *Condensateurs pour électronique de puissance*

¹ A publier.

FINAL VERSION

VERSION FINALE



AC motor capacitors –

**Part 1: General – Performance, testing and rating – Safety requirements –
Guidance for installation and operation**

Condensateurs des moteurs à courant alternatif –

**Partie 1: Généralités – Caractéristiques fonctionnelles, essais et valeurs
assignées – Règles de sécurité – Lignes directrices pour l'installation et
l'utilisation**

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope and object.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	7
4 Service conditions	10
4.1 Normal service conditions	10
4.2 Preferred tolerances on capacitance	11
5 Quality requirements and tests	11
5.1 Test requirements	11
5.1.1 General	11
5.1.2 Test conditions	11
5.2 Nature of tests.....	11
5.2.1 Type tests	11
5.2.2 Routine tests	11
5.3 Type tests	11
5.3.1 Test procedure	11
5.3.2 Extent of qualification	12
5.4 Routine tests	14
5.4.1 Test procedure	14
5.5 Tangent of loss angle	14
5.6 Visual examination	14
5.7 Voltage test between terminals.....	14
5.8 Voltage test between terminals and case.....	15
5.9 Capacitance measurement	15
5.10 Check of dimensions	15
5.11 Mechanical tests	15
5.11.1 Robustness of terminations	16
5.11.2 Soldering.....	16
5.11.3 Vibration.....	17
5.11.4 Fixing bolt or stud (if fitted).....	17
5.12 Sealing test	17
5.13 Endurance test.....	18
5.13.1 Testing in air with forced circulation.....	18
5.13.2 Endurance test procedure.....	18
5.13.3 Conditions of compliance.....	19
5.14 Damp-heat test.....	19
5.15 Self-healing test	19
5.16 Destruction test	20
5.16.1 General	20
5.16.2 Test specimens	21
5.16.3 Test apparatus for sequential DC and AC test (capacitor type S1 and S2)	21
5.16.4 Test apparatus for simultaneous DC and AC test (capacitor type S3)	23
5.16.5 Test procedure for sequential DC and AC test (capacitor type S1 and S2)	23
5.16.6 Test procedure for simultaneous DC and AC test (capacitor type S3)	24

5.16.7	Evaluation of the failure	24
5.17	Resistance to heat, fire and tracking	25
5.17.1	Ball-pressure test	25
5.17.2	Glow-wire test	25
5.17.3	Tracking test.....	25
6	Permissible overloads	26
6.1	Maximum permissible voltage	26
6.2	Maximum permissible current	26
6.3	Maximum permissible reactive output	26
7	Safety requirements	26
7.1	Creepage distances and clearances	26
7.2	Terminals and connecting cables	26
7.3	Earth connections	27
7.4	Discharge devices	28
8	Marking	28
9	Guidance for installation and operation.....	28
9.1	General	28
9.2	Choice of rated voltage	29
9.2.1	Measurements of working voltage.....	29
9.2.2	Influence of capacitance	29
9.3	Checking capacitor temperature	29
9.3.1	Choice of maximum permissible capacitor operating temperature	29
9.3.2	Choice of minimum permissible capacitor operating temperature	29
9.4	Checking transients.....	29
9.5	Leakage current	30
Annex A (normative)	Test voltage	31
Bibliography.....		32
Figure 1	– Destruction test.....	21
Figure 2	– Test apparatus for d.c. conditioning	21
Figure 3	– Test apparatus for a.c. destruction test	22
Figure 4	– Arrangement to produce the variable inductor L in Figure 3.....	22
Figure 5	– Test apparatus for simultaneous DC and AC	23
Table 1	– Type test schedule	13
Table 2a	– Test voltages.....	14
Table 2b	– Test voltages.....	14
Table 3	– Torque	16
Table 4	– Endurance test conditions	19
Table 5	– Minimum creepage distances and clearances.....	27

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

AC MOTOR CAPACITORS –

Part 1: General – Performance, testing and rating – Safety requirements – Guidance for installation and operation

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.

This Consolidated version of IEC 60252-1 bears the edition number 2.1. It consists of the second edition (2010) [documents 33/470/FDIS and 33/473/RVD] and its amendment 1 (2013) [documents 33/532/FDIS and 33/538/RVD]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.

This Final version does not show where the technical content is modified by amendment 1. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.

This publication has been prepared for user convenience.

International Standard IEC 60252-1 has been prepared by IEC technical committee 33: Power capacitors and their applications.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- the definition of “segmented capacitors” has been added, in 3.6;
- the definition of “classes of operation “ has been clarified, with the addition of the concept of “probable life” with reference to statistics, in 3.9;
- the following wording “Operation above the rated voltage will reduce the life expectancy of the capacitor” has been introduced in 6.1;
- some clarifications have been added to Clause 8, Marking, mainly for small capacitors.

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

A list of all parts of IEC 60252 series, under the general title *AC motor capacitors* 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 publication using a colour printer.

AC MOTOR CAPACITORS –

Part 1: General – Performance, testing and rating – Safety requirements – Guidance for installation and operation

1 Scope and object

This part of IEC 60252 applies to motor capacitors intended for connection to windings of asynchronous motors supplied from a single-phase system having a frequency up to and including 100 Hz, and to capacitors to be connected to three-phase asynchronous motors so that these motors may be supplied from a single-phase system.

This standard covers impregnated or unimpregnated capacitors having a dielectric of paper, plastic film, or a combination of both, either metallized or with metal-foil electrodes, with rated voltages up to and including 660 V.

Motor start capacitors are covered by IEC 60252-2.

NOTE The following are excluded from this standard:

- shunt capacitors of the self-healing type for a.c. power systems of up to and including 1 000 V nominal voltage (see IEC 60831-1);
- shunt capacitors of non-self-healing type for a.c. power systems of up to and including 1 000 V nominal voltage (see IEC 60931-1);
- shunt capacitors for a.c. power systems having a nominal voltage above 1 000 V (see IEC 60871-1);
- capacitors for induction heat-generating plants, operating at frequencies between 40 Hz and 24 000 Hz (see IEC 60110-1);
- series capacitors (see IEC 60143);
- coupling capacitors and capacitor dividers (see IEC 60358);
- capacitors to be used in power electronic circuits (see IEC 61071);
- small a.c. capacitors to be used for fluorescent and discharge lamps (see IEC 61048);
- capacitors for suppression of radio interference (IEC publication under consideration);
- capacitors intended to be used in various types of electrical equipment and thus considered as components;
- capacitors intended for use with d.c. voltage superimposed on a.c. voltage.

The object of this standard is

- a) to formulate uniform rules regarding performance, testing and rating;
- b) to formulate specific safety rules;
- c) to provide a guidance for installation and operation.

2 Normative references

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

IEC 60062, *Marking codes for resistors and capacitors*

IEC 60068 (all parts), *Environmental testing*

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

IEC 60068-2-20, *Environmental testing – Part 2-20: Tests – Test T: Test methods for solderability and resistance to soldering heat of devices with leads*

IEC 60068-2-21, *Environmental testing – Part 2-21: Tests – Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices*

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

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

IEC 60309-1, *Plugs, socket-outlets and couplers for industrial purposes – Part 1: General requirements*

IEC 60529:2001, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

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

IEC 60695-2-11, *Fire hazard testing – Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods - Glow-wire flammability test method for end products*

ISO 4046:2002, *Paper, board, pulps and related terms – Vocabulary*

3 Terms and definitions

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

3.1

motor running capacitor

a power capacitor which, when used in conjunction with an auxiliary winding of a motor, assists the motor to start and improves the torque under running conditions

NOTE The running capacitor is usually connected permanently to the motor winding and remains in circuit throughout the running period of the motor. During the starting period, if it is in parallel with the starting capacitor, it helps to start the motor.

3.2

motor starting capacitor

a power capacitor which provides a leading current to an auxiliary winding of a motor and which is switched out of circuit once the motor is running

3.3

metal foil capacitor

a capacitor, the electrodes of which consist of metal foils or strips separated by a dielectric

3.4

metallized capacitor

a capacitor, in which the electrodes consist of a metallic deposit on the dielectric

3.5

self-healing capacitor

a capacitor, the electrical properties of which, after local breakdown of the dielectric, are rapidly and essentially self-restored

3.6

segmented film capacitor

a metallised capacitor with a repeating pattern on the metallic deposit on at least one layer, designed to isolate sections of the capacitor in the event of localised faults occurring in the dielectric

3.7

discharge device of a capacitor

a device which may be incorporated in a capacitor, capable of reducing the voltage between the terminals effectively to zero, within a given time, after the capacitor has been disconnected from a network

3.8

continuous operation

operation with no time limit within the normal life of the capacitor

3.9

class of operation

the minimum probable total life for which the capacitor has been designed at rated duty, voltage, temperature and frequency

NOTE 1 Four classes have been foreseen

Class A – 30 000 h

Class B – 10 000 h

Class C – 3 000 h

Class D – 1 000 h

These classes of operation are intended to represent a probable failure rate not exceeding 3 % during the life of the product.

Failures considered are: short-circuits, interruptions, leakage of liquid, capacitance drifts exceeding 10 % out of the rated tolerance limits

A capacitor may have more than one class with corresponding voltages.

NOTE 2 Classes of operation have a statistical value (the “law of big numbers”): it is not possible to transfer automatically data coming from a limited quantity to a whole population or even to a batch of capacitors. The purchaser and the manufacturer should agree upon to confront the case of a true failure rate larger than 3 %.

3.10

minimum permissible capacitor operating temperature

minimum permissible temperature on the outside of the case at the moment of switching on the capacitor

3.11

maximum permissible capacitor operating temperature

t_c

maximum permissible temperature of the hottest area of the outside of the capacitor case during operation

3.12

rated voltage of a capacitor

U_N

r.m.s. value of the alternating voltage for which the capacitor has been designed

3.13

rated frequency of a capacitor

f_N

highest frequency for which the capacitor has been designed

3.14**rated capacitance of a capacitor** C_N

capacitance value for which the capacitor has been designed

3.15**rated current of a capacitor** I_N

r.m.s. value of the alternating current at the rated voltage and frequency for which the capacitor has been designed

3.16**rated output of a capacitor** Q_N

reactive power derived from the rated values of capacitance, frequency and voltage (or current)

3.17**capacitor losses**

active power dissipated by a capacitor

NOTE Unless otherwise stated, the capacitor losses will be understood to include losses in fuses and discharge resistors forming an integral part of the capacitor.

3.18**tangent of loss angle (tan delta) of a capacitor**

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

3.19**capacitive leakage current (only for capacitors with a metal case)**

current flowing through a conductor connecting the metallic case to earth, when the capacitor is energized from an a.c. supply system with an earthed neutral

3.20**type of capacitor**

capacitors are considered to be of the same type when of similar constructional form, the same constructional technology, same rated voltage, same climatic category and same kind of operation. Capacitors of the same type can differ only in rated capacitance and size. Minor differences between terminations and mounting devices are permitted

NOTE The same construction includes, for example, the same dielectric material, dielectric thickness and type of case (metal or plastic).

3.21**model of capacitor**

capacitors are considered to be of the same model when they are of the same construction and have the same functional and dimensional characteristics within the tolerance limits and are consequently interchangeable

3.22**class of safety protection**

degree of safety protection identified by one of four codes to be marked on the capacitor

3.22.1**(SO) class of safety protection**

degree of safety protection indicating that the capacitor type has no specific failure protection

Note 1 to entry: Formerly referred to as P0.

3.22.2**(S1) class of safety protection**

degree of safety protection indicating that the capacitor type may fail in the open-circuit or short-circuit mode and is protected against fire or shock hazard

Note 1 to entry: Compliance is verified by the test described in 5.16.3 and 5.16.5.

Note 2 to entry: Formerly referred to as P1.

3.22.3**(S2) class of safety protection**

degree of safety protection indicating that the capacitor type has been designed to fail in the open-circuit mode only and is protected against fire or shock hazard

Note 1 to entry: Compliance is verified by the test described in 5.16.3 and 5.16.5.

Note 2 to entry: formerly referred to as P2.

3.22.4**(S3) class of safety protection**

degree of safety protection indicating that the capacitor is of segmented film construction as defined in 3.6

Note 1 to entry: This capacitor type is required to fail with low residual capacitance ($<1\% C_N$) and has protection against fire and shock hazard. Compliance is verified by the test described in 5.16.4 and 5.16.6.

4 Service conditions**4.1 Normal service conditions**

This standard gives requirements for capacitors intended for use under the following conditions:

- a) altitude: not exceeding 2 000 m;
- b) residual voltage at energization: shall not exceed 10 % rated voltage (see 7.4, note);
- c) pollution: capacitors included in the scope of this standard are designed for operation in lightly polluted atmospheres;

NOTE The IEC has not yet established a definition for "lightly polluted". When this definition is established by the IEC, it will be incorporated in this standard.

- d) operating temperature: between -40 °C and $+100\text{ °C}$ (see 3.10 and 3.11).

The preferred minimum and maximum permissible capacitor operating temperatures are as follows:

- minimum temperatures: -40 °C , -25 °C , -10 °C and 0 °C ;
- maximum temperatures: 55 °C , 70 °C , 85 °C and 100 °C .

Capacitors shall be suitable for transport and storage at temperatures down to -25 °C , or the minimum operating temperature, whichever is the lower, without adverse effect on their quality;

- e) damp heat severity: between 4 days and 56 days. The preferred severity is 21 days.

(The damp heat severity shall be selected from the values indicated by IEC 60068-2-78, i.e.: 4 days, 10 days, 21 days and 56 days.)

Capacitors are classified in climatic categories defined by the minimum and maximum permissible capacitor operating temperatures and damp heat severity; i.e. 10/70/21 indicates that the minimum and the maximum permissible capacitor operating temperatures are -10 °C and 70 °C and the damp heat severity is 21 days.

4.2 Preferred tolerances on capacitance

Preferred tolerances are as follows: $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ and $\pm 15\%$.

Asymmetric tolerances are permitted but no tolerance shall exceed 15 %.

5 Quality requirements and tests

5.1 Test requirements

5.1.1 General

This clause gives the test requirements for capacitors.

5.1.2 Test conditions

Unless otherwise specified for a particular test or measurement, the temperature of the capacitor dielectric shall be in the range $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ and shall be recorded.

If corrections are necessary, the reference temperature shall be $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

NOTE It may be assumed that the dielectric temperature is the same as the ambient temperature, provided that the capacitor has been left in an unenergized state at this ambient temperature for an adequate period, depending on the size of the capacitor.

5.2 Nature of tests

The tests specified are of two sorts:

- a) type tests;
- b) routine tests.

5.2.1 Type tests

Type tests are intended to prove the soundness of the design of the capacitor and its suitability for operation under the conditions detailed in this standard.

Type tests are carried out by the manufacturer and/or the test authority if there is need for an approval.

These tests may be carried out under the supervision of a proper authority which will issue a certified record and/or type approval.

5.2.2 Routine tests

Routine tests shall be carried out by the manufacturer on every capacitor before delivery. If the purchaser so requests, he shall be supplied with a certificate stating that routine tests have been carried out.

5.3 Type tests

5.3.1 Test procedure

The samples of each model selected for the type tests shall be divided into groups, as indicated in Table 1.

Capacitors forming the sample shall have successfully passed the routine tests indicated in 5.4.1.

Each test group shall contain equal numbers of capacitors of the highest capacitance and the lowest capacitance in the range.

The manufacturer shall provide data on the ratio of capacitance per outer total surface area of the case of each capacitance value in the range.

The capacitor with the maximum capacitance per unit surface area shall also be tested if this ratio exceeds that of the maximum capacitance value in the range by 10 % or more.

Similarly, the capacitor with the minimum capacitance per unit area shall also be tested if the ratio is less than that of the minimum capacitance value in the range by 10 % or more.

"Area" denotes total outer surface area of the capacitor case with the exception of small protrusions, terminals and fixing studs.

5.3.2 Extent of qualification

5.3.2.1 A type test on a single model qualifies only the model tested. When the type test is performed on two models of the same type, and of different rated capacitance value, selected under the rules of 5.3.1, the qualification is valid for all models of the same type having rated capacitance between the two tested values.

5.3.2.2 The qualification tests carried out successfully on a capacitor model having a certain capacitance tolerance are valid also for capacitors of the same model but having a different capacitance tolerance of up to twice the limits of the declared tolerance. For example, $\pm 5\%$ would cover up to $\pm 10\%$, and $\pm 10\%$ would cover up to $\pm 20\%$. A smaller tolerance than the declared tolerance is not permitted. For example, a type approval for $\pm 10\%$ would not cover $\pm 5\%$.

5.3.2.3 Occasionally, in current practice, capacitors are required with a capacitance tolerance that is not symmetrical with respect to the rated capacitance value.

When a type test is carried out successfully on a capacitor model having a symmetrical capacitance tolerance, the relevant qualification is valid also for capacitors of the same model having a non-symmetrical capacitance provided that the total range of non-symmetrical tolerance is

- a) within the total range of capacitance allowed in 5.3.2.2,
and
- b) greater than, or equal to, that of the tested capacitor model. For example, qualification for ± 5 would allow values such as $\begin{smallmatrix} +10 \\ -5 \end{smallmatrix} \%$, $\begin{smallmatrix} +5 \\ -10 \end{smallmatrix} \%$, $\begin{smallmatrix} +8 \\ -2 \end{smallmatrix} \%$, $\begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix} \%$, but not $\begin{smallmatrix} +15 \\ -5 \end{smallmatrix} \%$.

Table 1 – Type test schedule

Group	Tests	Subclause	Number of samples to be inspected (note 1)	Number of failures allowed in first test (note 2)	Number of failures allowed in retest
1	Visual examination Check markings Check of dimensions Mechanical tests (excluding soldering) Sealing tests (if applicable)	5.6 8 5.10 5.11 5.12	8 [4]	1 (note 3)	0
2	Endurance test	5.13	42 [21]	2 (note 4)	0
3	Soldering (if applicable) Damp heat test Voltage test between terminals Voltage test between terminals and case	5.11.2 5.14 5.7 5.8	12 [6]	1 (note 3)	0
4	Self-healing test (if applicable)	5.15	20 [10]	1 (note 3)	0
5	Destruction test (if marked on the capacitor)	5.16	20 [10] 10 [5]	1 (note 5)	0
6	Resistance to heat, fire and tracking (not applicable to capacitors with lead terminations)	5.17	3 (Terminal housing only) (see note 6)	0	0
NOTE 1 The number of samples specified allows for retest if required. The number in square brackets indicates the actual number required for the test. All numbers indicate the sample quantity for each capacitance value tested. If a range is tested, then the quantity indicated in this table will apply to both the highest capacitance and the lowest capacitance and to any other intermediate value required to be tested in the range according to 5.3.1. NOTE 2 A capacitor which fails on more than one test is counted as one defective capacitor. NOTE 3 For groups 1, 3 and 4, a retest is allowed with 1 failure. No failures are allowed in these retests. NOTE 4 For group 2, no retest is required with 0 or 1 failure. With two failures, a retest is required with no failure allowed in this retest. NOTE 5 For group 5, see 5.16 which allows a retest under special conditions in the event of one failure. NOTE 6 Three samples of terminal housing (parts of insulating material retaining terminals in position) are needed for the tests described on 5.17 One sample is required for the ball-pressure test (5.17.1) one for the glow-wire test (5.17.2) and one for the tracking test (5.17.3).					

When the number of defects for each group and the total number of defective capacitors do not exceed the figures indicated in Table 1, the capacitor model shall be deemed to comply with this standard.

When a capacitor is designed to operate under two or more different conditions (rated voltages, classes, rated duty cycles, etc.), the following tests shall be performed, once only, at the highest test voltage:

- a) voltage test between terminals (see 5.7);
- b) voltage test between terminals and case (see 5.8);
- c) self-healing test (see 5.15).

The endurance test shall be performed for every voltage rating and under every operating condition marked on the capacitor. The number of samples to be inspected shall be calculated accordingly.

5.4 Routine tests

5.4.1 Test procedure

Capacitors shall be subjected to the following tests in the stated order:

- a) sealing test, if applicable (see 5.12);
- b) voltage test between terminals (see 5.7);
- c) voltage test between terminals and case (see 5.8);
- d) visual examination (see 5.6);
- e) capacitance measurement (see 5.9);
- f) tangent of loss angle (see 5.5).

5.5 Tangent of loss angle

The tangent of loss angle limit and measuring frequency shall be defined by the manufacturer.

5.6 Visual examination

The condition, workmanship, marking and finish shall be satisfactory. The marking shall be legible during the life of the capacitor.

5.7 Voltage test between terminals

In type tests, capacitors shall be subjected to an a.c. voltage test as specified in Table 2a or Table 2b. The test shall be carried out with a substantially sinusoidal voltage at the rated frequency. The test may be carried out at 50 Hz or 60 Hz.

A higher frequency may be used at the manufacturer's discretion.

IMPORTANT NOTE

All European countries and countries not specifically named below require tests to be carried out in accordance with Table 2a.

Canada, Japan and USA require that tests are carried out in accordance with Table 2b.

Table 2a – Test voltages

Type of operation	Type of capacitor	Ratio of test voltage to rated voltage a.c.	Type test time s
Continuous	Non-self-healing capacitor	2,15	60
	Self-healing capacitor	2,0	60

For routine tests, the test time in Table 2a may be reduced from 60 s to 2 s.

Table 2b – Test voltages

Type of operation	Type of capacitor	Ratio of test voltage to rated voltage a.c.	Type test time s
Continuous	Non-self-healing capacitor	2,15	10
	Self-healing capacitor	1,75	10

For routine tests, the test time in Table 2b may be reduced from 10 s to 1 s.

No flashover or permanent breakdown shall occur. For metallized capacitors, self-healing may occur.

When the capacitor comprises more than one section, each section shall be tested independently in accordance with the above table.

5.8 Voltage test between terminals and case

Capacitors shall be capable of withstanding without breakdown, for 60 s, a test between terminals (joined together) and the case, with a substantially sinusoidal a.c. voltage of a frequency as near as possible to the rated frequency and of the following r.m.s. value:

twice the rated voltage +1 000 V but not less than 2 000 V.

If the capacitor case is of insulating material, in type tests the test voltage shall be applied between the terminals and the metal mountings, if any, or between the terminals and a metal foil wrapped tightly round the surface of the case. In routine tests the test voltage shall be applied between the terminals and a metal part, if any.

No routine test is required if the case is made entirely of insulating material.

During the test, no dielectric breakdown or flashover shall occur.

For routine tests, the duration may be reduced from 60 s to 2 s for countries using Table 2a or 1 s for countries using Table 2b.

5.9 Capacitance measurement

The capacitance shall be measured using a method which excludes errors due to harmonics.

The precision of measurement shall be better than 5 % of the total tolerance band. For type tests the absolute precision shall be 0,2 % maximum.

Type and routine testing shall be carried out at between 0,9 and 1,1 times the rated voltage and at the rated frequency.

Other measuring voltages and frequencies are permitted if it can be demonstrated that the capacitance measured does not deviate from the true value by more than 0,2 %.

5.10 Check of dimensions

Dimensions of the case, of the terminals and of the fixing arrangements shall comply with those indicated in the drawing, taking tolerances into account.

In addition, minimum creepage distances and clearances indicated in Table 5 shall be checked.

5.11 Mechanical tests

These tests shall be carried out in conformity with the relevant test in IEC 60068 series.

These tests are as follows:

- robustness of terminations: Test U, IEC 60068-2-21;
- soldering: Test T, IEC 60068-2-20;

– vibration (sinusoidal): Test Fc, IEC 60068-2-6.

5.11.1 Robustness of terminations

The capacitor shall be subjected to tests Ua, Ub, Uc and Ud of IEC 60068-2-21, as applicable.

5.11.1.1 Test Ua – Tensile

The load to be applied shall be 20 N for all types of terminations.

For external wire terminations, the cross-sectional area shall be at least 0,5 mm².

5.11.1.2 Test Ub – Bending (half of the terminations)

This test shall be carried out only on wire terminations. Two consecutive bends shall be applied.

5.11.1.3 Test Uc – Torsion (other half of the terminations)

This test shall be carried out only on wire terminations. Two successive rotations of 180° shall be applied.

5.11.1.4 Test Ud – Torque (screw terminals)

This test shall be carried out on threaded terminations.

The nuts or screws shall be tightened to the torque specified in Table 3 and loosened again. The torque shall be applied gradually. The screw material shall have adequate resistance against stress cracking.

Table 3 – Torque

Thread diameter mm	Torque N · m
2,6	0,4
3,0	0,5
3,5	0,8
4,0	1,2
5,0	1,8
5,5	2,2
6,0	2,5
8	5
10	7
12	12

5.11.1.5 Visual examination

After each of these tests the capacitors shall be visually examined. There shall be no visible damage.

5.11.2 Soldering

This test shall be carried out only when terminals are designed for connection by soldering.

The capacitor shall then be subjected to test T of IEC 60068-2-20 either using the solder bath method or the solder globule method.

When neither the solder bath method nor the solder globule method is applicable, the soldering iron test shall be used, with soldering iron size A.

Before and after the test the capacitance of the capacitor shall be measured by the method laid down in 5.9. No perceivable capacitance change is permitted.

When the test procedures have been carried out, the capacitors shall be visually examined. There shall be no visible damage.

5.11.3 Vibration

The capacitors shall be subjected to test Fc of IEC 60068-2-6 using a mounting system similar to that which is to be used in practice. The severity of the test shall be as follows:

- $f = 10 \text{ Hz to } 55 \text{ Hz}$;
- $a = \pm 0,35 \text{ mm}$;
- test duration per axis = 10 frequency cycles (3 axes offset from each other by 90°), 1 octave per minute.

Before and after the test, the capacitance of the capacitors shall be measured by the method laid down in 5.9. No perceivable capacitance change is permitted.

After the test, the capacitor shall be subjected to the voltage test between terminals and case according to 5.8. No dielectric breakdown or flashover shall occur.

When all the test procedures have been carried out, the capacitors shall be visually examined. There shall be no visible damage.

5.11.4 Fixing bolt or stud (if fitted)

Fixing threaded bolts and attachments to the capacitor body shall have adequate resistance to ageing deterioration in service.

The durability of the fixing bolt or stud shall be checked on four of the samples tested in 5.13 (endurance test) by the following method.

Four of the capacitors shall be mounted on a fixing plate in the endurance test chamber. The thickness of the fixing plate shall be $1,5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ and the diameter of the hole shall be the base bolt diameter $+0,5 \text{ mm to } +1,0 \text{ mm}$.

Prior to commencement of the endurance test, torque values specified in Table 3 are to be applied. On completion of the endurance test, a torque figure of one-half the appropriate value specified in Table 3 shall be applied.

No failures are permitted.

5.12 Sealing test

This test is not required if the manufacturer certifies that capacitors do not contain substances that are liquid at $t_c + 10^\circ\text{C}$.

The capacitor shall be mounted in a position most likely to reveal leakage at a temperature $10^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ higher than the maximum permissible capacitor operating temperature for a time sufficient for all parts of the capacitor to reach this temperature.

The capacitor shall be maintained at this temperature for a further hour before cooling.

No leakage shall occur.

If the capacitor is intended to be supplied with a terminal cover, the sealing test should preferably be carried out before fastening the cover. The cover shall be fastened in such a manner that the sealing is not impaired.

After the sealing test, capacitors shall be inspected for liquid leakage and distorted case.

Liquids are allowed to wet the surface but not to form droplets.

5.13 Endurance test

This test is intended to prove the suitability of the capacitor design for the class of operation specified by the manufacturer.

For capacitors fitted with base bolts, refer also to 5.11.

The method indicated below is intended to ensure that the capacitor case temperature is as close as possible to the maximum permissible capacitor operating temperature.

5.13.1 Testing in air with forced circulation

The capacitors shall be mounted in a test chamber in which the temperature of the air is constant within a tolerance of ± 2 °C.

The air in the test chamber shall be continuously agitated but not so vigorously as to cause undue cooling of the capacitors. The capacitors under test shall not be subjected to direct radiation from any heating elements in the chamber.

The sensitive element of the thermostat regulating the air temperature of the chamber shall be well within the stream of heated circulating air.

NOTE Heating of the air may take place in a separate chamber, from which the air can be admitted to the capacitor test chamber through a valve allowing good distribution of heated air over the capacitors.

The capacitors are mounted in a position most favourable to the leakage of impregnant or filling material.

The distance between cylindrical capacitors shall not be less than their diameter, and the distance between rectangular capacitors shall not be less than twice the shorter side of their base.

The temperature sensitive element of a temperature recording instrument shall be attached half-way up the side of the case of the capacitor with the lowest value of tangent of loss angle.

The thermostat shall be set to $(t_c - 15$ °C), and capacitors are then energized according to the appropriate voltage and test cycle (see also Annex A). During the first 24 h, the difference between t_c and the indication of the temperature recording instrument shall be noted, and adjustments made to ensure the temperature of each capacitor case is at $t_c \pm 2$ °C. The test is then continued to the end of the appropriate time without further adjustment of the thermostat, the time being measured from the first energization of the capacitors.

NOTE It is recommended that each test capacitor is individually protected by a circuit-breaker or fuse.

5.13.2 Endurance test procedure

Capacitors shall be tested according to the appropriate class indicated in Table 4.

Table 4 – Endurance test conditions

Life expectancy	30 000 h (class A)	10 000 h (class B)	3 000 h (class C)	1 000 h (class D)
Test conditions	6 000 h at 1,25 U_N continuous or 3 000 h at 1,35 U_N continuous	2 000 h at 1,25 U_N continuous or 1 000 h at 1,35 U_N continuous	600 h at 1,25 U_N continuous	200 h at 1,25 U_N continuous
Permitted capacitance change	3 %	3 %	3 %	3 %

Life expectancy classes over 30 000 h are permitted by using the following calculation:

test duration = 10 % of life at 1,35 U_N and 20 % of life at 1,25 U_N .

The test times given in Table 4 refer to periods of actual energization.

NOTE The relationship between life expectancy and the endurance test duration is based on experience and on statistics, it does not have an absolute value.

5.13.3 Conditions of compliance

During the test, no permanent breakdown, interruption or flashover shall occur.

No leak should be apparent which forms droplets within 10 min when kept at the upper temperature limit in the most unfavourable position.

At the end of the test, the capacitors shall cool down freely to the ambient temperature and the capacitance shall then be measured (see 5.9).

Intermediate test measurements are permitted.

5.14 Damp-heat test

Capacitance shall be measured before the test (see 5.9).

This test shall be carried out in accordance with IEC 60068-2-78.

The severity indicated in the marking shall be employed. No voltage shall be applied to the samples and no measurement shall be taken during the test.

After the damp-heat period, the capacitors shall be stored under standard atmospheric conditions for recovery for not less than 1 h and not more than 2 h. Immediately after recovery, the capacitance shall be measured in accordance with 5.9.

Capacitance change shall be less than 0,5 % after the test.

5.15 Self-healing test

Self-healing capacitors shall have adequate self-healing properties. Compliance is checked by the following test.

This test shall be applied only to capacitors marked  or SH.

The capacitors shall be subjected to the test described in 5.7 for the test time indicated in the appropriate table.

If fewer than five self-healing breakdowns (clearings) occur during this time, the voltage shall be increased at a rate of not more than 200 V/min until five clearings have occurred since the beginning of the test or until the voltage has reached a maximum of $3,5 U_N$.

The voltage shall then be decreased to 0,8 times the voltage at which the fifth clearing occurred or 0,8 times the maximum voltage and maintained for 10 s. One additional clearing in each capacitor shall be permitted during this period.

The capacitors shall be deemed to have passed the test if they meet both of the following requirements:

- a) change of capacitance is $< 0,5 \%$;
- b) RC value is ≥ 100 s.

Self-healing breakdowns during the test may be detected by an oscilloscope or by acoustic or high-frequency test methods.

5.16 Destruction test

5.16.1 General

This test is optional.

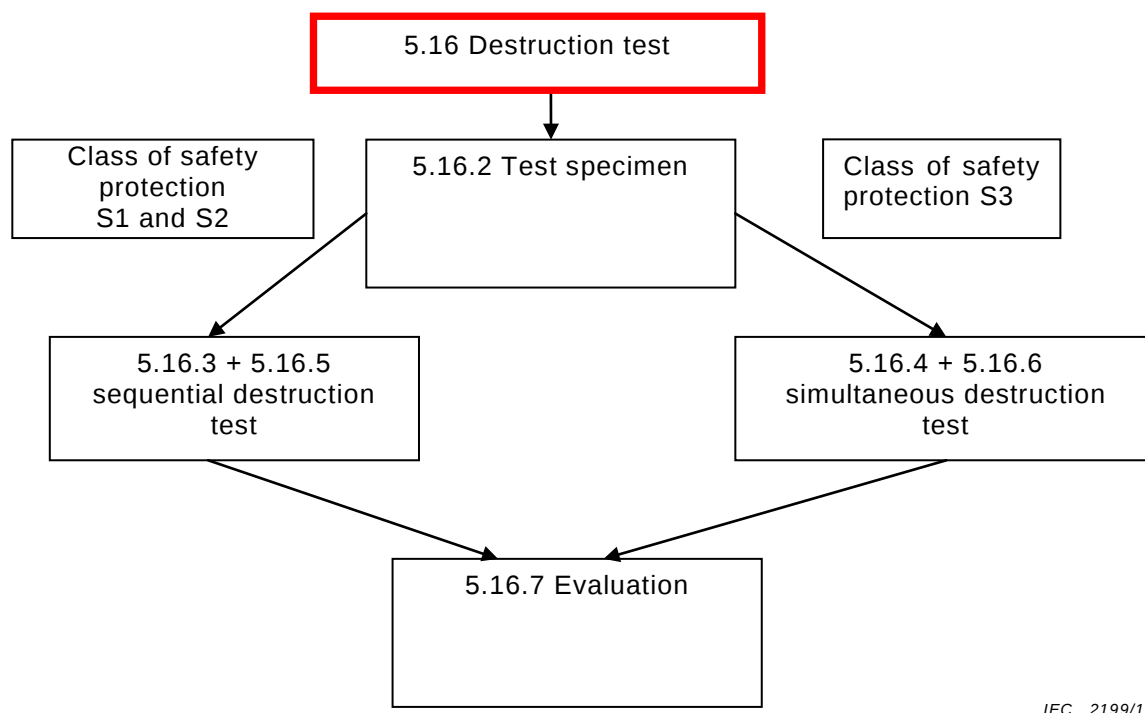
Refer to revised definition 3.22 for the appropriate test for each class of safety protection.

Capacitors marked S0 are not required to be tested in accordance with this subclause.

Capacitors fitted with overpressure disconnect device designated S1 and S2 shall be subjected to the sequential DC and AC test described in 5.16.3 and 5.16.5.

Capacitors with segmented film as defined in 3.6 and designated S3 class of safety protection shall be subjected to the simultaneous DC and AC test described in 5.16.4 and 5.16.6.

For capacitors designated S1, S2 and S3 refer to Figure 1.



IEC 2199/13

Figure 1 – Destruction test**5.16.2 Test specimens**

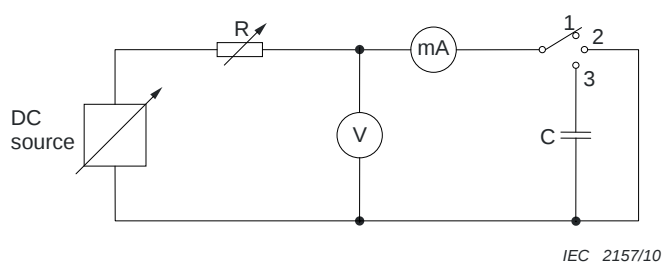
The test is to be carried out on 10 samples, with a similar specimen of 10 samples held in reserve for possible retest. Half the test specimens (5) shall have passed the test according to 5.4.1. The remaining five capacitors shall have passed the endurance test described in 5.13 (group 2).

For capacitors with a metal case, the metal case shall be connected to one of the terminals of the voltage source.

If a distinction can be made between the capacitor terminals, the group shall be subdivided into two subgroups. The first subgroup shall have terminal A connected to the case, the second subgroup shall have terminal B connected to the case.

5.16.3 Test apparatus for sequential DC and AC test (capacitor type S1 and S2)**5.16.3.1 Test apparatus for d.c. conditioning**

Apparatus for carrying out the d.c. conditioning is shown in Figure 2. The d.c. source shall be capable of delivering an open-circuit voltage equivalent to $10 U_N$ and have a sustained shortcircuit capability greater than 50 mA.



IEC 2157/10

Figure 2 – Test apparatus for d.c. conditioning

The d.c. source is adjusted to provide an open-circuit voltage equivalent to $10 U_N$ with the switch in position 1.

A variable resistor R is adjusted to provide a current of 50 mA with the switch in position 2.

DC voltage is applied to the test capacitor with the switch in position 3.

5.16.3.2 Test apparatus for a.c. destruction test

- The instantaneous short-circuit current of the a.c. supply shall be at least 300 A.
- A 25 A slow-blow fuse and adjustable inductance (L) shall be inserted between the a.c. source and the capacitor (see Figure 3).

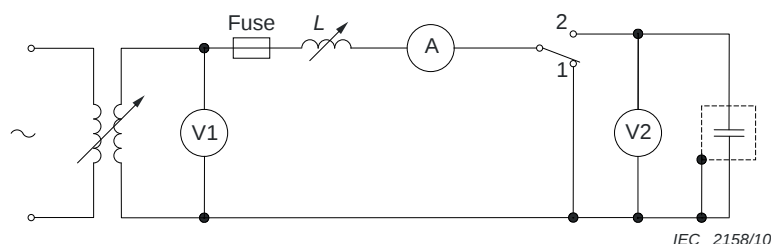


Figure 3 – Test apparatus for a.c. destruction test

The inductor shall be so adjusted that, with the switch in position 1 and a voltage of $1,3 U_N$ applied across the voltmeter $V1$, a current equal to 1,3 times the capacitor rated current (I_N) flows.

The capacitor is energized with the switch in position 2.

NOTE The variable inductor L in Figure 3 may be replaced by the arrangement shown in Figure 4 whereby $T2$ is a fixed ratio transformer and L_f is a fixed inductor. A variable ratio transformer $T1$ is used to adjust the inductive current.

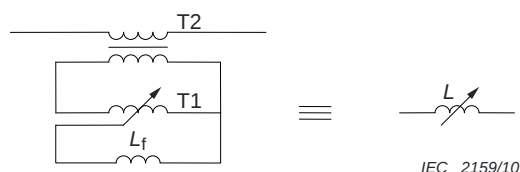
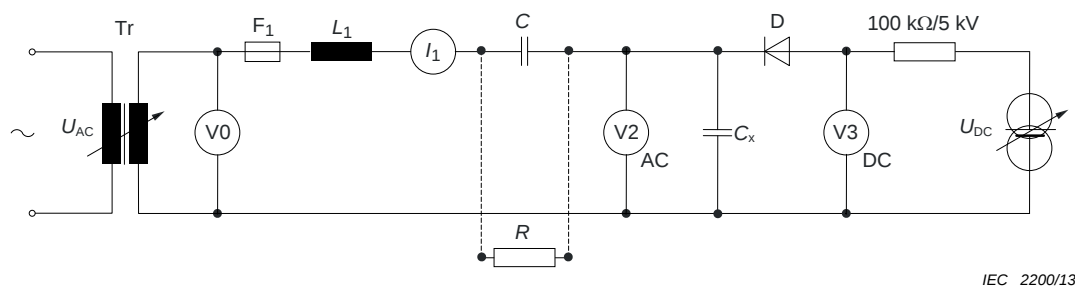


Figure 4 – Arrangement to produce the variable inductor L in Figure 3

5.16.4 Test apparatus for simultaneous DC and AC test (capacitor type S3)

Apparatus for carrying out the simultaneous DC and AC test is shown in Figure 5. The d.c. source (U_{dc}) shall be capable of delivering an open-circuit voltage equivalent to $10 U_N$ and shall have a sustained short-circuit capability greater than 50 mA but limited to 50 mA during the test.



- Tr Transformer (AC power supply) with sufficient capacity to supply an instantaneous short-circuit current of at least 300 A
- F_1 Slow-blow fuse, rated 25 A
- L_1 Inductor of approximately 10 mH for grid decoupling (resonant free in all switching modes)
- C Capacitor for DC decoupling: $C \geq 10 \times C_x$ (e.g. $C = 330 \mu\text{F} \rightarrow C_{x\text{max}} = 33 \mu\text{F}$)/ $U_{c\text{max}} = 5 \text{ kV}$
- C_x Capacitor under test
- D High voltage diode for AC decoupling
- I_1 AC current: $1,3 \times I_R$ at the beginning of the test when the capacitor is full operative (I_R = Rated current of the capacitor under test)
- V_2 AC test voltage: $1,3 \times U_R$ (U_R = Rated voltage of the capacitor under test)
- V_3 DC test voltage: Voltage increase from 0 V to max. $10 \times U_R$ at a rate of 200 V/min (U_R = Rated voltage of the capacitor under test)
- R Resistor for capacitor discharging at the end of the test

Figure 5 – Test apparatus for simultaneous DC and AC

5.16.5 Test procedure for sequential DC and AC test (capacitor type S1 and S2)

5.16.5.1 General

The test shall be conducted in four stages:

- 5.16.5.2 Preparation and pre-conditioning,
- 5.16.5.3 DC conditioning,
- 5.16.5.4 AC destruction test,
- 5.16.7 Evaluation of the failure.

NOTE The purpose of the d.c. conditioning is to produce a dielectric breakdown condition. It is not the intention that d.c. conditioning is used to create open-circuit capacitors.

5.16.5.2 Preparation and pre-conditioning

All the test specimens shall be prepared and pre-conditioned as follows:

The capacitors shall be wrapped closely in tissue paper complying with 6.86 of ISO 4046:2002 and mounted within an "air circulating" test chamber at $t_c + 10^\circ\text{C}$. The temperature deviation shall not exceed $\pm 2^\circ\text{C}$. In preparation for the destruction test, the specimens shall have rated voltage (U_N) applied for 2 h at $t_c + 10^\circ\text{C}$.

No open-circuit or short-circuit capacitors are permitted. If this occurs, the type shall be declared a failure.

5.16.5.3 DC conditioning

Five capacitors that have passed the endurance test (group 2) shall be pre-heated to a temperature of $t_c + 10^\circ\text{C}$ before d.c. conditioning. The remaining five capacitors, having passed the test in 5.4.1 shall be tested at room temperature.

The voltage of a d.c. source (see Figure 2) shall be raised from zero to a maximum of $10 U_N$ at a rate of approximately 200 V/min until a short-circuit occurs or $10 U_N$ has been reached.

Capacitors shall be removed from d.c. conditioning when the voltage indicated on the voltmeter is zero or $10 U_N$ has been reached and maintained for a period of 5 min or other period as defined by the manufacturer.

A capacitor that becomes open-circuit after the d.c. conditioning shall be replaced by another sample and not counted. The d.c. conditioning test may be repeated on new samples until all the 10 reserve specimens referred to in 5.16.1 have been used up. If the required number of capacitors with dielectric breakdown cannot be achieved, then the test shall be regarded as failed.

5.16.5.4 AC destruction test

With the capacitors maintained at the d.c. conditioning temperature, they shall then have applied an a.c. voltage of $1,3 U_N$ (see Figure 3). If the capacitor clears (becomes operative) or becomes open-circuit, the voltage shall be maintained for 5 min. If the capacitor is still operative after 5 min then the d.c. conditioning shall be repeated.

If the capacitor becomes short-circuit, then the test shall be maintained for 8 h.

5.16.6 Test procedure for simultaneous DC et AC test (capacitor type S3)

5.16.6.1 Preparation and pre-conditioning

Same as 5.16.5.2.

5.16.6.2 Simultaneous DC and AC test

Five capacitors that have passed the endurance test (group 2) shall be pre-heated to a temperature of $t_c + 10\text{ °C}$ before testing. The remaining five capacitors, having passed the test in 5.4.1 shall be tested at room temperature.

Apply a constant a.c. voltage of $1,3 U_N$ at U_{ac1} (V_2) and measure the initial current (I_1).

The voltage of a d.c. source U_{dc1} (V_3) shall be raised from zero to a maximum of $10 U_N$ at a rate of approximately 200 V/min until the capacitor becomes inoperative or $10 U_N$ has been reached.

The capacitor shall be considered as failed if it does not become inoperative (capacitance $< 1\% C_N$) within 5 minutes at $10 U_N$.

The d.c. current shall be limited to 50 mA.

NOTE Inoperative means the current is lower than 1 % of the initial current measured at the same a.c. voltage and frequency as the initial measurement.

5.16.7 Evaluation of the failure

After completion of the test, the tissue paper shall not have burnt on any test specimen; however, it may be discoloured by escaping substances.

Each capacitor shall meet the following:

- escaping liquid material may wet the outer surface of the capacitor, but not fall away in drops;
- internal live parts shall not be accessible to the standard test finger (see Figure 1 of IEC 60529:2001);

- c) burning or scorching of the tissue paper shall not be evident, since this would indicate that flames or fiery particles have been emitted from the openings;
- d) the capacitor shall withstand the test of 5.8 with the voltage being reduced to 0,8 times the value indicated.

The test is concluded when 10 capacitors have become short circuit or open circuit (for capacitors type S1), open circuit (for capacitors type S2) or inoperative with capacitance measuring $<1\% C_N$ (for capacitors type S3).

If one of the test specimens does not satisfy the criteria according to a) or d) above, the test may be repeated once on a further 10 samples. However, all capacitors shall pass the repeat test.

If more than one capacitor does not satisfy the criteria according to a) or d), then the test shall be regarded as failed. All capacitors must satisfy the requirements of b) and c).

5.17 Resistance to heat, fire and tracking

These tests are not applicable to capacitors with lead terminations.

5.17.1 Ball-pressure test

External parts of insulating material retaining terminals in position shall be sufficiently resistant to heat.

For materials other than ceramic, compliance is checked by subjecting the parts to the ball-pressure test in accordance with 27.3 of IEC 60309-1 at 125 °C or at $t_c + 40$ °C, whichever is the higher.

5.17.2 Glow-wire test

For materials other than ceramic, compliance is also checked by the following test.

External parts of insulating material retaining terminals in position shall be subjected to the glow-wire test in accordance with IEC 60695-2-10 and IEC 60695-2-11, subject to the following details:

- the test sample comprises one set of individual components forming the terminal assembly;
- the temperature of the tip of the glow-wire is 550 °C for $I_N \leq 0,5$ A and 850 °C for $I_N > 0,5$ A;
- any flame or glowing of the specimen shall extinguish within 30 s of withdrawing the glow-wire, and any flaming drops shall not ignite a piece of five-layer wrapping tissue, as defined in ISO 4046, spread out horizontally at a distance of 200 mm $\pm$ 5 mm below the place where the glow-wire is applied to the specimen.

5.17.3 Tracking test

Outer insulating parts of capacitors which retain live parts in position or are in contact with such terminals shall be of material resistant to tracking.

Compliance is checked by carrying out the tracking test specified in IEC 60112 at 250 V on relevant parts according to solution A.

6 Permissible overloads

6.1 Maximum permissible voltage

Irrespective of their type of operation, metal-foil and metallized capacitors shall be suitable for operation under abnormal conditions for prolonged periods at an r.m.s. voltage between terminals not exceeding 1,10 times the rated voltage, excluding transients caused by switching the capacitors in and out of circuit (see 9.2, 9.3 and 9.5) but including the effects of harmonics and supply voltage variations.

Operation above the rated voltage will reduce the life expectancy of the capacitor.

6.2 Maximum permissible current

Capacitors shall be suitable for operation at an r.m.s. current not exceeding 1,30 times the current which occurs at rated sinusoidal voltage and rated frequency excluding transients.

Taking into account the capacitance tolerance, the maximum permissible current can be up to 1,30 times the rated current increased in proportion to the actual capacitance value compared with the rated capacitance value.

6.3 Maximum permissible reactive output

The overload resulting from operation at voltage and current exceeding the rated values (though within the limits indicated in 6.1 and 6.2) shall not exceed 1,35 times the rated output.

Taking into account the capacitance tolerance the maximum permissible output can be up to 1,35 times the rated output increased in proportion to the actual capacitance value compared with the rated capacitance value.

NOTE It should be noted that operation of capacitors with overload, even within the limit indicated above, may adversely affect the life duration of these capacitors.

7 Safety requirements

7.1 Creepage distances and clearances

The creepage distances over external surfaces of terminal insulation and the clearances between the exterior parts of terminal connections or between such live parts and the metal case of the capacitor, if any, shall be not less than the minimum values given in Table 5.

These minimum distances shall apply to the terminals with or without the external wiring connected. They are not intended to apply to internal creepage distances and clearances.

The requirements for specific applications shall be satisfied.

The contribution to the creepage distances of any groove less than 1 mm wide shall be limited to its width.

Any air-gap of less than 1 mm shall be ignored in calculating the total air path.

Creepage distances are distances in air, measured along the surface of insulating material.

7.2 Terminals and connecting cables

Terminals and undetachable connecting cables shall have a conductor cross-section which can safely carry the current of the capacitor and shall have sufficient mechanical strength.

The minimum cross-sectional area of the conductor shall be 0,5 mm². Insulated cables shall conform to the voltage and temperature ratings of the capacitor.

Manufacturers shall provide evidence that the cable supplied with the capacitor shall adequately carry the current over the full capacitance/temperature/voltage range specified.

7.3 Earth connections

If the metal case of the capacitor is intended to be connected to earth or to a neutral conductor, means shall be provided to enable an effective connection to be made. This may be achieved by supplying the capacitor in an unpainted metal case or by provision of an earth terminal, an earth conductor, or a metal bracket with sound electrical connection to the case.

Whichever the type of connection used, it must be clearly marked by the symbol  as the earth connection.

When the metal case is provided with a threaded stud and the capacitor is securely fixed to the metal frame by means of this stud without interposed insulating material and the frame is securely connected to earth, the stud shall be considered as an effective connection to earth.

Table 5 – Minimum creepage distances and clearances

Rated voltage	Up to and including 24 V mm	Above 24 V up to and including 250 V mm	Above 250 V up to and including 500 V mm	Above 500 V up to and including 1 000 V mm
Creepage distances				
1 Between live parts of different polarity	2	3 (2)	5	6
2 Between live parts and accessible metal parts which are permanently fixed to the capacitor including screws or devices for fixing covers or fixing the capacitor to its support	2	4 (2) 3 ^a	6 3 ^a	7
Clearances				
3 Between live parts of different polarity	2	3 (2)	5	6
4 Between live parts and accessible metal parts which are permanently fixed to the capacitor including screws or devices for fixing covers or fixing the capacitor to its support	2	4 (2) 3 ^a	6 3 ^a	7
5 Between live parts and a flat supporting surface or a loose metal cover, if any, if the construction does not ensure that the values under item 4 above are maintained under the most unfavourable conditions (for information only)	2	6	10	12
NOTE The values in brackets apply to creepage distances and clearances protected against dirt. For permanently sealed-off or compound-filled cases, creepage distances and clearances are not checked.				
Item 5 has been included for guidance only to indicate requirements for the capacitor in the application.				
^a For glass or other insulation with equivalent tracking qualities.				

7.4 Discharge devices

In many cases, discharge devices are not required; namely, when the capacitor is connected permanently to the motor winding, or when placed in an inaccessible position.

When a discharge device is specified, it must reduce the voltage at the terminals from the peak of the rated voltage to a value of 50 V or less in the time of 1 min from the moment the capacitor is switched off.

NOTE A discharge device may sometimes be specified, not for safety reasons, but to prevent electrical overstress on the capacitor. This may occur when a disconnected capacitor still charged is reconnected across another capacitor of different polarity.

8 Marking

The following information shall be marked on the capacitor:

- a) manufacturer's name, abbreviated name or trade mark;
- b) manufacturer's type designation;
- c) rated capacitance (C_N) in microfarads and tolerance as a percentage;
- d) rated voltage (U_N) in volts;
- e) spare;
- f) rated frequency f_N , in hertz, if other than 50 Hz;
- g) climatic category, for example 25/85/21 (see 4.1);
- h) date of manufacture (a code may be used);
- i)  or SH for self-healing capacitors;
- j) discharge device, if any, shall be written out in full or indicated by the symbol ;
- k) class of safety protection, for example, S0, S1, S2, S3;
- l) approval marks;
- m) filling material. Reference to liquid used (not needed for dry capacitors);
- n) class of operation or life duration. To be positioned adjacent to the voltage;
- o) specification (standard) number.

If the capacitor is small and has not enough space for marking, items a), b), c), d), g), h), i), k), l), n) shall be marked and other items can be omitted. Furthermore, item c) may be marked by the standard code according to IEC 60062 but, if there is enough space available the rated capacitance and the capacitance tolerance shall be marked in clear text.

Information omitted on the capacitor shall be indicated on the packaging or on the accompanying notice.

9 Guidance for installation and operation

9.1 General

Unlike most electrical apparatus, motor capacitors are not connected to power systems as independent apparatus. In each case, the capacitor is connected in series with an inductive winding on the motor and may also be in physical contact with the motor or other apparatus. The characteristics of the motor and such other apparatus exert a strong influence on the operating conditions of the capacitors.

The most important influences on motor capacitors are the following:

- where a motor capacitor is connected in series with the auxiliary winding of a single-phase induction motor, the voltage at the terminals of the capacitor at operating speed is generally considerably higher than the mains voltage;
- when in physical contact with the motor, the capacitor is not only stressed by vibration of the motor but also by the heat transferred from the energized windings and the active iron. Also, other sources of heat such as the heating of an electric washing machine may raise the temperature of the capacitor.

Most capacitor motors, and consequently the capacitors also, are switched on and off frequently. In switching tests, it has been found that high transients often occur at the terminals of both the running and starting capacitors. To withstand these transients, care should be exercised to ensure that the manufacturer's declared ratings are not exceeded.

9.2 Choice of rated voltage

9.2.1 Measurements of working voltage

With maximum mains voltage, motor inductance and capacitance (taking into account tolerances and motor loads for worst conditions), the voltage across the capacitor shall not exceed 10 % above the capacitor rated voltage.

9.2.2 Influence of capacitance

Apart from the supply system voltage and the inductive coupling between the main winding and the auxiliary winding of the capacitor motor, the voltage at the terminals of the capacitor depends on the value of the capacitance itself, especially when the capacitor and the auxiliary winding operate near the resonance point. This fact should be taken into account when choosing the rated voltage of the capacitor and due attention should also be paid to the maximum permissible motor current.

In choosing the rated voltage of the capacitor, due attention should be paid to the voltage measurements specified in 9.2.1, to the possible variation in the mains voltage and to the effect of the capacitance tolerance.

9.3 Checking capacitor temperature

9.3.1 Choice of maximum permissible capacitor operating temperature

Since many factors influence the temperature conditions of motor capacitors, which cannot easily be calculated beforehand (heat radiation and heat conduction from the motor, high ambient temperature, bad cooling conditions, etc.), the user should check the capacitor operating temperature in association with the apparatus into which the capacitor is built. During this test, the most unfavourable permissible conditions of operation applicable to the apparatus should be attained.

Under these conditions, the capacitor temperature should be measured. The rated maximum permissible capacitor operating temperature should be not less than the highest temperature measured during this test.

Before changing the capacitor type, this test shall be repeated.

9.3.2 Choice of minimum permissible capacitor operating temperature

The rated minimum permissible capacitor operating temperature shall not be higher than the lowest ambient temperature at which the capacitor may be operated.

9.4 Checking transients

Under certain conditions of switching motors on or off, or the switching of starting capacitors across run capacitors, high current surges or transient overvoltages may occur. To prevent

premature capacitor failure, the user shall establish by appropriate tests, that the manufacturer's declared value of maximum transient voltage and maximum dv/dt are not exceeded. Under some circumstances, discharge resistors or series resistance may need to be considered in the motor circuit to limit voltage and current surges.

In some circumstances it may be necessary to add resistance to reduce the peak current to within the capacitor's design ratings.

9.5 Leakage current

Capacitive leakage current is not normally significant for motor applications. However, where the application requires low leakage to earth, this should be specifically requested by the user.

Annex A (normative)

Test voltage

Voltage tests are carried out with an a.c. source as specified in the relevant clause. The source shall be adequate to maintain, over any specified test period, the test voltage required, subject to a tolerance of $\pm 2,5$ %, but ± 2 % for the endurance test.

AC voltage tests are made using a 50 Hz or 60 Hz frequency, as appropriate, the voltage waveform of which is sufficiently free from harmonics as to ensure that, when applied to the capacitor, the resulting current does not exceed the value corresponding to a sinusoidal voltage waveform by more than 10 %.

Bibliography

Additional useful information may be found in the following standards:

IEC 60110-1:1998, *Power capacitors for induction heating installations – Part 1: General*

IEC 60143-1: 2004, *Series capacitors for power systems – Part 1: General*

IEC 60252-2¹, *AC motor capacitors – Motor start capacitors*

IEC 60358:1990, *Coupling capacitors and capacitor dividers*

IEC 60831-1:2002, *Shunt power capacitors of the self-healing type for a.c. systems having a rated voltage up to and including 1 000 V – Part 1: General – Performance, testing and rating – Safety requirements – Guide for installation and operation*

IEC 60871-1:2005, *Shunt capacitors for a.c. power systems having a rated voltage above 1 000 V – Part 1: General*

IEC 60931-1:1996, *Shunt power capacitors of the non-self-healing type for a.c. systems having a rated voltage up to and including 1 000 V – Part 1: General – Performance, testing and rating – Safety requirements – Guide for installation and operation*

IEC 61048: 2006, *Auxiliaries for lamps – Capacitors for use in tubular fluorescent and other discharge lamp circuits – General and safety requirements*

IEC 61071:2007, *Power electronic capacitors*

¹ To be published.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	36
1 Domaine d'application et objet	38
2 Références normatives	39
3 Termes et définitions	39
4 Conditions de service	42
4.1 Conditions normales de service	42
4.2 Tolérances préférentielles sur la capacité	43
5 Exigences de qualité et essais	43
5.1 Exigences relatives aux essais	43
5.1.1 Généralités	43
5.1.2 Conditions d'essai	43
5.2 Nature des essais	43
5.2.1 Essais de type	44
5.2.2 Essais individuels	44
5.3 Essais de type	44
5.3.1 Procédure d'essai	44
5.3.2 Extension de la qualification	44
5.4 Essais individuels	47
5.4.1 Procédure d'essai	47
5.5 Tangente de l'angle de perte	47
5.6 Examen visuel	47
5.7 Essai diélectrique entre bornes	47
5.8 Essai diélectrique entre bornes et enveloppe	48
5.9 Mesure de la capacité	48
5.10 Vérification des dimensions	49
5.11 Essais mécaniques	49
5.11.1 Robustesse des connexions	49
5.11.2 Soudure	50
5.11.3 Vibration	50
5.11.4 Tige ou goujon de fixation (le cas échéant)	51
5.12 Essai d'étanchéité	51
5.13 Essai d'endurance	51
5.13.1 Essai dans l'air à circulation forcée	51
5.13.2 Procédure de l'essai d'endurance	52
5.13.3 Conditions d'acceptation	53
5.14 Essai à la chaleur humide	53
5.15 Essai d'autorégénération	53
5.16 Essai de destruction	54
5.16.1 Généralités	54
5.16.2 Echantillons d'essai	54
5.16.3 Dispositif d'essai pour essai séquentiel en courant continu et en courant alternatif (condensateurs de types S1 et S2)	55
5.16.4 Dispositif d'essai pour essai simultané en courant continu et en courant alternatif (condensateur de type S3)	56
5.16.5 Procédure d'essai pour essai séquentiel en courant continu et en courant alternatif (condensateurs de types S1 et S2)	56

5.16.6	Procédure d'essai pour essai simultané en courant continu et en courant alternatif (condensateur de type S3).....	58
5.16.7	Evaluation des défaillances	58
5.17	Résistance à la chaleur, au feu et aux courants de cheminement.....	58
5.17.1	Essai à la bille	58
5.17.2	Essai au fil incandescent.....	59
5.17.3	Essai de cheminement	59
6	Surcharges admissibles.....	59
6.1	Tension maximale admissible	59
6.2	Courant maximal admissible	59
6.3	Puissance réactive maximale admissible	60
7	Règles de sécurité.....	60
7.1	Lignes de fuite et distances dans l'air.....	60
7.2	Bornes et conducteurs de raccordement	60
7.3	Mise à la terre	60
7.4	Dispositifs de décharge	61
8	Marquage.....	61
9	Lignes directrices pour l'installation et l'utilisation.....	62
9.1	Généralités.....	62
9.2	Choix de la tension assignée	63
9.2.1	Mesures de la tension de fonctionnement	63
9.2.2	Influence de la capacité	63
9.3	Vérification de la température du condensateur.....	63
9.3.1	Choix de la température maximale admissible de fonctionnement pour le condensateur	63
9.3.2	Choix de la température minimale admissible de fonctionnement pour le condensateur	63
9.4	Vérification des transitoires.....	63
9.5	Courant de fuite.....	64
Annexe A (normative)	Tension d'essai.....	65
Bibliographie		66
Figure 1	– Essai de destruction	54
Figure 2	– Dispositif d'essai pour conditionnement en courant continu	55
Figure 3	– Dispositif d'essai pour l'essai de destruction en courant alternatif	55
Figure 4	– Montage pour réaliser la bobine d'inductance variable L de la Figure 3.....	56
Figure 5	– Dispositif d'essai pour un essai simultané en courant alternatif (condensateurs de types S1 et S2).....	56
Tableau 1	– Liste des essais de type.....	46
Tableau 2a	– Tensions d'essai	47
Tableau 2b	– Tensions d'essai	48
Tableau 3	– Essai de couple	50
Tableau 4	– Conditions de l'essai d'endurance	52
Tableau 5	– Lignes de fuite et distances dans l'air minimales.....	61

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONDENSATEURS DES MOTEURS À COURANT ALTERNATIF –

Partie 1: Généralités – Caractéristiques fonctionnelles, essais et valeurs assignées – Règles de sécurité – Lignes directrices pour l'installation et l'utilisation

AVANT-PROPOS

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

Cette version consolidée de la CEI 60252-1 porte le numéro d'édition 2.1. Elle comprend la deuxième édition (2010) [documents 33/470/FDIS et 33/473/RVD] et son amendement 1 (2013) [documents 33/532/FDIS et 33/538/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.

Cette publication a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

La Norme internationale CEI 60252-1 a été établie par le comité d'études 33 de la CEI: Condensateurs de puissance.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- la définition de « condensateur à film segmenté » a été ajoutée en 3.6;
- la définition de « classes d'utilisation » a été clarifiée, avec l'ajout du concept de « durée de vie probable » et des références aux statistiques, en 3.9;
- la phrase « *Un fonctionnement au-dessus de la tension assignée réduira la durée de vie du condensateur.* » a été introduite en 6.1;
- quelques clarifications ont été ajoutées dans l'Article 8: Marquage, principalement pour les petits condensateurs.

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

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60252, présentées sous le titre général *Condensateurs des moteurs à courant alternatif* peut être consultée sur le site web de la CEI.

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 la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

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

CONDENSATEURS DES MOTEURS À COURANT ALTERNATIF –

Partie 1: Généralités – Caractéristiques fonctionnelles, essais et valeurs assignées – Règles de sécurité – Lignes directrices pour l'installation et l'utilisation

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 60252 s'applique aux condensateurs destinés à être raccordés aux enroulements des moteurs asynchrones alimentés par un réseau monophasé dont la fréquence ne dépasse pas 100 Hz, et aux condensateurs destinés aux moteurs asynchrones triphasés pour permettre le raccordement de ces moteurs à un réseau monophasé.

La présente norme couvre les condensateurs imprégnés ou non, ayant un diélectrique en papier, film plastique ou une combinaison des deux, soit métallisés, soit à électrodes en feuilles de métal, pour une tension assignée n'excédant pas 660 V.

Les exigences concernant les condensateurs de démarrage sont traitées dans la CEI 60252-2.

NOTE Les condensateurs suivants sont exclus de cette norme:

- les condensateurs shunt autorégénérateurs destinés à être installés sur des réseaux à courant alternatif avec une tension assignée jusqu'à 1 000 V inclus (voir CEI 60831-1);
- les condensateurs shunt non autorégénérateurs destinés à être installés sur des réseaux à courant alternatif avec une tension assignée jusqu'à 1 000 V inclus (voir CEI 60931-1);
- les condensateurs shunt destinés à être installés sur les réseaux à courant alternatif avec une tension assignée supérieure à 1 000 V (voir CEI 60871-1);
- les condensateurs destinés à des installations de production de chaleur par induction, soumis à des fréquences comprises entre 40 Hz et 24 000 Hz (voir CEI 60110-1);
- les condensateurs-série (voir CEI 60143);
- les condensateurs de couplage et diviseurs capacitifs (voir CEI 60358);
- les condensateurs utilisés dans les circuits électroniques de puissance (voir CEI 61071);
- les petits condensateurs à courant alternatif utilisés pour les lampes fluorescentes et à décharge (voir CEI 61048);
- les condensateurs d'antiparasitage (publication CEI à l'étude);
- les condensateurs utilisés dans différents types d'équipements électriques et considérés de ce fait comme des composants;
- les condensateurs destinés à être utilisés sous tension continue superposée à la tension alternative.

La présente norme a pour objet

- a) de formuler des règles uniformes pour les performances, les essais et les caractéristiques nominales;
- b) de formuler des règles spécifiques de sécurité;
- c) de fournir des lignes directrices pour l'installation et l'utilisation.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60062, *Marking codes for resistors and capacitors* (disponible en anglais seulement)

CEI 60068 (toutes les parties), *Essais d'environnement*

CEI 60068-2-6, *Essais d'environnement – Partie 2-6: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

CEI 60068-2-20, *Essais d'environnement – Partie 2-20: Essais – Essai T: Méthodes d'essai de la brasabilité et de la résistance à la chaleur de brasage des dispositifs à broches*

CEI 60068-2-21, *Environmental testing – Part 2-21: Tests – Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices* (disponible en anglais seulement)

CEI 60068-2-78, *Essais d'environnement – Partie 2-78: Essais – Essai Cab: Chaleur humide, essai continu*

CEI 60112, *Méthode de détermination des indices de résistance et de tenue au cheminement des matériaux isolants solides*

CEI 60309-1, *Prises de courant pour usages industriels – Partie 1: Règles générales*

CEI 60529:2001, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 60695-2-10, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-10: Méthodes d'essai au fil incandescent/chauffant – Appareillage et méthode commune d'essai*

CEI 60695-2-11, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-11: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai d'inflammabilité pour produits finis*

ISO 4046:2002, *Papier, carton, pâtes et termes connexes – Vocabulaire*

3 Termes et définitions

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

3.1

condensateur permanent de moteur

condensateur de puissance qui, utilisé en liaison avec un enroulement auxiliaire du moteur, aide le moteur à démarrer et améliore le couple lors du fonctionnement

NOTE Ce type de condensateur est usuellement relié de façon permanente à l'enroulement du moteur et reste en circuit pendant sa marche. Lors du démarrage, s'il est en parallèle avec le condensateur de démarrage, il aide au démarrage du moteur.

3.2

condensateur de démarrage de moteur

condensateur de puissance qui fournit un courant de conduction à l'enroulement auxiliaire d'un moteur, et qui est mis hors circuit lorsque le moteur est en fonctionnement

3.3

condensateur à armatures métalliques

condensateur dont les électrodes sont constituées par des feuilles ou des lamelles de métal séparées par un diélectrique

3.4

condensateur métallisé

condensateur dont les électrodes sont constituées par un dépôt métallique sur le diélectrique

3.5

condensateur autorégénérateur

condensateur dont les qualités électriques, après rupture locale du diélectrique, sont rapidement et essentiellement auto restaurées

3.6

condensateur à film segmenté

condensateur à film métallisé avec un motif répétitif sur le dépôt métallique d'au moins une couche, conçu pour isoler des sections du condensateur en cas de défaut local dans le diélectrique

3.7

dispositif de décharge d'un condensateur

dispositif pouvant être incorporé au condensateur, capable de ramener à zéro, en un temps donné, la tension résiduelle entre les bornes après que le condensateur a été déconnecté d'un réseau

3.8

service continu

service sans limite de durée de fonctionnement au cours de la vie normale du condensateur

3.9

classe d'utilisation

durée de vie minimale probable pour laquelle le condensateur est prévu à des cycles de fonctionnement, tensions, températures et fréquences assignés

NOTE 1 Quatre classes ont été prévues

Classe A – 30 000 h

Classe B – 10 000 h

Classe C – 3 000 h

Classe D – 1 000 h

Ces classes d'utilisation sont prévues pour représenter un taux de défaillance probable inférieur à 3 % pendant la vie du produit.

Les défaillances prises en considération sont: les courts-circuits, les circuits ouverts, les fuites de liquide, les dérives de capacité supérieures à 10 % des limites de tolérance assignées.

Un condensateur peut avoir plus d'une classe selon les tensions correspondantes.

NOTE 2 Les classes d'utilisation ont une valeur statistique (la "loi des grands nombres"):il n'est pas possible d'appliquer automatiquement des données provenant d'une quantité limitée à une population entière ou même à un lot de condensateurs. Il convient que l'acheteur et le fabricant se mettent d'accord en cas de taux de défaillance réel supérieur à 3 %.

3.10

température minimale admissible de fonctionnement d'un condensateur

température minimale admissible à la surface de l'enveloppe du condensateur au moment de la mise sous tension de celui-ci

3.11**température maximale admissible de fonctionnement d'un condensateur** t_c

température maximale admissible au point le plus chaud de l'enveloppe du condensateur pendant le fonctionnement de celui-ci

3.12**tension assignée d'un condensateur** U_N

valeur efficace de la tension alternative pour laquelle le condensateur a été conçu

3.13**fréquence assignée d'un condensateur** f_N

fréquence la plus haute pour laquelle le condensateur a été conçu

3.14**capacité assignée d'un condensateur** C_N

valeur de capacité pour laquelle le condensateur a été conçu

3.15**courant assigné d'un condensateur** I_N

valeur efficace du courant alternatif pour laquelle le condensateur est conçu à tension et fréquence assignées

3.16**puissance assignée d'un condensateur** Q_N

puissance réactive d'un condensateur en fonction des valeurs assignées de la capacité, de la fréquence et de la tension (ou du courant)

3.17**pertes d'un condensateur**

puissance active dissipée par le condensateur

NOTE Sauf spécification contraire, les pertes d'un condensateur comprennent également les pertes dans les fusibles et dans les résistances de décharge formant partie intégrante du condensateur.

3.18**tangente de l'angle de pertes (tg delta) d'un condensateur**

quotient entre la valeur de la résistance série équivalente et la valeur de la réactance capacitive du condensateur, à une tension alternative sinusoïdale et une fréquence spécifiées

3.19**courant de fuite capacitif (seulement pour les condensateurs à enveloppe métallique)**

courant qui passe à travers un conducteur reliant l'enveloppe à la terre, lorsque le condensateur est alimenté par un réseau à courant alternatif ayant le neutre à la terre

3.20**type de condensateurs**

les condensateurs sont considérés être de même type quand ils ont une forme de construction similaire, la même technologie de construction, la même tension assignée, la même catégorie climatique et le même type de fonctionnement. Des condensateurs de même type peuvent uniquement se différencier par leur capacité assignée et leurs dimensions. Des différences mineures sont autorisées pour ce qui concerne les pattes de branchement et les dispositifs de montage

NOTE La même construction comprend, par exemple, le même matériau diélectrique, la même épaisseur de diélectrique et le même type d'enveloppe (métallique ou plastique).

3.21

modèle de condensateur

les condensateurs sont considérés comme étant du même modèle lorsqu'ils appartiennent au même type et ont les mêmes caractéristiques dimensionnelles et fonctionnelles entre les limites des tolérances et sont, par conséquent, interchangeables

3.22

classe relative à la protection de sécurité

degré de protection de sécurité identifié par un des quatre codes à indiquer sur le condensateur 3.22.1

classe (S0) relative à la protection de sécurité

degré de protection de sécurité indiquant que le condensateur de ce type ne possède pas de protection particulière contre un défaut

Note 1 à l'article: Désigné auparavant par P0.

3.22.2

classe (S1) relative à la protection de sécurité

degré de protection de sécurité indiquant que le condensateur de ce type peut cesser de fonctionner en mode circuit ouvert ou en mode court-circuit et qu'il est protégé contre les risques concernant le feu et les chocs

Note 1 à l'article: La conformité est vérifiée par les essais décrits en 5.16.3 et 5.16.5.

Note 2 à l'article: Désigné auparavant par P1.

3.22.3

classe (S2) relative à la protection de sécurité

degré de protection de sécurité indiquant que le condensateur de ce type a été conçu pour cesser de fonctionner en mode circuit ouvert uniquement et qu'il est protégé contre les risques concernant le feu et les chocs

Note 1 à l'article: La conformité est vérifiée par les essais décrits en 5.16.3 et 5.16.5.

Note 2 à l'article: Désigné auparavant par P2.

3.22.4

classe (S3) relative à la protection de sécurité

degré de protection de sécurité indiquant que le condensateur est construit en film segmenté, tel que défini en 3.6

Note 1 à l'article: Il est nécessaire que ce type de condensateur cesse de fonctionner avec une capacité résiduelle faible ($<1\% C_N$), et il est protégé contre les risques concernant le feu et les chocs. La conformité est vérifiée par les essais décrits en 5.16.4 et 5.16.6.

4 Conditions de service

4.1 Conditions normales de service

La présente norme donne les exigences relatives aux condensateurs destinés à être utilisés dans les conditions suivantes:

- a) altitude: elle ne doit pas dépasser 2 000 m;
- b) tension résiduelle lors de la mise en service: elle ne doit pas être supérieure à 10 % de la tension assignée (voir 7.4, note);
- c) pollution: les condensateurs inclus dans le domaine d'application de cette norme sont conçus pour fonctionner dans une atmosphère légèrement polluée;

NOTE La CEI n'a pas encore établi de définition précise pour «légèrement polluée». Lorsque cette définition sera établie par la CEI, elle sera incorporée à la présente norme.

- d) température de service: entre -40 °C et $+100\text{ °C}$ (voir 3.10 et 3.11).

Les minimums et maximums admissibles de température préférentielle pour le fonctionnement du condensateur sont les suivants:

- températures minimales: -40 °C , -25 °C , -10 °C et 0 °C ;
- températures maximales: 55 °C , 70 °C , 85 °C et 100 °C .

Les condensateurs doivent être prévus pour un transport et un stockage à des températures allant jusqu'à -25 °C , ou jusqu'à la température minimale de fonctionnement, selon celle qui est la plus basse, sans que leurs qualités soient affectées;

- e) sévérité de l'essai à la chaleur humide: entre 4 jours et 56 jours. La sévérité préférentielle est de 21 jours.

(La sévérité de l'essai à la chaleur humide doit être choisie parmi les valeurs indiquées dans la CEI 60068-2-78, c'est-à-dire: 4 jours, 10 jours, 21 jours et 56 jours).

Les condensateurs sont classés en catégories climatiques définies par la température minimale et la température maximale admissibles pour le fonctionnement du condensateur, et la sévérité de l'essai à température humide: par exemple 10/70/21 indique que la température minimale et la température maximale admissibles pour le fonctionnement du condensateur sont -10 °C et 70 °C , et que la sévérité de l'essai à chaleur humide est de 21 jours.

4.2 Tolérances préférentielles sur la capacité

Les tolérances préférentielles sont: $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ et $\pm 15\%$.

Des tolérances asymétriques sont permises mais aucune tolérance ne doit dépasser 15 %.

5 Exigences de qualité et essais

5.1 Exigences relatives aux essais

5.1.1 Généralités

Cet article contient les exigences d'essai pour les condensateurs.

5.1.2 Conditions d'essai

Sauf spécification contraire pour un essai ou pour une mesure particulière, la température du diélectrique du condensateur doit être comprise entre $+15\text{ °C}$ et $+35\text{ °C}$, et doit être enregistrée.

Lorsqu'il est nécessaire d'appliquer une correction, la température de référence doit être de $+20\text{ °C}$.

NOTE On peut admettre que la température du diélectrique est celle de l'air ambiant, pourvu que le condensateur ait été laissé hors tension à cette température ambiante pendant une durée suffisante, dépendant des dimensions du condensateur.

5.2 Nature des essais

Les essais spécifiés sont de deux sortes:

- a) essais de type;
- b) essais individuels.

5.2.1 Essais de type

Les essais de type sont destinés à prouver que le mode de construction du condensateur est approprié et que celui-ci peut être utilisé dans les conditions de fonctionnement précisées par la présente norme.

Les essais de type sont effectués par le fabricant et/ou l'autorité chargée des essais, si une approbation est nécessaire.

Les essais de type peuvent être exécutés sous la surveillance d'une autorité appropriée qui publiera un compte rendu certifié et/ou un document d'approbation du type.

5.2.2 Essais individuels

Les essais individuels doivent être effectués par le fabricant sur chaque condensateur avant livraison. Sur demande de l'acheteur, un rapport d'essai lui est remis, stipulant que les essais individuels ont été effectués.

5.3 Essais de type

5.3.1 Procédure d'essai

Les échantillons de chaque modèle sélectionnés pour les essais de type doivent être divisés en groupes, comme indiqué au Tableau 1.

Les condensateurs constituant l'échantillon doivent avoir subi avec succès les essais individuels indiqués en 5.4.1.

Chaque groupe d'essai doit contenir un nombre égal de condensateurs de la plus forte et de la plus faible capacité de la gamme.

Le fabricant doit fournir des renseignements (données) sur le quotient de la capacité par la surface totale extérieure de l'enveloppe pour toutes les capacités de la gamme.

Le condensateur ayant la capacité par unité de surface externe la plus grande doit aussi être essayé si ce quotient dépasse de 10 % ou plus le quotient du condensateur ayant la capacité maximale de la gamme.

De même, le condensateur ayant la capacité par unité de surface externe la plus faible doit aussi être essayé si le quotient est inférieur de 10 % ou plus à celui du condensateur de capacité minimale de la gamme.

La surface externe comprend toute la surface extérieure de l'enveloppe du condensateur à l'exception des petites protubérances, bornes et pattes de fixation.

5.3.2 Extension de la qualification

5.3.2.1 L'essai de type d'un seul modèle ne qualifie que le modèle essayé. Lorsque l'essai de type est exécuté sur deux modèles d'un même type, ayant des valeurs différentes de capacité assignée choisies selon les règles de 5.3.1, la qualification est valable pour tous les modèles de ce type ayant des capacités assignées comprises entre les deux valeurs essayées.

5.3.2.2 Les essais de qualification exécutés avec succès sur un modèle de condensateur ayant une certaine tolérance sur la capacité sont également valables pour les condensateurs du même modèle mais ayant une tolérance sur la capacité différente, jusqu'à deux fois les limites de tolérance déclarées. Par exemple, $\pm 5\%$ couvre jusqu'à $\pm 10\%$, et $\pm 10\%$ couvre

jusqu'à ± 20 %. Une tolérance plus faible que celle déclarée n'est pas autorisée. Par exemple, une acceptation de type pour ± 10 % ne couvre pas ± 5 %.

5.3.2.3 Occasionnellement, en pratique, on demande que les condensateurs aient une tolérance sur la capacité qui ne soit pas symétrique par rapport à la valeur assignée de cette capacité.

Lorsqu'un essai de type a été exécuté avec succès sur un modèle de condensateur ayant une tolérance symétrique sur la capacité, la qualification correspondante est également valable pour des condensateurs du même modèle mais n'ayant pas une tolérance symétrique sur la capacité, à condition que l'intervalle total de tolérance non symétrique soit

- a) dans l'intervalle total de capacité autorisé en 5.3.2.2,
et
- b) supérieur ou égal à celui du modèle de condensateur essayé. Par exemple, la qualification pour ± 5 autorise des valeurs telles que $\begin{smallmatrix} +10 \\ -5 \end{smallmatrix}$ %, $\begin{smallmatrix} +5 \\ -10 \end{smallmatrix}$ %, $\begin{smallmatrix} +8 \\ -2 \end{smallmatrix}$ %, $\begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix}$ %, mais pas $\begin{smallmatrix} +15 \\ -5 \end{smallmatrix}$ %.

Tableau 1 – Liste des essais de type

Groupe	Essais	Paragraphe	Nombre d'échantillons à examiner (note 1)	Nombre d'échecs autorisés pour le premier essai (note 2)	Nombre d'échecs autorisés pour l'essai de confirmation
1	Examen visuel Contrôle du marquage Vérification des dimensions Essais mécaniques (soudure exclue) Essais d'étanchéité (le cas d'échéant)	5.6 8 5.10 5.11 5.12	8 [4]	1 (note 3)	0
2	Essai d'endurance	5.13	42 [21]	2 (note 4)	0
3	Soudure (le cas échéant) Essai à la chaleur humide Essai diélectrique entre bornes Essai diélectrique entre bornes et enveloppe	5.11.2 5.14 5.7 5.8	12 [6]	1 (note 3)	0
4	Essai d'autorégénération (le cas échéant)	5.15	20 [10]	1 (note 3)	0
5	Essai de destruction (si mentionné sur le condensateur)	5.16	20 [10] 10 [5]	1 (note 5)	0
6	Résistance à la chaleur, au feu et aux courants de cheminement (non applicable aux condensateurs raccordés par des liaisons isolées)	5.17	3 (Seulement pour l'enveloppe des bornes) (voir note 6)	0	0

NOTE 1 Nombre d'échantillons précisé pouvant être réessayés si nécessaire. Le nombre entre crochets indique le véritable nombre spécifié pour l'essai. Tous les chiffres indiquent le nombre d'échantillons pour chaque valeur de capacité essayée. Si une gamme est essayée, le nombre indiqué dans ce tableau s'applique à la fois à la capacité la plus élevée, à la capacité la plus faible et à toute autre valeur de capacité intermédiaire nécessaire aux essais, dans la gamme selon 5.3.1.

NOTE 2 Un condensateur défectueux à plus d'un essai est compté comme un condensateur défectueux.

NOTE 3 Pour les groupes 1, 3 et 4, un essai de confirmation est autorisé s'il y a eu un échec. Aucun échec n'est autorisé pendant ces contre-essais.

NOTE 4 Pour le groupe 2, aucun essai de confirmation n'est nécessaire pour les cas 0 et 1 échec. Avec deux échecs, un contre-essai est nécessaire et aucun échec n'est autorisé pour celui-ci.

NOTE 5 Pour le groupe 5, voir 5.16 qui autorise un contre-essai avec des conditions particulières dans le cas d'un échec.

NOTE 6 Trois échantillons de l'enveloppe des bornes (parties de matériau isolant maintenant les bornes en position) sont nécessaires pour les essais décrits en 5.17.

Un échantillon est exigé pour l'essai à la bille (voir 5.17.1), un pour l'essai au fil incandescent (voir 5.17.2) et un pour l'essai de cheminement (voir 5.17.3).

Quand le nombre de défauts pour chaque groupe et le nombre total de condensateurs défectueux ne dépassent pas les chiffres indiqués au Tableau 1, le modèle de condensateur doit être jugé comme ayant satisfait à la présente norme.

Si un condensateur est conçu pour être utilisé sous deux, ou plus, conditions différentes (tensions assignées, classes, cycles de service assignés, etc.), les essais suivants doivent être effectués, une seule fois, à la tension d'essai maximale:

- a) essai diélectrique entre bornes (voir 5.7);
- b) essai diélectrique entre bornes et enveloppe (voir 5.8);

c) essai d'autorégénération (voir 5.15).

L'essai de fonctionnement de longue durée doit être exécuté pour chaque valeur de tension et pour chaque condition de fonctionnement marquées sur le condensateur. Le nombre d'échantillons à contrôler est déterminé en conséquence.

5.4 Essais individuels

5.4.1 Procédure d'essai

Les condensateurs doivent être soumis, dans l'ordre, aux essais suivants:

- a) essai d'étanchéité, le cas échéant (voir 5.12);
- b) essai diélectrique entre bornes (voir 5.7);
- c) essai diélectrique entre bornes et enveloppe (voir 5.8);
- d) examen visuel (voir 5.6);
- e) mesure de la capacité (voir 5.9);
- f) tangente de l'angle de perte (voir 5.5).

5.5 Tangente de l'angle de perte

La limite de la tangente de l'angle de perte et la fréquence pour la mesure doivent être définies par le fabricant.

5.6 Examen visuel

L'état, la fabrication, le marquage et la finition doivent être satisfaisants. Le marquage doit être lisible pour la durée de vie du condensateur.

5.7 Essai diélectrique entre bornes

Dans les essais de type, les condensateurs doivent être soumis à un essai en tension alternative comme indiqué dans les Tableaux 2a et 2b. L'essai doit être effectué à une tension pratiquement sinusoïdale à la fréquence assignée. L'essai peut être réalisé à 50 Hz ou 60 Hz.

Une fréquence plus élevée peut être utilisée à la discrétion du fabricant.

NOTE IMPORTANTE

Tous les pays européens et tous les pays non désignés spécifiquement ci-après demandent que les essais soient conduits en conformité avec le Tableau 2a.

Le Canada, le Japon et les Etats-Unis demandent que les essais soient conduits en conformité avec le Tableau 2b.

Tableau 2a – Tensions d'essai

Type de service	Type de condensateur	Rapport entre la tension d'essai et la tension nominale alternative	Durée de l'essai de type s
Continu	Condensateur non autorégénérateur	2,15	60
	Condensateur autorégénérateur	2,0	60

Pour les essais individuels, la durée indiquée dans le Tableau 2a peut être réduite de 60 s à 2 s.

Tableau 2b – Tensions d'essai

Type de service	Type de condensateur	Rapport entre la tension d'essai et la tension nominale alternative	Durée de l'essai de type s
Continu	Condensateur non autorégénérateur	2,15	10
	Condensateur autorégénérateur	1,75	10

Pour les essais individuels, la durée indiquée dans le Tableau 2b peut être réduite de 10 s à 1 s.

Aucun contournement ou claquage permanent ne doit se produire. En ce qui concerne les condensateurs à armature métallisée, l'autorégénération peut se produire.

Quand le condensateur est constitué de plus d'une section, chaque section doit être essayée indépendamment selon le tableau ci-dessus.

5.8 Essai diélectrique entre bornes et enveloppe

Les condensateurs doivent être en mesure de supporter sans claquer, pendant 60 s, un essai diélectrique entre les bornes (réunies entre elles) et l'enveloppe, sous tension alternative pratiquement sinusoïdale, de fréquence aussi rapprochée que possible de la fréquence assignée, et dont la valeur efficace doit être égale à:

deux fois la tension assignée +1 000 V, sans être inférieure à 2 000 V.

Si l'enveloppe du condensateur est constituée d'un matériau isolant, dans l'essai de type la tension d'essai doit être appliquée entre les bornes et les pièces métalliques éventuelles servant au montage, ou entre les bornes et une feuille métallique enveloppant étroitement la surface de l'enveloppe. Dans les essais individuels, la tension d'essai doit être appliquée entre les bornes et un élément métallique s'il y en a.

Aucun essai individuel n'est requis si l'enveloppe est entièrement constituée de matériau isolant.

Pendant l'essai, ni claquage de diélectrique ni contournement ne doivent se produire.

Pour les essais individuels, la durée peut être réduite de 60 s à 2 s pour les pays utilisant le Tableau 2a et à 1 s pour les pays utilisant le Tableau 2b.

5.9 Mesure de la capacité

La capacité doit être mesurée par une méthode éliminant les erreurs dues aux harmoniques.

La précision des mesures doit être meilleure que 5 % de la bande totale de tolérance. Pour les essais de type, la précision absolue doit être de 0,2 % maximum.

Les essais de type et individuels doivent être effectués entre 0,9 et 1,1 fois la tension assignée et à la fréquence assignée.

D'autres tensions et fréquences de mesure sont autorisées s'il peut être démontré que la capacité mesurée ne change pas de plus de 0,2 % de la valeur vraie.

5.10 Vérification des dimensions

Les dimensions de l'enveloppe, des bornes et des fixations doivent être conformes à celles qu'indique le dessin, compte tenu des tolérances.

Par ailleurs, les valeurs minimales des lignes de fuite et des distances dans l'air indiquées dans le Tableau 5 doivent être contrôlées.

5.11 Essais mécaniques

Ces essais doivent être exécutés conformément à l'essai approprié de la série CEI 60068.

Ces essais sont les suivants:

- robustesse des connexions: Essai U, CEI 60068-2-21;
- soudure: Essai T, CEI 60068-2-20;
- vibrations (sinusoïdales): Essai Fc, CEI 60068-2-6.

5.11.1 Robustesse des connexions

Le condensateur doit être soumis, le cas échéant, aux essais Ua, Ub, Uc et Ud de la CEI 60068-2-21.

5.11.1.1 Essai Ua – Résistance à la traction

Le poids à appliquer doit être de 20 N pour tous les types de connexions.

Pour les fils de connexions, la section droite doit être d'au moins 0,5 mm².

5.11.1.2 Essai Ub – Résistance à la flexion (sur la moitié des connexions)

Cet essai doit être effectué seulement sur les connexions filaires. On applique deux flexions successives.

5.11.1.3 Essai Uc – Résistance à la torsion (sur l'autre moitié des connexions)

Cet essai doit être effectué seulement sur les connexions filaires. On applique deux rotations successives de 180°.

5.11.1.4 Essai Ud – Essai de couple (bornes à vis)

Cet essai doit être effectué sur les bornes filetées.

Les vis ou les écrous doivent être serrés à la valeur de couple indiquée au Tableau 3, et desserrés à nouveau. Le couple est appliqué progressivement. La visserie doit avoir la résistance suffisante contre les ruptures sous contrainte.

Tableau 3 – Essai de couple

Diamètre du filetage mm	Couple N · m
2,6	0,4
3,0	0,5
3,5	0,8
4,0	1,2
5,0	1,8
5,5	2,2
6,0	2,5
8	5
10	7
12	12

5.11.1.5 Examen visuel

Après chacun de ces essais, les condensateurs doivent être visuellement examinés. Ils ne doivent présenter aucun dommage visible.

5.11.2 Soudure

Cet essai doit être effectué seulement sur les bornes prévues pour une connexion soudée.

Les condensateurs doivent alors être soumis à l'essai T de la CEI 60068-2-20 en utilisant soit la méthode du bain de soudure, soit celle de la goutte de soudure.

Lorsqu'on ne peut appliquer ni la méthode du bain d'alliage ni la méthode de la goutte de soudure, on doit effectuer l'essai du fer à souder, avec un fer à souder de dimension A.

Avant et après l'essai, la capacité du condensateur doit être mesurée, comme indiqué en 5.9. Aucune variation perceptible de capacité n'est admise.

Lorsque toutes les procédures de l'essai ont été effectuées, les condensateurs doivent être examinés visuellement. Ils ne doivent présenter aucun dommage visible.

5.11.3 Vibration

Les condensateurs doivent être soumis à l'essai Fc de la CEI 60068-2-6, en utilisant un système de montage semblable à celui que l'on prévoit d'utiliser dans la pratique. Le degré de sévérité de l'essai doit être comme suit:

- $f = 10 \text{ Hz}$ à 55 Hz ;
- $a = \pm 0,35 \text{ mm}$;
- durée de l'essai par axe = 10 cycles fréquentiels (3 axes à 90° les uns des autres), 1 octave par minute.

Avant et après l'essai, la capacité des condensateurs est mesurée comme indiqué en 5.9. Aucune variation perceptible de capacité n'est admise.

Après cet essai, le condensateur doit subir l'essai diélectrique entre bornes et enveloppe indiqué en 5.8. Ni contournement ni claquage du diélectrique ne doivent se produire.

Lorsque toutes les procédures de l'essai ont été effectuées, les condensateurs doivent être examinés visuellement. Ils ne doivent présenter aucun dommage visible.

5.11.4 Tige ou goujon de fixation (le cas échéant)

Les tiges filetées et les accessoires du corps du condensateur doivent avoir la résistance appropriée à la détérioration par vieillissement en service.

La durée de vie des goujons ou tiges de fixation doit être contrôlée sur quatre des échantillons essayés en 5.13 (essai d'endurance) par la méthode donnée ci-dessous.

Quatre des condensateurs doivent être montés sur une plaque de fixation dans la chambre d'essai d'endurance. L'épaisseur de la plaque de fixation doit être de $1,5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ et le diamètre du trou doit être celui du diamètre du goujon plus $0,5 \text{ mm}$ à $1,0 \text{ mm}$.

Avant de commencer l'essai d'endurance, les couples de valeurs mentionnées au Tableau 3 sont appliqués. En plus de l'essai d'endurance, un couple de la moitié de la valeur adéquate stipulée au Tableau 3 doit être appliqué.

Aucune défaillance n'est tolérée.

5.12 Essai d'étanchéité

Cet essai n'est pas exigé si le fabricant certifie que les condensateurs ne contiennent pas de substances liquides à $t_c + 10 \text{ °C}$.

Le condensateur doit être placé dans une position telle que les fuites éventuelles puissent être mises en évidence, à une température de $10 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$ supérieure à la température maximale admissible de fonctionnement du condensateur, pendant une durée suffisante pour que la température de chaque partie du condensateur atteigne cette valeur.

Le condensateur doit être maintenu à cette température pendant 1 h de plus avant d'être refroidi.

Aucune fuite ne doit se produire.

Si le condensateur est destiné à être livré avec un couvre-bornes, il convient que l'essai d'étanchéité soit effectué de préférence avant de mettre en place ce couvre-bornes. La fixation du couvre-bornes doit pouvoir être faite de façon à ne pas donner lieu à des fuites.

Après l'essai d'étanchéité, les condensateurs doivent être examinés afin de détecter les fuites de liquide et la déformation de l'enveloppe.

La surface peut être humide à cause du liquide, s'il n'y a pas formation de gouttelettes.

5.13 Essai d'endurance

Cet essai est destiné à montrer que la conception des condensateurs est appropriée à la classe de service spécifiée par le fabricant.

Pour les condensateurs équipés d'embases à tige filetée, voir aussi 5.11.

La méthode indiquée ci-après est prévue pour assurer que la température d'enveloppe du condensateur est aussi proche que possible de la température maximale de service permise pour le condensateur.

5.13.1 Essai dans l'air à circulation forcée

Les condensateurs doivent être montés dans une chambre d'essai où la température de l'air est constante avec une tolérance de $\pm 2 \text{ °C}$.

L'air dans la chambre d'essai doit être agité continuellement mais pas trop vigoureusement pour ne pas causer un refroidissement des condensateurs. Les condensateurs en essai ne doivent pas être soumis au rayonnement direct d'un élément quelconque de chauffage de la chambre.

L'élément sensible du thermostat régulant la température de l'air de la chambre doit être bien placé dans le courant d'air chauffé circulant dans l'enceinte.

NOTE Le chauffage de l'air peut être effectué dans une enceinte séparée, d'où l'air peut être admis dans la chambre d'essai des condensateurs par une vanne permettant une bonne répartition de l'air chauffé sur les condensateurs.

Les condensateurs sont montés dans la position la plus favorable pour les fuites de matière d'imprégnation ou de remplissage.

La séparation entre les condensateurs cylindriques ne doit pas être inférieure à leur diamètre et la séparation entre condensateurs parallélépipédiques ne doit pas être inférieure à deux fois le plus petit côté de la base.

L'élément sensible d'un enregistreur de température doit être fixé au milieu du côté vertical de l'enveloppe d'un condensateur ayant la plus faible valeur de tangente d'angle de perte.

Le thermostat doit être réglé à $(t_c - 15\text{ °C})$, puis les condensateurs sont mis sous tension, selon la tension et le cycle d'essai appropriés (voir aussi l'Annexe A). Pendant les premières 24 h, la différence entre t_c et l'indication de l'enregistreur de température doit être notée, et des réglages effectués pour que la température de l'enveloppe de chaque condensateur soit de $t_c \pm 2\text{ °C}$. L'essai est ensuite poursuivi jusqu'à la fin de la période concernée sans autre ajustement du thermostat, la période commençant à la première mise sous tension des condensateurs.

NOTE Il est recommandé de protéger individuellement chaque condensateur en essai par un disjoncteur ou un fusible.

5.13.2 Procédure de l'essai d'endurance

Les condensateurs doivent être essayés selon la classe mentionnée dans le Tableau 4.

Tableau 4 – Conditions de l'essai d'endurance

Durée de vie prévue	30 000 h (classe A)	10 000 h (classe B)	3 000 h (classe C)	1 000 h (classe D)
Conditions d'essai	6 000 h à 1,25 U_N continu ou 3 000 h à 1,35 U_N continu	2 000 h à 1,25 U_N continu ou 1 000 h à 1,35 U_N continu	600 h à 1,25 U_N continu	200 h à 1,25 U_N continu
Variations de capacité tolérées	3 %	3 %	3 %	3 %

Les classes de durées de vie supérieures à 30 000 h peuvent être déterminées par le calcul suivant:

durée d'essai = 10 % de la durée de vie à 1,35 U_N et 20 % de la durée de vie à 1,25 U_N .

La durée d'essai donnée au Tableau 4 se réfère aux périodes de mise sous tension réelles.

NOTE La relation entre la durée de vie prévue et la durée de l'essai d'endurance est basée sur l'expérience et des statistiques. Ce n'est pas une valeur absolue.

5.13.3 Conditions d'acceptation

Pendant l'essai, ni claquage permanent ni interruption ni contournement ne doivent se produire.

Le condensateur étant gardé 10 min à la limite supérieure de température, dans la plus défavorable des positions, il convient qu'aucune fuite donnant naissance à des gouttelettes ne se produise.

A la fin de l'essai, les condensateurs doivent refroidir librement à la température ambiante et la capacité doit alors être mesurée (voir 5.9).

Des mesures intermédiaires pendant l'essai sont autorisées.

5.14 Essai à la chaleur humide

Avant l'essai, la capacité doit être mesurée (voir 5.9).

Cet essai doit être effectué conformément à la CEI 60068-2-78.

On doit utiliser la sévérité précisée par le marquage. Aucune tension ne doit être appliquée aux condensateurs et aucune mesure ne doit être effectuée au cours de l'essai.

Après exposition à la chaleur humide, les condensateurs doivent être emmagasinés et laissés au repos dans les conditions atmosphériques normales pendant 1 h au moins et 2 h au plus. Immédiatement après ce temps de repos, la capacité doit être mesurée conformément à 5.9.

La variation de la valeur de la capacité doit être inférieure à 0,5 % après l'essai.

5.15 Essai d'autorégénération

Les condensateurs autorégénérateurs doivent avoir des propriétés d'autorégénération adéquates. Leur aptitude est vérifiée par l'essai suivant.

Cet essai doit seulement s'appliquer aux condensateurs ayant le marquage  ou SH.

Le condensateur doit être soumis à l'essai décrit en 5.7, pendant une durée d'essai indiquée dans le tableau approprié.

S'il se produit moins de cinq claquages autorégénérants (perforations) pendant cette période, la tension doit être augmentée à une vitesse ne dépassant pas 200 V/min jusqu'à ce que cinq claquages autorégénérants se soient produits depuis le début de l'essai ou que la tension ait atteint $3,5 U_N$ au maximum.

La tension doit ensuite être abaissée à 0,8 fois la tension à laquelle le cinquième claquage s'est produit ou 0,8 fois la tension maximale et cette tension doit être maintenue pendant 10 s. Un claquage supplémentaire peut être toléré pour chacun des condensateurs pendant ce temps.

On doit juger que les condensateurs ont réussi l'essai s'ils ont satisfait simultanément aux deux exigences suivantes:

- a) variation de capacité est $< 0,5 \%$;
- b) valeur de RC est ≥ 100 s.

Pendant l'essai, les claquages autorégénérants peuvent être décelés par un oscilloscope ou par des méthodes d'essai acoustiques ou à haute fréquence.

5.16 Essai de destruction

5.16.1 Généralités

Cet essai est facultatif.

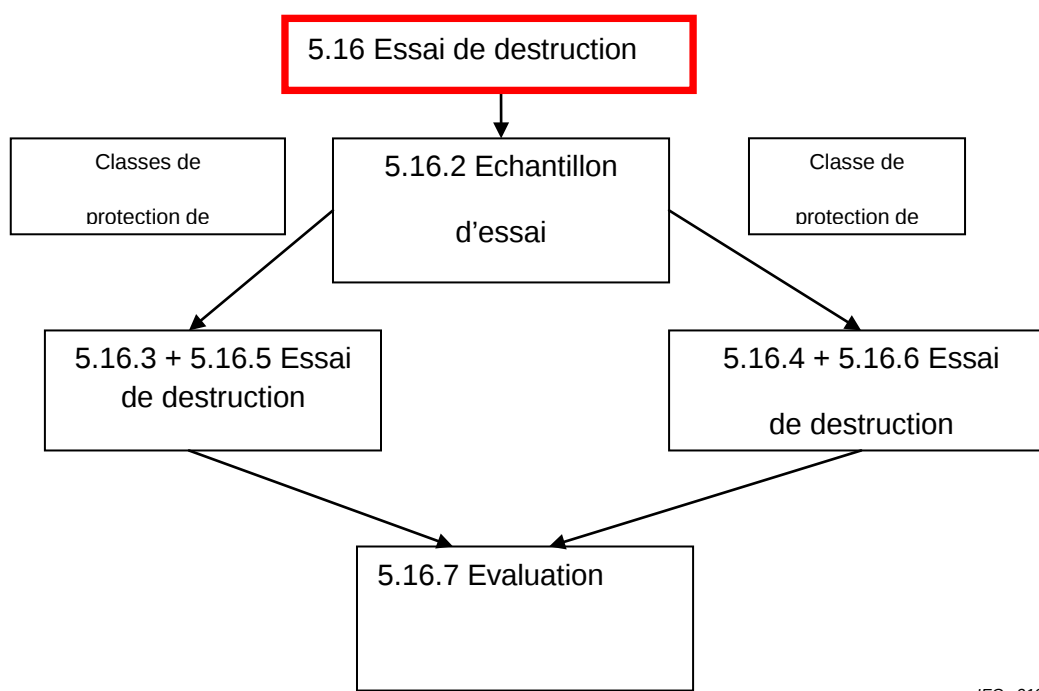
Se reporter à la définition révisée 3.22 pour l'essai approprié pour chaque classe relative à la protection de sécurité.

Il n'est pas nécessaire que les condensateurs marqués S0 soient soumis aux essais conformément à cet article.

Les condensateurs équipés d'un dispositif de déconnexion à surpression, désignés par S1 et S2, doivent être soumis à l'essai séquentiel en courant continu et en courant alternatif décrit en 5.16.3 et 5.16.5.

Les condensateurs à film segmenté tels que définis en 3.6 et désignés par la classe de protection de sécurité S3 doivent être soumis à l'essai simultané en courant continu et en courant alternatif décrit en 5.16.4 et 5.16.6.

Pour les condensateurs désignés par S1, S2 et S3, se reporter à la Figure 1.



IEC 2199/13

Figure 1 – Essai de destruction

5.16.2 Echantillons d'essai

Cet essai doit être effectué sur 10 échantillons, un ensemble semblable de 10 échantillons étant tenu en réserve pour un contre-essai éventuel. La moitié des échantillons d'essai (5) doit avoir réussi l'essai conformément à 5.4.1. Les cinq condensateurs restant doivent avoir réussi l'essai d'endurance décrit en 5.13 (groupe 2).

Pour les condensateurs à enveloppe métallique, l'enveloppe métallique doit être reliée à l'une des bornes de la source de tension.

Si une différence peut être faite entre les bornes du condensateur, le groupe doit être subdivisé en deux sous-groupes. Le premier sous-groupe doit avoir la borne A reliée à l'enveloppe, le second sous-groupe doit avoir la borne B reliée à l'enveloppe.

5.16.3 Dispositif d'essai pour essai séquentiel en courant continu et en courant alternatif (condensateurs de types S1 et S2)

5.16.3.1 Dispositif d'essai pour conditionnement en courant continu

Le dispositif pour réaliser le conditionnement en courant continu est représenté à la Figure 2. La source d'alimentation continue doit être capable de fournir une tension en circuit ouvert équivalente à $10 U_N$ et avoir un courant de court-circuit maintenu supérieur à 50 mA.

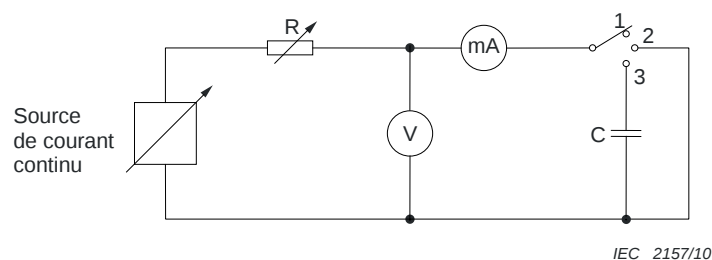


Figure 2 – Dispositif d'essai pour conditionnement en courant continu

La source d'alimentation continue est réglée pour fournir une tension en circuit ouvert équivalente à $10 U_N$, le commutateur étant en position 1.

Une résistance variable R est réglée pour fournir un courant de 50 mA, le commutateur étant en position 2.

La tension continue est appliquée au condensateur en essai, le commutateur étant en position 3.

5.16.3.2 Dispositif d'essai pour l'essai de destruction en courant alternatif

- Le courant instantané de court-circuit de la source d'alimentation alternative doit être au moins de 300 A.
- Un fusible à fusion lente de 25 A et une bobine d'inductance variable (L) doivent être insérés entre la source d'alimentation alternative et le condensateur (voir Figure 3).

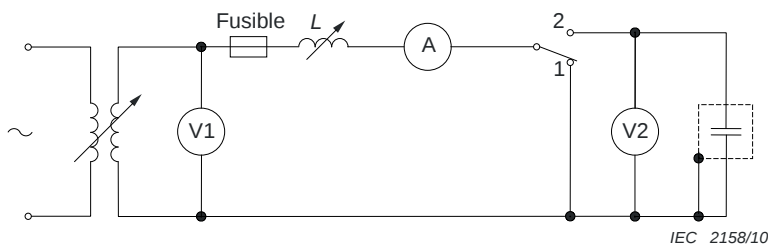


Figure 3 – Dispositif d'essai pour l'essai de destruction en courant alternatif

Le commutateur étant en position 1 et une tension de $1,3 U_N$ étant appliquée au voltmètre V1, la bobine d'inductance doit être réglée pour que circule un courant de 1,3 fois le courant assigné du condensateur (I_N).

Le commutateur étant en position 2, le condensateur est chargé.

NOTE La bobine d'inductance variable L de la Figure 3 peut être remplacée par le montage de la Figure 4 où T2 est un transformateur fixe et L_f une bobine d'inductance fixe. Un transformateur variable T1 est utilisé pour ajuster le courant inductif.

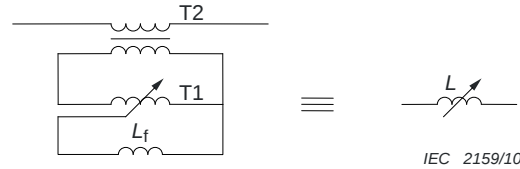
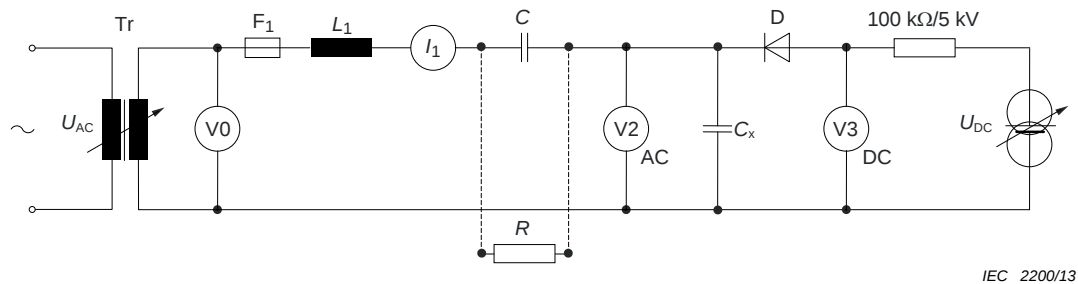


Figure 4 – Montage pour réaliser la bobine d'inductance variable L de la Figure 3

5.16.4 Dispositif d'essai pour essai simultané en courant continu et en courant alternatif (condensateur de type S3)

Le dispositif pour réaliser l'essai simultané en courant continu et en courant alternatif est représenté à la Figure 5. La source d'alimentation continue (U_{cc}) doit être capable de fournir une tension en circuit ouvert équivalente à $10 U_N$ et avoir un courant de court-circuit maintenu supérieur à 50 mA, mais limité à 50 mA au cours de l'essai.



- Tr Transformateur (source d'alimentation alternative) avec une capacité suffisante pour fournir un courant instantané de court-circuit d'au moins 300 A
- F_1 Fusible à fusion lente, dont le courant assigné est de 25 A
- L_1 Bobine d'inductance d'environ 10 mH pour le découplage du réseau (exempt de résonance dans tous les modes de commutation)
- C Condensateur pour découplage en courant continu: $C \geq 10 \times C_x$ (e.g. $C = 330 \mu F \rightarrow C_{xmax} = 33 \mu F$)/ $U_{cmax} = 5$ kV
- C_x Condensateur en essai
- D Diode à haute tension pour découplage en courant alternatif
- I_1 Courant alternatif: $1,3 \times I_R$ au début de l'essai, lorsque le condensateur est complètement opérationnel (I_R = Courant assigné du condensateur en essai)
- V2 Tension d'essai alternative: $1,3 \times U_R$ (U_R = Tension assignée du condensateur en essai)
- V3 Tension d'essai continue: Augmentation de la tension de 0 V à $10 \times U_R$ max. à une vitesse de 200 V/min (U_R = Tension assignée du condensateur en essai)
- R Résistance pour la décharge du condensateur à la fin de l'essai

Figure 5 – Dispositif d'essai pour essai simultané en courant continu et en courant alternatif

5.16.5 Procédure d'essai pour essai séquentiel en courant continu et en courant alternatif (condensateurs de types S1 et S2)

5.16.5.1 Généralités

L'essai doit être mené en quatre phases:

- 5.16.5.2 Préparation et préconditionnement,
- 5.16.5.3 Conditionnement en courant continu,

- 5.16.5.4 Essai de destruction en courant alternatif,
- 5.16.7 Evaluation des défaillances.

NOTE L'objectif du conditionnement en courant continu est de produire des conditions de claquage du diélectrique. Le but n'est pas d'utiliser le conditionnement en courant continu pour créer un condensateur en circuit ouvert.

5.16.5.2 Préparation et préconditionnement

Tous les échantillons d'essai doivent être préparés et préconditionnés comme suit:

Les condensateurs doivent être étroitement enveloppés de papier mousseline conforme à 6.86 de l'ISO 4046:2002 et montés dans une chambre d'essai à circulation d'air à $t_c + 10\text{ °C}$. Les variations de températures ne doivent pas dépasser $\pm 2\text{ °C}$. Pour préparer l'essai de destruction, les échantillons doivent subir la tension assignée (U_N) pendant 2 h à $t_c + 10\text{ °C}$.

Il n'est pas toléré de condensateur en circuit ouvert ou en court-circuit. Si ceci se produit, ce type de condensateur doit être déclaré comme défaillant.

5.16.5.3 Conditionnement en courant continu

On doit préchauffer à $t_c + 10\text{ °C}$ cinq condensateurs ayant réussi l'essai d'endurance (groupe 2) avant le conditionnement en courant continu. Les cinq condensateurs restants, qui ont réussi l'essai de 5.4.1, doivent être essayés à température ambiante.

La tension de la source continue (voir Figure 2) doit varier de 0 à $10 U_N$ maximum à une vitesse d'environ 200 V/min jusqu'à ce qu'un court-circuit se produise ou que la tension $10 U_N$ ait été atteinte.

Les condensateurs doivent être retirés du conditionnement en courant continu quand la tension indiquée par le voltmètre est nulle ou a atteint $10 U_N$ et a été maintenue pendant 5 min ou pendant toute autre période définie par le fabricant.

Un condensateur qui se retrouve en circuit ouvert après le conditionnement en courant continu doit être remplacé par un autre échantillon et ne doit pas être compté. L'essai de conditionnement en courant continu peut être répété sur de nouveaux échantillons, jusqu'à ce que l'ensemble des 10 échantillons tenus en réserve mentionnés en 5.16.1 aient été utilisés. Si le nombre exigé de condensateurs avec claquage de diélectrique ne peut pas être atteint, l'essai doit alors être considéré comme ayant échoué.

5.16.5.4 Essai de destruction en courant alternatif

Les condensateurs étant maintenus à la température du conditionnement en courant continu, on doit alors leur appliquer une tension alternative de $1,3 U_N$ (voir Figure 3). Si le condensateur devient actif ou se met en circuit ouvert, la tension doit être maintenue pendant 5 min. Si le condensateur reste toujours actif après 5 min, alors le conditionnement en courant continu doit être répété.

Si le condensateur se met en court-circuit, l'essai doit alors être poursuivi pendant 8 h.

5.16.6 Procédure d'essai pour essai simultané en courant continu et en courant alternatif (condensateur de type S3)

5.16.6.1 Préparation et préconditionnement

Comme en 5.16.5.2.

5.16.6.2 Essai simultané en courant continu et en courant alternatif

On doit préchauffer à $t_c + 10\text{ °C}$ cinq condensateurs ayant réussi l'essai d'endurance (groupe 2) avant les essais. Les cinq condensateurs restants, qui ont réussi l'essai de 5.4.1, doivent être soumis aux essais à température ambiante.

Appliquer une tension alternative constante de $1,3 U_N$ à U_{ac1} (V_2) et mesurer le courant initial (I_1).

La tension de la source continue U_{dc1} (V_3) doit varier de 0 à $10 U_N$ maximum à une vitesse d'environ 200 V/min jusqu'à ce que le condensateur devienne hors service ou que la tension $10 U_N$ ait été atteinte.

Le condensateur doit être considéré comme défaillant s'il ne devient pas hors service (capacité $< 1\% C_N$) en l'espace de 5 minutes à $10 U_N$.

Le courant continu doit être limité à 50 mA.

NOTE "Hors service" signifie que le courant est inférieur à 1% du courant initial mesuré aux mêmes tension et fréquence en courant alternatif que pour la mesure initiale.

5.16.7 Evaluation des défaillances

A l'issue de l'essai, le papier mousseline ne doit avoir brûlé sur aucun des échantillons; cependant, l'échantillon peut être décoloré par une fuite de liquide.

Chaque condensateur doit remplir les conditions suivantes:

- a) une fuite de liquide peut humidifier la surface extérieure du condensateur mais ne doit pas tomber en gouttes;
- b) les parties actives internes ne doivent pas être accessibles au doigt d'épreuve normalisé (voir Figure 1 de la CEI 60529:2001);
- c) la combustion ou le roussissement du papier mousseline ne doivent pas se manifester car cela indiquerait que des flammes ou des particules brûlantes ont été émises par les ouvertures;
- d) le condensateur doit supporter l'essai de 5.8, la tension ayant été réduite à 0,8 fois la valeur indiquée.

L'essai est achevé quand 10 condensateurs se retrouvent en court-circuit ou en circuit ouvert (pour les condensateurs de type S1), en circuit ouvert (pour les condensateurs de type S2) ou hors service avec une mesure de capacité $< 1\% C_N$ (pour les condensateurs de type S3).

Si l'un des échantillons d'essai ne satisfait pas aux critères selon les points a) ou d) ci-dessus, l'essai peut être répété une fois sur 10 autres exemplaires. Cependant, tous les condensateurs doivent réussir le contre-essai.

Si plus d'un condensateur ne satisfait pas aux critères selon les points a) ou d), l'essai doit alors être considéré comme ayant échoué. Tous les condensateurs doivent satisfaire aux exigences des points b) et c).

5.17 Résistance à la chaleur, au feu et aux courants de cheminement

Ces essais ne s'appliquent pas aux condensateurs raccordés par des liaisons isolées.

5.17.1 Essai à la bille

Les parties extérieures du matériau isolant maintenant les bornes en position doivent être suffisamment résistantes à la chaleur.

Pour les matériaux autres que la céramique, la vérification est faite en soumettant les parties à l'essai à la bille selon 27.3 de la CEI 60309-1, à 125 °C ou à $t_c + 40$ °C en prenant la plus élevée des deux valeurs.

5.17.2 Essai au fil incandescent

Pour les matériaux autres que la céramique, la vérification est également faite au moyen de l'essai ci-dessous.

Les parties extérieures du matériau isolant maintenant les bornes en position doivent être soumises à l'essai au fil incandescent selon la CEI 60695-2-10 et la CEI 60695-2-11, en tenant compte des points suivants:

- l'échantillon à l'essai comprend un jeu des constituants individuels formant l'ensemble des bornes;
- la température à l'extrémité du fil incandescent est de 550 °C pour $I_N \leq 0,5$ A et 850 °C pour $I_N > 0,5$ A;
- toute flamme ou incandescence de l'échantillon doit s'éteindre en moins de 30 s après le retrait du fil incandescent, et les éventuelles gouttes enflammées ne doivent pas enflammer un tissu de papier mousseline à cinq couches, défini dans l'ISO 4046, étendu horizontalement à une distance de 200 mm $\pm$ 5 mm sous l'endroit où le fil incandescent est appliqué contre l'échantillon.

5.17.3 Essai de cheminement

Les parties isolantes extérieures des condensateurs, qui maintiennent les parties actives en position ou qui sont en contact avec les bornes, doivent être constituées d'un matériau résistant au cheminement.

La vérification est faite en exécutant l'essai de cheminement spécifié dans la CEI 60112 à 250 V sur les parties appropriées, en utilisant la solution A.

6 Surcharges admissibles

6.1 Tension maximale admissible

Quel que soit leur genre de service, les condensateurs à armatures métalliques et les condensateurs métallisés doivent pouvoir fonctionner de façon prolongée dans des conditions anormales à une tension efficace entre bornes ne dépassant pas 1,10 fois la tension assignée, à l'exclusion des surtensions transitoires provoquées par la mise en circuit ou hors circuit des condensateurs (voir 9.2, 9.3 et 9.5) mais y compris l'effet des harmoniques et l'effet des variations de la tension d'alimentation.

Un fonctionnement au-dessus de la tension assignée réduira la durée de vie du condensateur.

6.2 Courant maximal admissible

Les condensateurs doivent pouvoir fonctionner à un courant dont la valeur efficace ne dépasse pas 1,30 fois le courant obtenu à la tension assignée sinusoïdale, et à la fréquence assignée, à l'exclusion des courants transitoires.

En tenant compte de la tolérance sur la capacité, le courant maximal admissible peut atteindre 1,30 fois la valeur du courant assigné, l'augmentation étant proportionnelle au rapport entre la capacité réelle et la capacité assignée.

6.3 Puissance réactive maximale admissible

La surcharge due au fonctionnement sous une tension et un courant dépassant les valeurs assignées (mais compris entre les limites spécifiées en 6.1 et 6.2) ne doit pas dépasser 1,35 fois la puissance assignée.

En tenant compte de la tolérance sur la capacité, la puissance maximale admissible peut atteindre 1,35 fois la valeur de la puissance assignée, l'augmentation étant proportionnelle au rapport entre la capacité réelle et la capacité assignée.

NOTE Il convient de remarquer que le fonctionnement des condensateurs avec surcharge, même inférieure à la limite indiquée ci-dessus, peut affecter défavorablement la durée de vie de ces condensateurs.

7 Règles de sécurité

7.1 Lignes de fuite et distances dans l'air

Les lignes de fuite sur les surfaces extérieures d'isolement des bornes et les distances dans l'air entre les parties externes des connexions aux bornes, ou entre certaines parties sous tension et l'enveloppe métallique du condensateur, s'il y a lieu, ne doivent pas être inférieures aux valeurs minimales indiquées dans le Tableau 5.

Ces distances minimales doivent être appliquées aux bornes, qu'elles soient avec ou sans connexions externes. Ces valeurs ne s'appliquent pas aux distances des lignes de fuite internes, ni aux distances dans l'air internes.

Les exigences concernant des applications spécifiques doivent être respectées.

La contribution aux lignes de fuite de tout sillon de largeur inférieure à 1 mm doit être limitée à sa largeur.

Les trous d'air inférieurs à 1 mm ne doivent pas être pris en compte dans le parcours total dans l'air.

Les lignes de fuite sont des distances dans l'air, mesurées à la surface du matériau isolant.

7.2 Bornes et conducteurs de raccordement

Les bornes et les conducteurs de raccordement non débranchables doivent avoir une section conductrice leur permettant de laisser passer avec sécurité le courant du condensateur et doivent posséder une robustesse mécanique suffisante. La section minimale des conducteurs doit être de 0,5 mm². Les câbles isolés doivent être adaptés aux caractéristiques assignées de tension et température du condensateur.

Le fabricant doit fournir la preuve que le conducteur fourni avec le condensateur supporte de manière adéquate le courant de surcharge, la température et la plage de tension assignés.

7.3 Mise à la terre

Si l'enveloppe métallique du condensateur est destinée à être reliée à la terre ou à un conducteur neutre, elle doit être munie de dispositifs qui permettent de réaliser une connexion sûre. Cela peut être obtenu si on fournit le condensateur dans une enveloppe métallique non peinte ou si on le munit d'une borne de terre, d'un conducteur de terre ou d'une patte métallique assurant une liaison électrique saine avec l'enveloppe.

Tous ces dispositifs de raccordement doivent être clairement repérés par le symbole  comme étant destinés à la mise à la terre.

Lorsque l'enveloppe métallique est munie d'un goujon fileté par lequel le condensateur est solidement fixé sans aucune interposition de matériau isolant à un bâti métallique sûrement relié à la terre, le goujon doit être considéré comme une connexion sûre à la terre.

Tableau 5 – Lignes de fuite et distances dans l'air minimales

Tension assignée	Jusqu'à 24 V inclus mm	Au-dessus de 24 V et jusqu'à 250 V inclus mm	Au-dessus de 250 V et jusqu'à 500 V inclus mm	Au-dessus de 500 V et jusqu'à 1 000 V inclus mm
Ligne de fuite				
1 Entre des parties sous tension de polarités différentes	2	3 (2)	5	6
2 Entre les parties sous tension et des parties métalliques accessibles fixées en permanence au condensateur, vis ou dispositifs servant à la fixation du condensateur à son support inclus	2	4 (2) 3 ^a	6 3 ^a	7
Distances dans l'air				
3 Entre des parties sous tension de polarités différentes	2	3 (2)	5	6
4 Entre les parties sous tension et des parties métalliques accessibles fixées en permanence au condensateur, vis ou dispositifs servant à la fixation du condensateur à son support inclus	2	4 (2) 3 ^a	6 3 ^a	7
5 Entre les parties sous tension et la surface plate d'un support, ou d'un couvercle métallique desserré, s'il y a lieu, si la construction n'assure pas que les valeurs du point 4 ci-dessus sont tenues dans les conditions les plus défavorables (seulement pour information)	2	6	10	12
NOTE Les valeurs entre parenthèses concernent les lignes de fuite et les distances protégées de la poussière. Pour les enveloppes remplies de compound ou non scellées en permanence, les lignes de fuite et les distances ne sont pas vérifiées. Le point 5 a été inclus à titre informatif seulement, pour indiquer les exigences relatives au condensateur pour l'application.				
^a Pour le verre ou autre isolant ayant une tenue au cheminement équivalente.				

7.4 Dispositifs de décharge

Dans bien des cas, des dispositifs de décharge ne sont pas demandés notamment lorsque le condensateur est relié en permanence à l'enroulement du moteur ou lorsqu'il est placé dans une position inaccessible.

Lorsque le dispositif de décharge est spécifié, il faut qu'il assure la réduction de la tension aux bornes du condensateur de la valeur de crête de la tension assignée à 50 V ou moins en 1 min à partir du moment où le condensateur est déconnecté.

NOTE Quelquefois un dispositif de décharge peut être spécifié, non pour des raisons de sécurité, mais pour éviter des contraintes électriques au condensateur. Celles-ci peuvent se produire lorsqu'un condensateur déconnecté et encore chargé est connecté de nouveau à un autre condensateur de polarité différente.

8 Marquage

Les renseignements suivants doivent être marqués sur le condensateur:

- a) nom du fabricant, abréviation ou marque de fabrique;

- b) désignation de type du fabricant;
- c) capacité assignée (C_N) en microfarads, et tolérance en pourcentage;
- d) tension assignée (U_N) en volts;
- e) disponible;
- f) fréquence assignée f_N , en hertz, si différente de 50 Hz;
- g) catégorie climatique, par exemple 25/85/21 (voir 4.1);
- h) date de fabrication (un code peut être utilisé);
- i)  ou SH pour les condensateurs autorégénérateurs;
- j) dispositif de décharge, s'il y a lieu, indiqué en toutes lettres ou par le symbole .
- k) classe de sécurité, par exemple S0, S1, S2, S3;
- l) marquage d'acceptation;
- m) matériau de remplissage. Référence du liquide utilisé (pas nécessaire pour les condensateurs secs);
- n) classe d'utilisation ou durée de vie. A noter près de la tension;
- o) numéro de la norme.

Si le condensateur est petit et ne comporte pas assez de place pour le marquage, les points a), b), c), d), g), h), i), k), l), n) doivent être marqués et les autres peuvent être omis. De plus, le point c) peut être marqué par le code normalisé d'après la CEI 60062 mais, s'il y a suffisamment de place, la capacité assignée et la tolérance sur la capacité doivent être indiquées en clair.

Les informations qui ne sont pas marquées sur le condensateur doivent l'être sur l'emballage ou sur la notice d'accompagnement.

9 Lignes directrices pour l'installation et l'utilisation

9.1 Généralités

Contrairement à la plupart des appareils électriques, les condensateurs de moteurs ne sont pas reliés aux réseaux en tant qu'appareils indépendants. Dans chaque cas, le condensateur est relié en série à un enroulement inductif du moteur et peut être aussi en contact physique avec le moteur ou avec d'autres appareils. Les caractéristiques du moteur et des autres appareils influent au plus haut point sur les conditions de fonctionnement des condensateurs.

Les facteurs les plus importants agissant sur les condensateurs de moteurs sont les suivants:

- si un condensateur de moteur est monté en série avec l'enroulement d'un moteur monophasé à induction, la tension aux bornes du condensateur à la vitesse de fonctionnement est généralement de beaucoup supérieure à la tension du réseau;
- lorsqu'il est en contact physique avec le moteur, le condensateur est soumis non seulement aux vibrations du moteur, mais aussi aux effets de la chaleur provenant des enroulements sous tension et des pertes dans le fer. D'autres sources de chaleur, telles que le chauffage d'une machine à laver électrique, peuvent également augmenter la température du condensateur.

La plupart des moteurs munis de condensateurs, et par conséquent les condensateurs eux-mêmes, sont mis en et hors circuit très fréquemment. Des essais de mise sous tension ont montré que des régimes transitoires élevés se produisent souvent aux bornes des condensateurs, qu'ils soient permanents ou de démarrage. Pour supporter ces transitoires, il convient de vérifier avec soin que les caractéristiques assignées déclarées par le fabricant ne sont pas dépassées.

9.2 Choix de la tension assignée

9.2.1 Mesures de la tension de fonctionnement

Pour la tension maximale du réseau, l'inductance du moteur et la capacité (en prenant en compte les tolérances et les charges du moteur dans les conditions les plus défavorables), la tension traversant le condensateur ne doit pas dépasser de 10 % la tension assignée du condensateur.

9.2.2 Influence de la capacité

En plus de la tension du réseau et du couplage inductif entre l'enroulement principal et l'enroulement auxiliaire du moteur avec le condensateur, la tension aux bornes du condensateur dépend de la capacité elle-même, notamment lorsque le condensateur et l'enroulement auxiliaire fonctionnent au voisinage du point de résonance. Il convient que ce fait soit pris en considération au moment du choix de la tension assignée du condensateur, et il convient également d'en tenir compte en ce qui concerne le courant maximal admissible pour le moteur.

En choisissant la tension assignée du condensateur, il convient de prendre en considération les mesures de tension indiquées en 9.2.1, l'éventuelle variation de la tension du réseau et l'effet de la tolérance sur la capacité.

9.3 Vérification de la température du condensateur

9.3.1 Choix de la température maximale admissible de fonctionnement pour le condensateur

Etant donné que de nombreuses conditions qui influent sur la température du condensateur (radiation et conduction de la chaleur du moteur, température ambiante élevée, mauvaises conditions de refroidissement, etc.) ne peuvent être facilement calculées à l'avance, il convient que l'utilisateur contrôle la température du condensateur avec l'appareil auquel le condensateur est incorporé. Pendant cet essai, il convient que les conditions de fonctionnement les plus défavorables admissibles pour cet appareil soient réalisées.

Il est recommandé que la température du condensateur soit mesurée dans ces conditions. Il convient que la valeur assignée de la température maximale admissible de fonctionnement pour le condensateur ne soit pas inférieure à la température ainsi mesurée.

Cet essai doit être renouvelé avant de changer de type de condensateur.

9.3.2 Choix de la température minimale admissible de fonctionnement pour le condensateur

La valeur assignée de la température minimale admissible de fonctionnement pour le condensateur ne doit pas être supérieure à la plus faible température ambiante à laquelle le condensateur peut avoir à fonctionner.

9.4 Vérification des transitoires

Dans certaines conditions de mise en ou hors circuit des moteurs, ou de couplage des condensateurs de démarrage avec les condensateurs permanents, de forts courants de choc ou des surtensions transitoires peuvent se produire. Pour éviter des défaillances prématurées des condensateurs, l'utilisateur doit établir par des essais appropriés que les valeurs maximales des tensions transitoires et de dv/dt déclarées par le fabricant ne sont pas dépassées. Dans certaines circonstances, on peut envisager des résistances de décharge ou des résistances série dans le circuit du moteur afin de limiter les surtensions et les surintensités.

Dans certaines circonstances, il peut être nécessaire d'ajouter des résistances pour ramener le courant de crête dans les caractéristiques assignées prévues pour le condensateur.

9.5 Courant de fuite

Le courant de fuite capacitif n'est pas normalement significatif dans les applications aux moteurs. Cependant, quand la réalisation nécessite un faible courant de fuite à la terre, il convient que l'utilisateur le demande spécialement.

Annexe A (normative)

Tension d'essai

Les essais de tension sont effectués avec une source de courant alternatif comme cela est spécifié dans l'article concerné. La source doit être telle qu'elle maintienne, pendant n'importe quelle durée d'essai préconisée, la tension d'essai exigée avec une tolérance de $\pm 2,5$ % ramenée à ± 2 % pour l'essai d'endurance.

Les essais en tension alternative sont effectués en utilisant une fréquence de 50 Hz ou de 60 Hz, selon le cas, dont la forme d'onde de tension doit être suffisamment exempte d'harmoniques pour assurer que le courant qui en résulte, une fois appliqué au condensateur, ne dépasse pas de plus de 10 % la valeur correspondante à une forme d'onde de tension sinusoïdale.

Bibliographie

Des informations utiles complémentaires peuvent être trouvées dans les publications suivantes:

CEI 60110-1:1998, *Condensateurs de puissance pour les installations de génération de chaleur par induction – Partie 1: Généralités*

CEI 60143-1:2004, *Condensateurs série destinés à être installés sur des réseaux – Partie 1: Généralités*

CEI 60252-2¹, *Condensateurs des moteurs à courant alternatif – Partie 2: Condensateurs de démarrage*

CEI 60358:1990, *Condensateurs de couplage et diviseurs capacitifs*

CEI 60831-1:2002, *Condensateurs shunt de puissance autorégénérateurs pour réseaux à courant alternatif de tension assignée inférieure ou égale à 1 000 V – Partie 1: Généralités – Caractéristiques fonctionnelles, essais et valeurs assignées – Règles de sécurité – Guide d'installation et d'exploitation*

CEI 60871-1:2005, *Condensateurs shunt pour réseaux à courant alternatif de tension assignée supérieure à 1 000 V – Partie 1: Généralités*

CEI 60931-1:1996, *Condensateurs shunt de puissance non autorégénérateurs pour réseaux à courant alternatif de tension assignée inférieure ou égale à 1 000 V – Partie 1: Généralités – Caractéristiques fonctionnelles, essais et valeurs assignées – Règles de sécurité . Guided'installation et d'exploitation*

CEI 61048:2006, *Appareils auxiliaires pour lampes – Condensateurs destinés à être utilisés dans les circuits de lampes tubulaires à fluorescence et autres lampes à décharge – Prescriptions générales et de sécurité*

CEI 61071-1:2007, *Condensateurs pour électronique de puissance*

¹ A publier.

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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