

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE



**AC motor capacitors –
Part 2: Motor start capacitors**

**Condensateurs des moteurs à courant alternatif –
Partie 2: Condensateurs de démarrage de moteurs**



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 Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

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

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

Liens utiles:

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

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

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

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE



**AC motor capacitors –
Part 2: Motor start capacitors**

**Condensateurs des moteurs à courant alternatif –
Partie 2: Condensateurs de démarrage de moteurs**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.060.30; 31.060.70

ISBN 978-2-8322-1075-8

**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.**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60252-2:2010+AMD1:2013 CSV

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE



**AC motor capacitors –
Part 2: Motor start capacitors**

**Condensateurs des moteurs à courant alternatif –
Partie 2: Condensateurs de démarrage de moteurs**

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope	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 Self-healing motor start capacitors	11
5.1 Quality requirements and tests	11
5.1.1 Test requirements	11
5.1.2 Nature of tests	11
5.1.3 Type tests	12
5.1.4 Routine tests	14
5.1.5 Tangent of the loss-angle measurement	14
5.1.6 Visual examination	14
5.1.7 Voltage test between the terminals	14
5.1.8 Voltage test between terminals and case	14
5.1.9 Capacitance measurement	15
5.1.10 Check of dimensions	15
5.1.11 Mechanical tests	15
5.1.12 Sealing test	17
5.1.13 Endurance test	17
5.1.14 Damp heat test	19
5.1.15 Self-healing test	19
5.1.16 Destruction test	20
5.1.17 Resistance to heat, fire and tracking	25
5.2 Overloads	26
5.2.1 Maximum permissible voltage	26
5.2.2 Maximum permissible current	26
5.2.3 Maximum permissible reactive output	26
5.3 Safety requirements	26
5.3.1 Creepage distances and clearances	26
5.3.2 Terminals and connecting cables	27
5.3.3 Earth connections	27
5.3.4 Discharge devices	27
5.3.5 Pollution	28
5.4 Marking	28
6 Electrolytic motor start capacitors	28
6.1 Quality requirements and tests	28
6.1.1 Test requirements	28
6.1.2 Nature of tests	29
6.1.3 Type tests	29
6.1.4 Routine tests	32
6.1.5 Visual examination	32
6.1.6 Voltage test between the terminals	32
6.1.7 Voltage test between terminals and case	32

6.1.8	Capacitance and power factor measurement.....	32
6.1.9	Check of dimensions.....	34
6.1.10	Mechanical tests.....	34
6.1.11	Sealing test.....	36
6.1.12	Endurance test.....	36
6.1.13	Damp heat test.....	38
6.1.14	Pressure relief test.....	38
6.1.15	Resistance to heat, fire and tracking.....	39
6.2	Overloads.....	39
6.2.1	Maximum permissible voltage.....	39
6.2.2	Maximum permissible current.....	39
6.2.3	Maximum permissible reactive output.....	40
6.3	Safety requirements.....	40
6.3.1	Creepage distances and clearances.....	40
6.3.2	Terminals and connecting cables.....	40
6.3.3	Earth connections.....	40
6.3.4	Discharge devices.....	41
6.3.5	Pollution.....	41
6.4	Marking.....	41
7	Guidance for installation and operation.....	42
7.1	General.....	42
7.2	Choice of rated voltage.....	42
7.2.1	Measurement of working voltage.....	42
7.2.2	Influence of capacitance.....	43
7.3	Checking capacitor temperature.....	43
7.3.1	Choice of maximum permissible capacitor operating temperature.....	43
7.3.2	Choice of minimum permissible capacitor operating temperature.....	43
7.4	Checking transients.....	43
7.5	Storage of electrolytic capacitors.....	44
Annex A (normative)	Test voltage.....	45
Figure 1	– Destruction test.....	20
Figure 42	– Test apparatus for d.c. conditioning.....	21
Figure 23	– Test apparatus for a.c. destruction test.....	22
Figure 34	– Arrangement to produce the variable inductor $\pm L$ in Figure 23.....	22
Figure 5	– Test apparatus for simultaneous DC and AC.....	23
Figure 46	– Test circuit for measurement of capacitance and power factor.....	33
Table 1	– Type test schedule.....	13
Table 2	– Test voltages.....	14
Table 3	– Torque.....	16
Table 4	– Minimum creepage distances and clearances.....	27
Table 5	– Type test schedule.....	31
Table 6	– Test voltages.....	32
Table 7	– Torque.....	35
Table 8	– Minimum creepage distances and clearances.....	41

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

AC MOTOR CAPACITORS –**Part 2: Motor start capacitors****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 60252-2 bears the edition number 2.1. It consists of the second edition (2010) [documents 33/476/FDIS and 33/480/RVD] and its amendment 1 (2013) [documents 33/533/FDIS and 33/539/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 60252-2 has been prepared by IEC technical committee 33: Power capacitors and their applications.

The main changes with respect to the previous edition are listed below:

- definition of segmented film capacitors;
- clearer definition of the purpose of d.c. conditioning in destruction test.

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

A list of all parts of IEC 60252 series, published 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 2: Motor start capacitors

1 Scope

This part of IEC 60252 applies to motor start capacitors intended for connection to windings of asynchronous motors supplied from a single-phase system having the frequency of the mains.

This standard covers impregnated or unimpregnated metallized motor start capacitors having a dielectric of paper or plastic film, or a combination of both and electrolytic motor start capacitors with non-solid electrolyte, with rated voltages up to and including 660 V.

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 60068-2 (all parts), *Environmental testing – Part 2: Tests*

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

IEC 60068-2-14, *Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature*

IEC 60068-2-20, *Environmental testing – Part 2-20: Tests – Test T: Soldering*

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

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

IEC 60112, *Method for determining the comparative and the proof tracking indices of solid insulating materials under moist conditions*

IEC 60309-1:1999, *Plugs, socket-outlets and couplers for industrial purposes – Part 1: General requirements*

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

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

IEC 60695-2-11:2000, *Fire hazard testing – Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire flammability test method for end-products*

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

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

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

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

3.4

metallized capacitor

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

3.5

self-healing capacitor

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

3.6

segmented film capacitor

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

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

intermittent operation

operation in which periods with the capacitor energized are followed by intervals during which the capacitor is unenergized

3.10

starting operation

special type of intermittent operation in which the capacitor is energized for only a very short period while the motor is accelerating to rated speed

3.11

rated duty cycle

rated value indicating the rate of intermittent or starting duty for which a capacitor is suitable

NOTE It is specified by the duty cycle duration, in minutes, and the percentage of the time during which the capacitor is energized.

3.12

duty cycle duration

total time of one energized and one unenergized interval during the intermittent operation

3.13

relative operation time

percentage of the cycle duration in which the capacitor is energized

3.14

capacitor for continuous and starting operation

capacitor designed to operate at one voltage when in continuous operation and at a different (usually higher) voltage when in starting operation

3.15

minimum permissible capacitor operating temperature

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

3.16

maximum permissible capacitor operating temperature

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

3.17

rated voltage of a capacitor

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

3.18

maximum voltage

maximum r.m.s. voltage permissible at the starting capacitor terminals between the point of starting and the instant at which the capacitor is disconnected

3.19

rated frequency of a capacitor

f_N
highest frequency for which the capacitor has been designed

3.20

rated capacitance of a capacitor

C_N
capacitance value for which the capacitor has been designed

3.21

rated current of a capacitor

I_N
r.m.s. value of the alternating current at the rated voltage and frequency

3.22**rated output of a capacitor** Q_N

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

3.23**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.

3.24**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

3.25**power factor**

ratio between the active power and the apparent power of a capacitor

3.26**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

3.27**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

NOTE 1 Capacitors of the same type can differ only in rated capacitance and size; minor differences between terminations and mounting devices are permitted.

NOTE 2 The same construction includes, for example, the same dielectric material, dielectric thickness and type of case (metal or plastic).

3.28**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

3.29**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 5.1.16~~

~~(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 5.1.16~~

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

~~This subclause does not apply to electrolytic capacitors.~~

Note 1 to entry: This definition does not apply to electrolytic capacitors.

3.29.1

(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.

3.29.2

(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 5.1.16.3 and 5.1.16.5.

Note 2 to entry: Formerly referred to as P1.

3.29.3

(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 5.1.16.3 and 5.1.16.5.

Note 2 to entry: Formerly referred to as P2.

3.29.4

(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 5.1.16.4 and 5.1.16.6.

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 notes to 5.3.4 and 6.3.4);
- 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 3.15 and 3.16).

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 Self-healing motor start capacitors

5.1 Quality requirements and tests

5.1.1 Test requirements

5.1.1.1 General

This clause gives the test requirements for self-healing motor start capacitors.

5.1.1.2 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.

5.1.2 Nature of tests

The tests specified are of two sorts:

- a) type tests;
- b) routine tests

5.1.2.1 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.

5.1.2.2 Routine tests

Routine tests shall be carried out by the manufacturer on every capacitor before delivery.

5.1.3 Type tests

5.1.3.1 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 5.1.4.

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.

5.1.3.2 Extent of qualification

5.1.3.2.1 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 but of different rated capacitance value, selected under the rules of 5.1.3.1, the qualification is valid for all models of the same type having rated capacitance between the two tested values.

5.1.3.2.2 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 $\pm 5\%$.

5.1.3.2.3 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 5.1.3.2.2,
- 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 a	Number of failures allowed in first test b	Number of failures allowed in retest
1	Visual examination Check markings Check of dimensions Mechanical tests (excluding soldering) Sealing tests (if applicable)	5.1.6 5.4 5.1.10 5.1.11 5.1.12	8 [4]	1 ^c	0
2	Endurance test	5.1.13	42 [21]	2 ^d	0
3	Soldering (if applicable) Damp heat test Voltage test between terminals Voltage test between terminals and case	5.1.11.2 5.1.14 5.1.7 5.1.8	12 [6]	1 ^c	0
4	Self-healing test (if applicable)	5.1.15	20 [10]	1 ^c	0
5	Destruction test (if marked on the capacitor)	5.1.16	20 [10] 10 [5]	1 ^e	0
6	Resistance to heat, fire and tracking (not applicable to capacitors with lead terminations)	5.1.17	3 (terminal housing only) ^f	0	0
^a 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 the table will apply to both the highest capacitance, lowest capacitance and any other intermediate value required to be tested in the range according to 5.1.3.1. ^b A capacitor which fails on more than one test is counted as one defective capacitor. ^c For groups 1, 3 and 4 a retest is allowed with 1 failure. No failures are allowed in these retests. ^d For group 2, no retest is required with 1 failure. With two failures a retest is required, with no more failures allowed. ^e For group 5, see 5.1.16 which allows a retest under special conditions in the event of one failure. ^f Three samples of terminal housing (parts of insulating material retaining terminals in position) are needed for the tests described in 5.1.17. One sample is required for the ball-pressure test (5.1.17.1), one for the glow-wire test (5.1.17.2) and one for the tracking test (5.1.17.3).					

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:

- i) voltage test between terminals (see 5.1.7);
- ii) voltage test between terminals and case (see 5.1.8);
- iii) self-healing test (see 5.1.15).

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.

5.1.4 Routine tests

5.1.4.1 Test procedure

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

- a) sealing test, if applicable (see 5.1.12);
- b) voltage test between terminals (see 5.1.7);
- c) voltage test between terminals and case (see 5.1.8);
- d) visual examination (see 5.1.6);
- e) capacitance measurement (see 5.1.9);
- f) tangent of loss angle (see 5.1.5).

5.1.5 Tangent of the loss-angle measurement

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

5.1.6 Visual examination

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

There shall be no seepage of any filling material or other visible damage.

5.1.7 Voltage test between the terminals

In type tests, capacitors shall be subjected to an a.c. voltage test as specified in Table 2. 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.

Table 2 – Test voltages

Type of capacitor	Ratio of test voltage to rated a.c. voltage	Type test time s	Routine test time s
Self-healing capacitor	1,2	10	2

5.1.8 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 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.

5.1.9 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 %.

5.1.10 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 4 shall be checked.

5.1.11 Mechanical tests

These tests shall be carried out in conformity with the relevant test in IEC 60068-2.

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.

5.1.11.1 Robustness of terminations

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

5.1.11.1.1 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.

5.1.11.1.2 Test Ub – Bending (half of the terminations)

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

5.1.11.1.3 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.

5.1.11.1.4 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		Torque N · m
mm	inches	
2,6	–	0,4
3,0	1/8	0,5
3,5	9/64	0,8
4,0	5/32	1,2
5,0	3/16	1,8
5,5	7/32	2,2
6,0	1/4	2,5
8	5/16	5
10	3/8	7
12	1/2	12

5.1.11.1.5 Visual examination

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

5.1.11.2 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 5.1.9. 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.

5.1.11.3 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 5.1.9. No perceivable capacitance change is permitted, within the limits of the measurement's precision.

After the test, the capacitor shall be subjected to the voltage test between terminals and case according to 5.1.8. 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.

No seepage of any filling material or other visible damage is permitted. No dielectric breakdown or interruption of the circuit of the capacitor shall occur.

5.1.11.4 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 5.1.13 (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 of $+0,5 \text{ mm}$ 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 50 % of the value specified in Table 3 shall be applied.

No failures are permitted.

5.1.12 Sealing test

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

The capacitor shall be mounted in a position most likely to reveal leakage at a temperature $10 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ 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.

For routine tests, other equivalent methods are permitted after agreement between the manufacturer and the user.

5.1.13 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 5.1.11.

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.

5.1.13.1 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.

The capacitors shall be energized at the stated voltage and duty cycle.

5.1.13.2 Test conditions

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

Each capacitor shall be connected to the power supply source through a series resistor of resistance value approximately equal to 10 % of the rated impedance of the capacitor under test.

A discharge resistor (if not already incorporated in the capacitor) shall be connected in parallel with each capacitor. This resistor shall be such a value that it will discharge the capacitor to less than 5 % of the nominal a.c. working voltage before each energised (ON) period.

The test shall be performed at the following conditions:

Test voltage:	1,1 U_N
Test frequency:	50 Hz or 60 Hz
Duty cycle:	according to the duty cycle marked on the capacitor
Test duration:	500 h

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

After recovery, the capacitors shall be visually inspected and measured.

There shall be no seepage of any filling material or other visible damage. Marking shall be legible.

The maximum permitted capacitance change from the initial measurements shall be ± 10 %.

For tests carried out at 50 Hz, 60 Hz rating will be qualified if the specified relative operation time is reduced by 20 %.

Capacitors are also qualified for a shorter ON period for the same tested duty-cycle duration. For example, an approval obtained with a duty-cycle duration of 60 s and ON period of 1 s (1,7 % relative operation time) will also qualify a duty-cycle duration of 60 s with an ON time of 0,33 s (0,55 % relative operation time).

Capacitors are also qualified for a longer duty-cycle duration but retaining the same relative operation time up to a maximum permitted ON period of 10 s. For example, an approval obtained with a duty-cycle duration of 60 s and ON time of 1 s (1,7 % relative operation time) will also qualify capacitors with a duty-cycle duration of 3 min and ON time of 3 s (same relative operation time of 1,7 %).

5.1.14 Damp heat test

Capacitance shall be measured before the test (see 5.1.9).

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 5.1.9.

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

5.1.15 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 5.1.7 for the test time indicated in the appropriate table.

If fewer than 5 self-healing breakdowns (clearings) occur during this time, the voltage shall be increased at a rate of not more than 200 V/min until 5 clearings have occurred since the beginning of the test or until the voltage has reached a maximum of $2,0 U_N$.

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 $< 0,5$ %;
- 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.

5.1.16 Destruction test

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

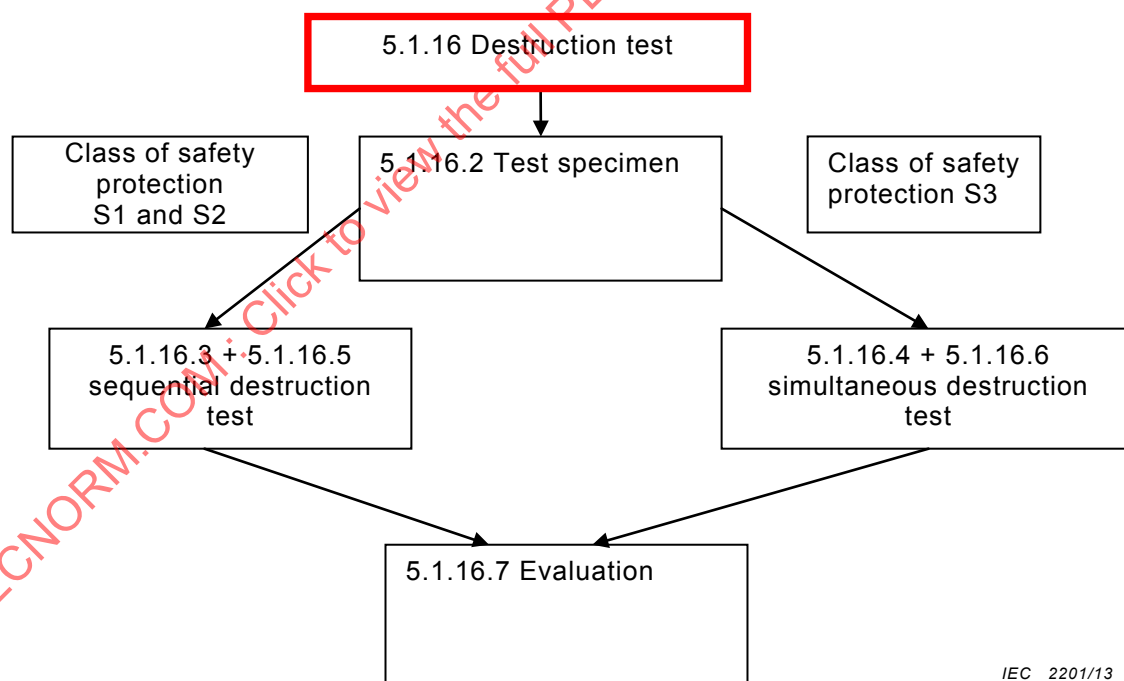
Refer to revised definition 3.29 for the appropriate test for each class of safety protection.

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 5.1.16.3 and 5.1.16.5.

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 5.1.16.4 and 5.1.16.6.

For capacitors designated S1, S2 and S3 refer to the chart shown in Figure 1:



IEC 2201/13

Figure 1 – Destruction test

5.1.16.2 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 5.1.4.1. The remaining five capacitors shall have passed the endurance test described in 5.1.13 (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.

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

5.1.16.2.15.1.16.3.1 Test apparatus for d.c. conditioning

Apparatus for carrying out the d.c. conditioning is shown in Figure 42. The d.c. source shall be capable of delivering an open-circuit voltage equivalent to $10 \sqrt{U_N}$ and have a sustained short circuit capability greater than 50 mA.

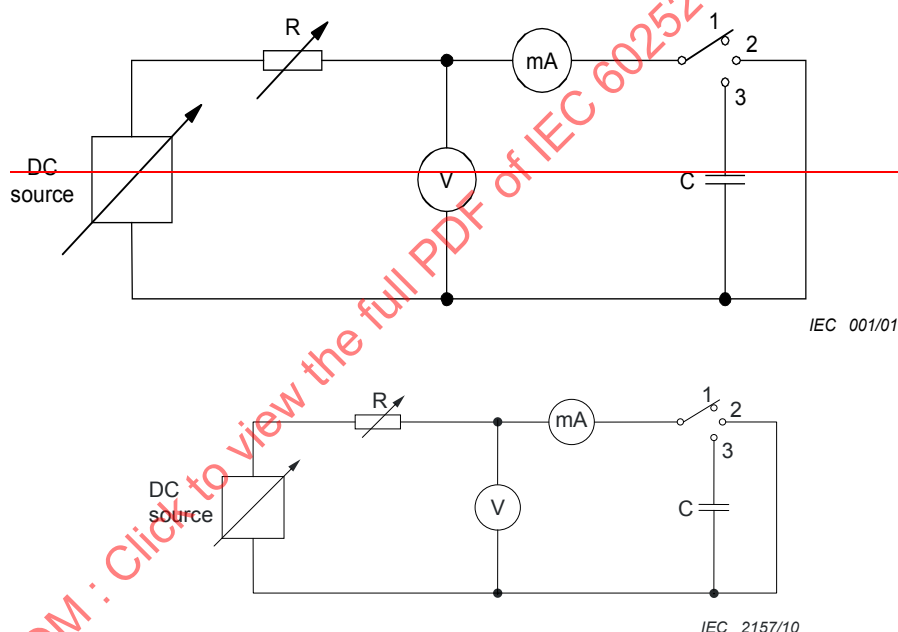


Figure 42 – Test apparatus for d.c. conditioning

The d.c. source is adjusted to provide an open-circuit voltage equivalent to $10 \sqrt{U_N}$ 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.

5.1.16.2.25.1.16.3.2 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).

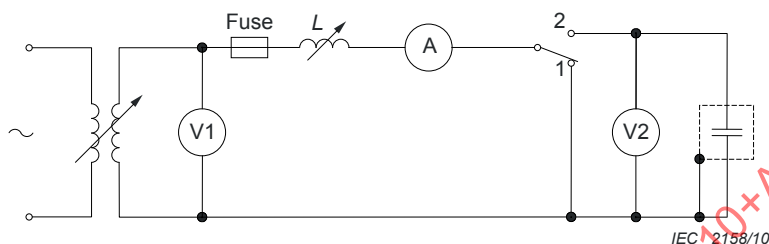
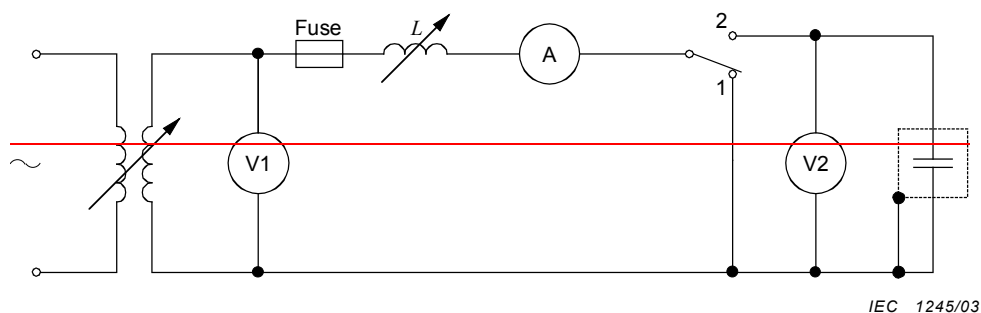


Figure 23 – Test apparatus for a.c. destruction test

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.

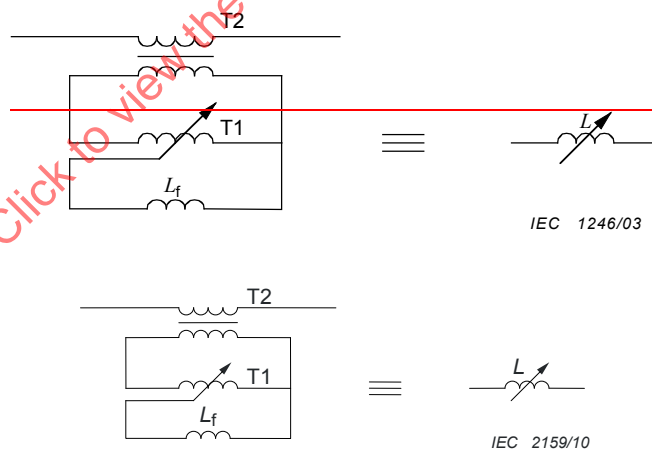
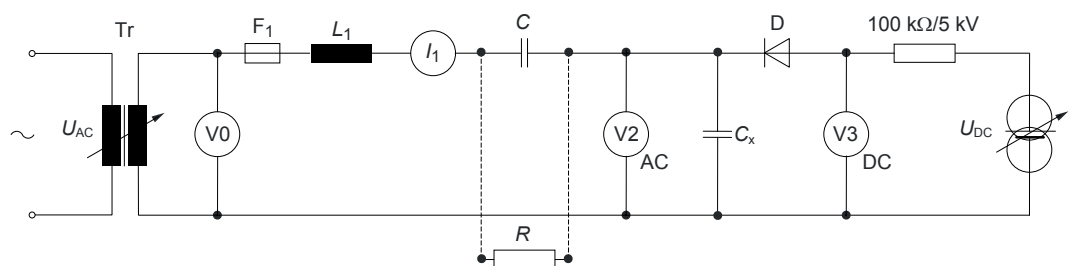


Figure 34 – Arrangement to produce the variable inductor L in Figure 23

5.1.16.4 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
- F₁ Slow-blow fuse, rated 25 A
- L₁ 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. $C = 330 \mu\text{F} \rightarrow C_{x\text{max}} = 33 \mu\text{F}$)/ $U_{\text{cmax}} = 5 \text{ kV}$
- C_x Capacitor under test
- D High voltage diode for AC decoupling
- I₁ 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

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

5.1.16.5.1 General

The test shall be conducted in four stages:

- 5.1.46.5.2 Preparation and pre-conditioning,
- 5.1.16.5.3 ~~d.c.~~DC conditioning,
- 5.1.16.5.4 ~~a.c.~~AC destruction test,
- 5.1.16.7 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.

5.1.16.3.15.1.16.5.2 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 $t_c + 10^\circ\text{C}$. 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.**

5.1.16.3.25.1.16.5.3 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 5.1.4.1, shall be tested at room temperature.

The voltage of a d.c. source (see Figure 42) shall be raised from ~~0~~zero U_N 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 5.1.16.2 have been used up. If the required number of capacitors with dielectric breakdown cannot be achieved, then the test shall be regarded as failed.

5.1.16.3.35.1.16.5.4 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.~~

5.1.16.6 Test procedure for simultaneous DC and AC test (capacitor type S3)

5.1.16.6.1 Preparation and pre-conditioning

Same as 5.1.16.5.2.

5.1.16.6.2 Simultaneous DC and AC test

Five capacitors that have passed the endurance test (group 2) shall be pre-heated to a temperature of $t_c + 10^\circ\text{C}$ before testing. The remaining five capacitors, having passed the test in 5.1.4.1 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.

5.1.16.45.1.16.7 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:

- a) escaping liquid material may wet the outer surface of the capacitor, but not fall away in drops;
- b) 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 ~~cheese-cloth~~ 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 5.1.8 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).

~~For capacitors with a metal case, this shall be connected to one pole 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.~~

5.1.17 Resistance to heat, fire and tracking

These tests are not applicable to capacitors with lead terminations.

5.1.17.1 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.

5.1.17.2 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 5-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.

5.1.17.3 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.

5.2 Overloads

5.2.1 Maximum permissible voltage

The maximum permissible voltage measured at the terminals during the starting period up to the instant at which the capacitor is switched out of the circuit shall not exceed $1,2 U_N$.

It is advisable that such a voltage is not attained more than once a day.

5.2.2 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.

5.2.3 Maximum permissible reactive output

The overload resulting from operation at voltage and current exceeding the rated values (though within the limits indicated in 5.2.1 and 5.2.2) 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.

5.3 Safety requirements

5.3.1 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 4.

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.

5.3.2 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.

5.3.3 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 shall be clearly marked by the symbol $\perp$ 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 4 – 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*	6 3*	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*	6 3*	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.				
* For glass or other insulation with equivalent tracking qualities.				

5.3.4 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.

5.3.5 Pollution

If the capacitor contains liquid substances which should not be dispersed into the environment, an adequate marking shall apply which should be classified according to water-pollution risk category.

5.4 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) the duty cycle shall be marked next to the voltage. If more than one duty cycle or voltage are applicable, they shall be marked on the capacitor;
- 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) specification (standard) number.

If the capacitor is small and has not enough space for marking, items a), b), c), d), e), g), h) and l) 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.

6 Electrolytic motor start capacitors

6.1 Quality requirements and tests

6.1.1 Test requirements

6.1.1.1 General

This clause gives the test requirements for electrolytic motor start capacitors.

6.1.1.2 Test conditions

Unless otherwise specified for a particular test or measurement, the temperature of the capacitor dielectric shall be in the range of +15 °C to +35 °C and shall be recorded.

If corrections are necessary, the reference temperature shall be +20 °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.

6.1.1.3 Recovery conditions

Unless otherwise specified for a particular test, the recovery time for electrolytic capacitors shall be 16 h.

6.1.2 Nature of tests

The tests specified are of two sorts:

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

6.1.2.1 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 approval.

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

6.1.2.2 Routine tests

Routine tests shall be carried out by the manufacturer on every capacitor before delivery.

6.1.3 Type tests

6.1.3.1 Test procedure

The samples of each model selected for the type tests shall be divided into groups, as indicated in Table 5.

Capacitors forming the sample shall have successfully passed the routine tests indicated in 6.1.4.1.

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.

6.1.3.2 Extent of qualification

6.1.3.2.1 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 6.1.3.1, the qualification is valid for all models of the same type having rated capacitance between the two tested values.

6.1.3.2.2 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 $\pm 5\%$.

6.1.3.2.3 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 6.1.3.2.2,
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 5 – Type test schedule

Group	Tests	Clause	Number of samples to be inspected a	Number of failures allowed in first test b	Number of failure allowed in retest
1	Visual examination Check of marking Check of dimensions Capacitance and power factor measurement Mechanical tests (excluding soldering) Sealing test	6.1.5 6.4 6.1.9 6.1.8 6.1.10 6.1.11	8 [4]	1 ^c	0
2	Endurance test	6.1.12	42 [21]	2 ^d	0
3	Soldering (if applicable) Damp heat test Voltage test between the terminals Voltage test between terminals and case	6.1.10.2 6.1.13 6.1.6 6.1.7	12 [6]	1 ^c	0
4	Pressure relief test	6.1.14	20 [10] 10 [5] ^e	1 ^c	0
5	Resistance to heat, fire and tracking (not applicable to capacitors with lead terminations)	6.1.15	3 (Terminal housing only) ^f	0	0
^a 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 the table will apply to both the highest capacitance, lowest capacitance and any other intermediate value required to be tested in the range according to 6.1.3.1. ^b A capacitor which fails on more than one test is counted as one defective capacitor. ^c For groups 1, 3 and 4 a retest is allowed with 1 failure. No failures are allowed in these retests. ^d For group 2 no retest is required with 1 failure. With 2 failures a retest is required, with no more failures allowed. ^e Half of the samples shall be “new”, half shall have passed the endurance test. ^f Three samples of terminal housing (parts of insulating material retaining terminals in position) are needed for the tests described in 6.1.15. One sample is required for the ball-pressure test (6.1.15.1), 1 for the glow-wire test (6.1.15.2) and 1 for the tracking test (6.1.15.3).					

When a number of defects for each group and the total number of defective capacitors do not exceed the figures indicated in Table 5, the capacitor model (or range) shall be deemed to comply with this standard.

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

- i) voltage test between terminals (see 6.1.6);
- ii) voltage test between terminals and case (see 6.1.7).

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

6.1.4 Routine tests

6.1.4.1 Test procedure

Capacitors shall be subjected to the following tests:

- a) sealing test (see 6.1.11);
- b) voltage test between terminals (see 6.1.6);
- c) voltage test between terminals and case (see 6.1.7);
- d) visual examination (see 6.1.5);
- e) capacitance and power factor measurement (see 6.1.8).

6.1.5 Visual examination

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

There shall be no seepage of any filling material or other visible damage.

6.1.6 Voltage test between the terminals

In type tests, capacitors shall be subjected to an a.c. voltage test as specified in Table 6. 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.

Table 6 – Test voltages

Type of capacitor	Ratio of test voltage to rated a.c. voltage	Type test time s	Routine test time s
Electrolytic capacitor	1,2	10	2

6.1.7 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 2000 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.

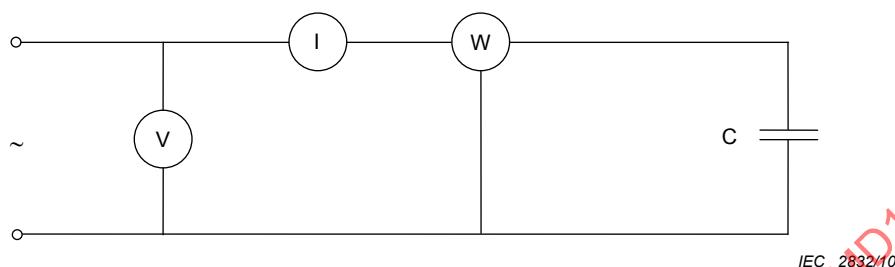
During the test, no dielectric breakdown or flashover shall occur.

6.1.8 Capacitance and power factor measurement

The capacitance shall be determined by measuring the current through the capacitor at the rated voltage and the rated frequency of the capacitor.

The applied voltage shall be sinusoidal, and attention should be given to possible inaccuracy of measurement due to harmonics. The rated voltage shall not be applied for more than 4 s.

The measurement circuit shall be as shown in Figure 46.



V voltmeter

I ammeter

W wattmeter designed to operate accurately at $\cos \varphi = 0,1$

C capacitor under test

Figure 46 – Test circuit for measurement of capacitance and power factor

The voltmeter shall be read within 2 s, the ammeter within 3 s and the wattmeter within 4 s after application of the test voltage.

The capacitance shall be calculated as follows:

$$C = \frac{10^6 I}{2\pi f U}$$

where

f is the frequency, in hertz;

C is the capacitance, in microfarads;

I is the r.m.s. value of current, in amperes;

U is the r.m.s. value of the test voltage, in volts.

NOTE Strictly speaking, this method of measurement determines the impedance and not the capacitance but can be used to determine the capacitance where the power factor does not exceed 0,2. However, values of the power factor exceeding this limit may be encountered at low temperature.

The measured capacitance value shall be within the tolerance marked on the capacitor.

The power factor shall be measured in accordance with Figure 46 and calculated from the readings taken at the same time for the measurement of capacitance, as follows:

$$\cos \varphi = P / U I$$

where

P is the value of active power, in watts;

I is the r.m.s. value of current, in amperes;

U is the r.m.s. value of the test voltage, in volts.

The power factor shall not exceed 0,1.

6.1.9 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 8 shall be checked.

6.1.10 Mechanical tests

These tests shall be carried out in conformity with the relevant test in IEC 60068-2.

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;
- change of temperature: Test Na, IEC 60068-2-14.

6.1.10.1 Robustness of terminations

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

6.1.10.1.1 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.

6.1.10.1.2 Test Ub – Bending (half of the terminations)

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

6.1.10.1.3 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.

6.1.10.1.4 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 7 and loosened again. The torque shall be applied gradually. The screw material shall have adequate resistance against stress cracking.

Table 7 – Torque

Thread diameter		Torque
mm	in	N · m
2,6	–	0,4
3,0	1/8	0,5
3,5	9/64	0,8
4,0	5/32	1,2
5,0	3/16	1,8
5,5	7/32	2,2
6,0	1/4	2,5
8	5/16	5
10	3/8	7
12	1/2	12

6.1.10.1.5 Visual examination

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

6.1.10.2 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 6.1.8. 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.

6.1.10.3 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.

After the test, the capacitor shall be subjected to the voltage test between terminals and case according to 6.1.7. 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.

No seepage of any filling material or other visible damage is permitted.

Before and after the test, the capacitance of the capacitor shall be measured according to 6.1.8. A maximum capacitance change of 3 % is allowed.

6.1.10.4 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 6.1.12 (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 7 are to be applied. On completion of the endurance test, a torque figure of 50 % of the value specified in Table 7 shall be applied.

No failures are permitted.

6.1.10.5 Rapid change of temperature

The capacitors shall be subjected to Test Na of IEC 60068-2-14 for 5 cycles. The duration of exposure at each temperature limit shall be 3 h.

After recovery, the capacitors shall be visually examined and measured. There shall be no seepage of any filling material or other visible damage. The change of capacitance from the initial measurement shall be less or equal to 5 %.

6.1.11 Sealing test

The capacitor shall be mounted in a position most likely to reveal leakage at a temperature $10 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 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.

For routine tests other equivalent methods are permitted after agreement between the manufacturer and the user.

6.1.12 Endurance test

The test is intended to prove the suitability of the capacitors for the operation under rated conditions.

During the test, the capacitors shall be separated from each other by at least 25 mm.

6.1.12.1 Conditioning

Two alternative methods (see 6.1.12.1.1 and 6.1.12.1.2) of obtaining test temperature conditions are valid, the choice of the method depending on the availability of equipment. The two methods are considered as being equivalent.

6.1.12.1.1 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.

After 24 h, the difference between the maximum permissible operating temperature recorded on the selected capacitor shall be noted. Then the thermostat shall be adjusted to ensure that the recorded temperature would be at the permissible maximum with a tolerance of ± 2 °C.

The test is continued to the end of the prescribed duration without further adjustments to the thermostat. The test time is computed from the first energization of the capacitors.

6.1.12.1.2 Testing in a liquid bath

The capacitors shall be placed in a container filled with a liquid which by additional heating shall be maintained at the maximum operating temperature of the capacitor for the duration of the test. The permitted temperature tolerance shall be within ± 2 °C. The container shall be totally enclosed as a safety precaution against fire hazard.

The level of the liquid shall be such that no more than 20 % of the height of the capacitor or 15 mm shall protrude from the liquid.

6.1.12.2 Test conditions

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

Each capacitor shall be connected to the power supply source through a series resistor of resistance value approximately equal to 10 % of the rated impedance of the capacitor under test.

A discharge resistor (if not already incorporated in the capacitor) shall be connected in parallel with each capacitor. This resistor shall be such a value that it will discharge the capacitor to less than 5 % of the nominal a.c. working voltage before each energised (ON) period.

For both methods the test shall be performed at the following conditions:

Test voltage:	$1,1 U_N$
Test frequency:	50 Hz or 60 Hz

Duty cycle: according to the duty cycle marked on the capacitor
Duration: 500 h

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

After recovery (≥ 16 h), the capacitors shall be visually inspected and measured.

There shall be no seepage of any filling material or other visible damage. Marking shall be legible.

The maximum permitted capacitance change from the initial measurements shall be ± 10 %.

The maximum permitted $\cos \varphi$ value is 0,2.

For tests carried out at 50 Hz, 60 Hz rating will be qualified if the specified relative operation time also qualified is reduced by 20 %.

Capacitors are also qualified for a shorter ON period for the same tested duty cycle duration. For example, an approval obtained with a duty cycle duration of 60 s and an ON period of 1 s (1,7 % relative operation time) will also qualify a duty-cycle duration of 60 s with an ON time of 0,33 s (0,55 % relative operation time).

Capacitors are for a longer duty-cycle duration but retaining the same relative operation time up to a maximum permitted ON period of 10 s. For example, an approval obtained with a duty-cycle duration of 60 s and an ON period of 1 s (1,7 % relative operation time) will also qualify a duty-cycle duration of 3 min and an ON time of 3 s (same relative operation time of 1,7 %).

6.1.13 Damp heat test

Capacitance shall be measured before the test (see 6.1.8).

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 6.1.8.

No perceivable capacitance change is permitted, within the limits of the measurement's precision.

6.1.14 Pressure relief test

Capacitors shall be subjected to the continuous application of the rated voltage at the rated frequency at room temperature, for a period of 30 min to ensure security of product.

Where a pressure relief device is incorporated in the encapsulation, it shall operate in a harmless way; there shall be no disruption of the case or danger of fire.

In the absence of a pressure relief device, partial opening of the encapsulation as a means of relieving pressure is permitted, provided there is no further disruption of the case or danger of fire.

With double-cased capacitors, the outer casing shall suffer no disruption during the test.

NOTE 1 During this test some expulsion of impregnant or filling material from inside the capacitor casing may occur. Precautions need to be taken to prevent the impregnant or filling material affecting the operator or the environment.

NOTE 2 This test is a destructive test for electrolytic capacitors.

6.1.15 Resistance to heat, fire and tracking

These tests are not applicable to capacitors with lead terminations.

6.1.15.1 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.

6.1.15.2 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 1 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 5-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.

6.1.15.3 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.

6.2 Overloads

6.2.1 Maximum permissible voltage

The maximum permissible voltage measured at the terminals during the starting period up to the instant at which the capacitor is switched out of the circuit shall not exceed 1,2 U_n .

It is advisable that such a voltage is not attained more than once a day.

6.2.2 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.

6.2.3 Maximum permissible reactive output

The overload resulting from operation at voltage and current exceeding the rated values (though within the limits indicated in 6.2.1 and 6.2.2) 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.

6.3 Safety requirements

6.3.1 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 8.

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.

6.3.2 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.

6.3.3 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 shall be clearly marked by the symbol $\perp$ 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 8 – 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*	6 3*	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*	6 3*	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.				
* For glass or other insulation with equivalent tracking qualities.				

6.3.4 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.

6.3.5 Pollution

If the capacitor contains liquid substances which should not be dispersed into the environment, an adequate marking shall apply which should be classified according to water-pollution risk category.

6.4 Marking

The following information shall be marked on the capacitor:

- manufacturer's name, abbreviated name or trade mark;
- manufacturer's type designation;
- rated capacitance (C_N) in microfarads and tolerance as a percentage;
- rated voltage (U_N) in volts;

- e) the duty cycle shall be marked next to the voltage. If more than one duty cycle or voltage are applicable, they shall be marked on the capacitor.
- 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) discharge device, if any, shall be written out in full or indicated by the symbol ;
- j) approval marks;
- k) filling material. Reference to liquid used (not needed for dry capacitors);
- l) specification (standard) number.

If the capacitor is small and has not enough space for marking, items a), b), c), d), e), g), h) and j) 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.

7 Guidance for installation and operation

7.1 General

This guidance is intended mainly for manufacturers of motors and complete apparatus containing the capacitors specified in this standard. However, reference in it is made to installation and operating instructions, and, where necessary, the manufacturer of the motor apparatus should ensure that these instructions are passed on to the ultimate user as installation instructions and any necessary warning should be displayed on the apparatus.

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 capacitor.

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 heating associated with the apparatus may raise the temperature of the capacitor.

7.2 Choice of rated voltage

7.2.1 Measurement of working voltage

The rated voltage required for a motor start capacitor should be determined by a measurement of the voltage on the capacitor when it is operating in connection with the associated motor. The motor should be run at maximum mains voltage using the correct value of capacitance and at a load which is varied from the lowest practicable to the highest permissible load.

The maximum voltage rating of the capacitor should not be less than the highest voltage measured at the terminals of the capacitor during the starting period up to the instant at which the capacitor is switched out of circuit. This measured voltage should not be greater than $1,2 U_N$.

NOTE The voltage at the terminals of the capacitor during the starting period can be estimated from the relationship:

$$U_C \approx U \times \sqrt{1+n^2}$$

where

U_C is the voltage at the capacitor terminals;

U is the mains voltage;

n is the ratio of the number of turns in the auxiliary winding to the turns in the main winding.

7.2.2 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 7.2.1 to the possible variation in the mains voltage and to the effect of the capacitance tolerance.

7.3 Checking capacitor temperature

7.3.1 Choice of maximum permissible capacitor operating temperature

Since many factors influence the temperature conditions of motor capacitors, which cannot be easily calculated (heat radiation and heat conduction from the motor, high ambient temperature, bad cooling conditions, etc.), the manufacturer of the apparatus should check the capacitor operating temperature in association with the apparatus into which the capacitor is built. During the 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 shall not be less than the highest temperature measured during the test.

7.3.2 Choice of minimum permissible capacitor operating temperature

The rated minimum capacitor operating temperature shall not be higher than the lowest temperature at which the capacitor may be operated. This temperature shall be that prevailing before the equipment is operated i.e. without the effect of heating from the equipment.

Electrolytic capacitors lose capacitance and increase in power factor at temperatures below 0 °C; these changes, however, do not seriously affect their ability to start motors at temperatures as low as –40 °C. The higher power factor at this temperature represents a loss, generating enough internal heat in a short period of time to the point that the capacitance is sufficiently high and the power factor is low enough for the motor to start.

7.4 Checking transients

Under certain conditions of switching motors on or off, or the switching of starting capacitors, transient overvoltages up to 10 times the rated capacitor voltage may be produced under the most unfavourable conditions by the repeated arcing at the switch contacts and the inductance of the connected motor-circuits.

Under the circumstances described above, premature failure of the capacitors can occur. The manufacturer shall establish appropriate tests to ensure that the maximum capacitor ratings are not exceeded.

7.5 Storage of electrolytic capacitors

Electrolytic capacitors stored over a prolonged period of time can suffer some deterioration. Electrolytic capacitors covered by this standard are intended to be placed in service within 2 years of the date of manufacture. After this period, capacitors should be checked before being placed in service.

If test gear is not available, the capacitor can be “reformed” by applying the rated voltage for 2 s or 3 s at a time. This can be repeated 3 times but a total of 10 s shall not be exceeded. If the capacitor is already connected to the motor, the same effect can be obtained by switching on the motor 2 or 3 times before the load is connected.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60252-2:2010+AMD1:2012 CSV

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, whose voltage waveform is sufficiently free from harmonics 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 %.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60252-2:2010+AMD1:2013 CSV

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	48
1 Domaine d'application	50
2 Références normatives	50
3 Termes et définitions	51
4 Conditions de service	54
4.1 Conditions normales de service	54
4.2 Tolérances préférentielles sur la capacité	55
5 Condensateurs de démarrage autorégénérateurs	55
5.1 Exigences de qualité et essais	55
5.1.1 Exigences relatives aux essais	55
5.1.2 Nature des essais	55
5.1.3 Essais de type	56
5.1.4 Essais individuels	58
5.1.5 Tangente de l'angle de perte	58
5.1.6 Examen visuel	58
5.1.7 Essai diélectrique entre bornes	59
5.1.8 Essai diélectrique entre bornes et enveloppe	59
5.1.9 Mesure de la capacité	59
5.1.10 Vérification des dimensions	59
5.1.11 Essais mécaniques	60
5.1.12 Essai d'étanchéité	62
5.1.13 Essai d'endurance	62
5.1.14 Essai à la chaleur humide	64
5.1.15 Essai d'autorégénération	64
5.1.16 Essai de destruction	65
5.1.17 Résistance à la chaleur, au feu et aux courants de cheminement	71
5.2 Surcharges	71
5.2.1 Tension maximale admissible	71
5.2.2 Courant maximal admissible	72
5.2.3 Puissance réactive maximale admissible	72
5.3 Règles de sécurité	72
5.3.1 Lignes de fuite et distances dans l'air	72
5.3.2 Bornes et conducteurs de raccordement	72
5.3.3 Mise à la terre	73
5.3.4 Dispositifs de décharge	73
5.3.5 Pollution	74
5.4 Marquage	74
6 Condensateurs électrolytiques de démarrage	74
6.1 Exigences de qualité et essais	74
6.1.1 Exigences relatives aux essais	74
6.1.2 Nature des essais	75
6.1.3 Essais de type	75
6.1.4 Essais individuels	78
6.1.5 Examen visuel	78
6.1.6 Essai diélectrique entre bornes	78
6.1.7 Essai diélectrique entre bornes et enveloppe	78

6.1.8	Mesure de la capacité et du facteur de puissance	79
6.1.9	Vérification des dimensions	80
6.1.10	Essais mécaniques	80
6.1.11	Essai d'étanchéité	82
6.1.12	Essai d'endurance	83
6.1.13	Essai à la chaleur humide	84
6.1.14	Essai de soupape	85
6.1.15	Résistance à la chaleur, au feu et aux courants de cheminement	85
6.2	Surcharges	86
6.2.1	Tension maximale admissible	86
6.2.2	Courant maximal admissible	86
6.2.3	Puissance réactive maximale admissible	86
6.3	Règles de sécurité	86
6.3.1	Lignes de fuite et distances dans l'air	86
6.3.2	Bornes et conducteurs de raccordement	87
6.3.3	Mise à la terre	87
6.3.4	Dispositifs de décharge	88
6.3.5	Pollution	88
6.4	Marquage	88
7	Indications pour l'installation et l'utilisation	89
7.1	Généralités	89
7.2	Choix de la tension assignée	90
7.2.1	Mesure de la tension de fonctionnement	90
7.2.2	Influence de la capacité	90
7.3	Vérification de la température du condensateur	90
7.3.1	Choix de la température maximale admissible de fonctionnement pour le condensateur	90
7.3.2	Choix de la température minimale admissible de fonctionnement pour le condensateur	90
7.4	Vérification des transitoires	91
7.5	Stockage des condensateurs électrolytiques	91
Annexe A (normative)	Tension d'essai	92
Figure 1	– Essai de destruction	65
Figure 42	– Dispositif d'essai pour conditionnement en courant continu	66
Figure 23	– Dispositif d'essai pour l'essai de destruction en courant alternatif	67
Figure 34	– Montage pour réaliser la bobine d'inductance variable L de la Figure 23	67
Figure 5	– Dispositif d'essai pour essai simultané en courant continu et en courant alternatif	68
Figure 46	– Circuit pour la mesure de la capacité et du facteur de puissance	79
Tableau 1	– Liste des essais de type	57
Tableau 2	– Tensions d'essai	59
Tableau 3	– Essai de couple	60
Tableau 4	– Lignes de fuite et distances dans l'air minimales	73
Tableau 5	– Liste des essais de type	77
Tableau 6	– Tensions d'essai	78
Tableau 7	– Essai de couple	81
Tableau 8	– Lignes de fuite et distances dans l'air minimales	88

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONDENSATEURS DES MOTEURS À COURANT ALTERNATIF –**Partie 2: Condensateurs de démarrage de moteurs****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 60252-2 porte le numéro d'édition 2.1. Elle comprend la deuxième édition (2010) [documents 33/476/FDIS et 33/480/RVD] et son amendement 1 (2013) [documents 33/533/FDIS et 33/539/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 60252-2 a été établie par le comité d'études 33 de la CEI: Condensateurs de puissance et leurs applications.

Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont indiquées ci-dessous:

- définition des condensateurs à film segmenté;
- définition plus claire du conditionnement en courant continu en l'essai de destruction.

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

Une liste de toutes les parties de la CEI 60252, publiées sous le titre général *Condensateurs des moteurs à courant alternatif*, est disponible 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 2: Condensateurs de démarrage de moteurs

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60252 s'applique aux condensateurs de démarrage destinés à être raccordés aux enroulements des moteurs asynchrones alimentés par un réseau monophasé dont la fréquence est celle du réseau.

La présente norme couvre les condensateurs de démarrage métallisés imprégnés ou non, ayant un diélectrique en papier, film plastique ou une combinaison des deux, et les condensateurs électrolytiques de démarrage à électrolyte non solide, pour une tension assignée n'excédant pas 660 V.

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 60068-2 (toutes les parties), *Essais d'environnement – Partie 2: Essais*

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

CEI 60068-2-14, *Essais d'environnement – Partie 2-14: Essais – Essai N: Variation de température*

CEI 60068-2-20, *Essais d'environnement – Partie 2-20: Essais – Essai T: Soudure*

CEI 60068-2-21, *Essais d'environnement – Partie 2-21: Essais – Essai U: Robustesse des sorties et des dispositifs de fixation*

CEI 60068-2-78:2001, *Essais d'environnement – Partie 2-78: Essais – Essai Cab: Chaleur humide, essai continu*

CEI 60112, *Méthode pour déterminer des indices de résistance et de tenue au cheminement des matériaux isolants solides dans des conditions humides*

CEI 60309-1:1999, *Prises de courant pour usages industriels – Partie 1: Règles générales*

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

CEI 60695-2-10:2000, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-10: Essais au fil incandescent/chauffant – Appareillage et méthode commune d'essai*

CEI 60695-2-11:2000, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-11: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai d'inflammabilité pour produits finis*

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 autorestaurées

3.6

condensateur à film segmenté

condensateur à film métallisé avec un motif répétitif sur le dépôt métallique d'au moins une couche, conçue pour isoler des parties 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

service intermittent

service dans lequel des périodes de fonctionnement sont suivies d'intervalles pendant lesquels le condensateur n'est pas sous tension

3.10

service de démarrage

type particulier de service intermittent dans lequel le condensateur est sous tension pour une période très courte, pendant que le moteur accélère pour atteindre sa vitesse de régime

3.11

cycle de fonctionnement assigné

valeur assignée indiquant le type de fonctionnement intermittent de fonctionnement ou de démarrage pour lequel le condensateur est prévu

NOTE Il est exprimé par la durée du cycle en minutes et par le pourcentage du temps pendant lequel le condensateur est sous tension.

3.12

durée du cycle de fonctionnement

somme de l'intervalle de temps sous tension et de l'intervalle de temps hors tension en cas de service intermittent

3.13

durée relative de fonctionnement

pourcentage de la durée du cycle pendant lequel le condensateur est sous tension

3.14

condensateur pour service intermittent et continu

condensateur prévu pour fonctionner à une tension donnée en service continu, et à une tension différente (normalement plus élevée) en service intermittent

3.15

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

3.16

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

3.17

tension assignée d'un condensateur

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

3.18

tension maximale

valeur la plus élevée de la tension efficace admissible aux bornes d'un condensateur de démarrage entre le début du démarrage et le moment où le condensateur est déconnecté

3.19

fréquence assignée d'un condensateur

f_N
fréquence la plus haute pour laquelle le condensateur est conçu

3.20

capacité assignée d'un condensateur

C_N
valeur de capacité pour laquelle le condensateur est conçu

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

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

3.22**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)

3.23**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.

3.24**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

3.25**facteur de puissance**

quotient entre la puissance active et la puissance apparente d'un condensateur

3.26**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

3.27**type de condensateurs**

les condensateurs sont considérés 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

NOTE 1 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 2 La même construction comprend, par exemple, le même matériau diélectrique, la même épaisseur de diélectrique et le même type d'enveloppe (métallique ou plastique).

3.28**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

3.29**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 5.1.16~~

~~(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 5.1.16~~

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

~~Ce paragraphe ne s'applique pas aux condensateurs électrolytiques.~~

Note 1 à l'article: Cette définition ne s'applique pas aux condensateurs électrolytiques.

3.29.1

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.

3.29.2

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 5.1.16.3 et 5.1.16.5.

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

3.29.3

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 5.1.16.3 et 5.1.16.5.

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

3.29.4

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 5.1.16.4 et 5.1.16.6.

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 notes en 5.3.4 et 6.3.4);
- 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 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (voir 3.15 et 3.16).

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

- températures minimales: $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $0\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- températures maximales: $55\text{ }^{\circ}\text{C}$, $70\text{ }^{\circ}\text{C}$, $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Les condensateurs doivent être prévus pour un transport et un stockage à des températures allant jusqu'à $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, 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 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $70\text{ }^{\circ}\text{C}$, 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 les suivantes: $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ and $\pm 15\%$.

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

5 Condensateurs de démarrage autorégénérateurs

5.1 Exigences de qualité et essais

5.1.1 Exigences relatives aux essais

5.1.1.1 Généralités

Cet article contient les exigences d'essai pour les condensateurs de démarrage autorégénérateurs.

5.1.1.2 Conditions d'essai

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

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

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.

5.1.2 Nature des essais

Les essais spécifiés sont de deux sortes:

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

5.1.2.1 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.

5.1.2.2 Essais individuels

Les essais individuels doivent être effectués par le fabricant sur chaque condensateur avant livraison.

5.1.3 Essais de type

5.1.3.1 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 5.1.4.

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.

5.1.3.2 Extension de la qualification

5.1.3.2.1 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 5.1.3.1, la qualification est valable pour tous les modèles de ce type ayant des capacités assignées comprises entre les deux valeurs essayées.

5.1.3.2.2 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, ± 5 % couvre jusqu'à ± 10 %, et ± 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 %.

5.1.3.2.3 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 5.1.3.2.2,
et
b) supérieur ou égal à celui du modèle de condensateur essayé. Par exemple, la qualification pour ± 5 autorise des valeurs telles que $^{+10}_{-5} \%$, $^{+5}_{-10} \%$, $^{+8}_{-2} \%$, $^{+10}_{-0} \%$, mais pas $^{+15}_{-5} \%$.

Tableau 1 – Liste des essais de type

Groupe	Essais	Paragraphe	Nombre d'échantillons à examiner a	Nombre d'échecs autorisés pour le premier essai b	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)	5.1.6 5.4 5.1.10 5.1.11 5.1.12	8 [4]	1 ^c	0
2	Essai d'endurance	5.1.13	42 [21]	2 ^d	0
3	Soudure (le cas échéant) Essai à la chaleur humide Essai diélectrique entre bornes Essai diélectrique entre bornes et enveloppe	5.1.11.2 5.1.14 5.1.7 5.1.8	12 [6]	1 ^c	0
4	Essai d'autorégénération (le cas échéant)	5.1.15	20 [10]	1 ^c	0
5	Essai de destruction (si mentionné sur le condensateur)	5.1.16	20 [10] 10 [5]	1 ^e	0
6	Résistance à la chaleur, au feu et aux courants de cheminement (non applicable aux condensateurs raccordés par des liaisons isolées)	5.1.17	3 (seulement pour l'enveloppe des bornes) ^f	0	0

Tableau 1 (suite)

a	Le nombre d'échantillons précisé peut être réessayé 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 ou à toute autre valeur de capacité intermédiaire nécessaire aux essais, dans la gamme selon 5.1.3.1.
b	Un condensateur défectueux à plus d'un essai est compté comme un condensateur défectueux.
c	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.
d	Pour le groupe 2, aucun essai de confirmation n'est nécessaire pour 1 échec. Avec deux échecs, un contre-essai est nécessaire et aucun échec n'est autorisé pour celui-ci.
e	Pour le groupe 5, voir 5.1.16 qui autorise un contre-essai avec des conditions particulières dans le cas d'un échec.
f	Trois échantillons de l'enveloppe des bornes (parties de matériau isolant maintenant les bornes en position) sont nécessaires pour les essais décrits en 5.1.17. Un échantillon est exigé pour l'essai à la bille (voir 5.1.17.1), un pour l'essai au fil incandescent (voir 5.1.17.2) et un pour l'essai de cheminement (voir 5.1.17.3).

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:

- i) essai diélectrique entre bornes (voir 5.1.7);
- ii) essai diélectrique entre bornes et enveloppe (voir 5.1.8);
- iii) essai d'autorégénération (voir 5.1.15).

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

5.1.4 Essais individuels

5.1.4.1 Procédure d'essai

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

- a) essai d'étanchéité, le cas échéant (voir 5.1.12);
- b) essai diélectrique entre bornes (voir 5.1.7);
- c) essai diélectrique entre bornes et enveloppe (voir 5.1.8);
- d) examen visuel (voir 5.1.6);
- e) mesure de la capacité (voir 5.1.9);
- f) tangente de l'angle de perte (voir 5.1.5).

5.1.5 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.

5.1.6 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.

Les condensateurs ne doivent présenter aucun suintement ou autre dommage visible.

5.1.7 Essai diélectrique entre bornes

Dans les essais de type, les condensateurs doivent être soumis à un essai en tension alternative comme indiqué dans le Tableau 2. 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.

Tableau 2 – Tensions d'essai

Type de condensateur	Rapport entre la tension d'essai et la tension assignée alternative	Durée de l'essai de type s	Durée de l'essai individuel s
Condensateur autorégénérateur	1,2	10	2

5.1.8 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 ce qui suit:

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.

5.1.9 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.

5.1.10 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.

D'autre part, les valeurs minimales des lignes de fuite et des distances dans l'air indiquées dans le Tableau 4 doivent être contrôlées.

5.1.11 Essais mécaniques

Ces essais doivent être exécutés conformément à l'essai approprié de la série CEI 60068-2.

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.

5.1.11.1 Robustesse des connexions

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

5.1.11.1.1 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.

5.1.11.1.2 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.

5.1.11.1.3 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°.

5.1.11.1.4 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		Couple N · m
mm	inches	
2,6	–	0,4
3,0	1/8	0,5
3,5	9/64	0,8
4,0	5/32	1,2
5,0	3/16	1,8
5,5	7/32	2,2
6,0	1/4	2,5
8	5/16	5
10	3/8	7
12	1/2	12

5.1.11.1.5 Examen visuel

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

5.1.11.2 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 5.1.9. 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.

5.1.11.3 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 doit être mesurée comme indiqué en 5.1.9. Aucune variation de la capacité n'est permise dans les limites de la précision de la mesure.

Après cet essai, le condensateur doit subir l'essai diélectrique entre bornes et enveloppe indiqué en 5.1.8. 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.

Aucun suintement de matière de remplissage ou autre dommage visible n'est accepté. Ni claquage du diélectrique, ni interruption du circuit ne doivent se produire.

5.1.11.4 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 5.1.13 (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 de $+0,5 \text{ mm}$ 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.

5.1.12 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.

Pour les essais individuels, d'autres méthodes équivalentes sont autorisées après accord entre le fabricant et l'utilisateur.

5.1.13 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 5.1.11.

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.

5.1.13.1 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.

Les condensateurs doivent être énergisés selon la tension et le cycle d'essai.

5.1.13.2 Conditions d'essai

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

Chaque condensateur doit être raccordé à la source d'alimentation à travers une résistance série de valeur approximativement égale à 10 % de l'impédance assignée du condensateur en essai.

Une résistance de décharge (si elle n'est pas incorporée dans le condensateur) doit être raccordée en parallèle avec chaque condensateur. La résistance doit avoir une valeur telle qu'elle déchargera le condensateur à moins de 5 % de la tension de fonctionnement nominale en courant alternatif avant chaque période de mise sous tension (ON).

Le test doit être effectué dans les conditions suivantes:

Tension d'essai:	$1,1\ U_N$
Fréquence d'essai:	50 Hz ou 60 Hz
Cycle de fonctionnement:	selon le cycle de fonctionnement marqué sur le condensateur
Durée de l'essai:	500 h

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

Après avoir été laissés au repos, les condensateurs sont examinés visuellement et mesurés.

Les condensateurs ne doivent présenter aucun suintement ou autre dommage visible. Le marquage doit être lisible.

La variation maximale de capacité permise par rapport à la mesure initiale doit être $\pm 10\text{ %}$.

Pour les tests effectués à 50 Hz, la qualification à 60 Hz est valide si la durée relative de fonctionnement est réduite de 20 %.

Les condensateurs sont également qualifiés pour la même durée du cycle de fonctionnement avec un intervalle de temps sous tension plus courte. Par exemple, une qualification obtenue avec une durée du cycle de fonctionnement de 60 s et un intervalle de temps sous tension de 1 s (1,7 % de durée relative de fonctionnement) qualifiera le condensateur pour une durée du cycle de fonctionnement de 60 s et un intervalle de temps sous tension de 0,33 s (0,55 % de durée relative de fonctionnement).

Les condensateurs sont également qualifiés pour une durée plus longue du cycle de fonctionnement mais en conservant la même durée relative de fonctionnement avec un intervalle de temps sous tension autorisé de 10 s maximum. Par exemple, une qualification obtenue avec une durée du cycle de fonctionnement de 60 s et un intervalle de temps sous tension de 1 s (1,7 % de durée relative de fonctionnement) qualifiera le condensateur pour une durée du cycle de fonctionnement de 3 min et un intervalle de temps sous tension de 3 s (même durée relative de fonctionnement de 1,7 %).

5.1.14 Essai à la chaleur humide

Avant l'essai, la capacité doit être mesurée (voir 5.1.9).

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 5.1.9.

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

5.1.15 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 5.1.7, pendant une durée d'essai indiquée dans le tableau approprié.

S'il se produit moins de 5 claquages autorégénérants (perforations) pendant cette période, la tension doit être augmentée à une vitesse ne dépassant pas 200 V/min jusqu'à ce que 5 claquages autorégénérants se soient produits depuis le début de l'essai ou que la tension ait atteint $2,0 U_N$ 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 inférieure à 0,5 %;
- b) valeur de RC supérieure ou égale à 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.

5.1.16 Essai de destruction

5.1.16.1 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 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).~~

Se reporter à la définition révisée 3.29 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 ce paragraphe.

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 5.1.16.3 et 5.1.16.5.

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 5.1.16.4 et 5.1.16.6.

Pour les condensateurs désignés par S1, S2 et S3, se reporter au diagramme suivant:

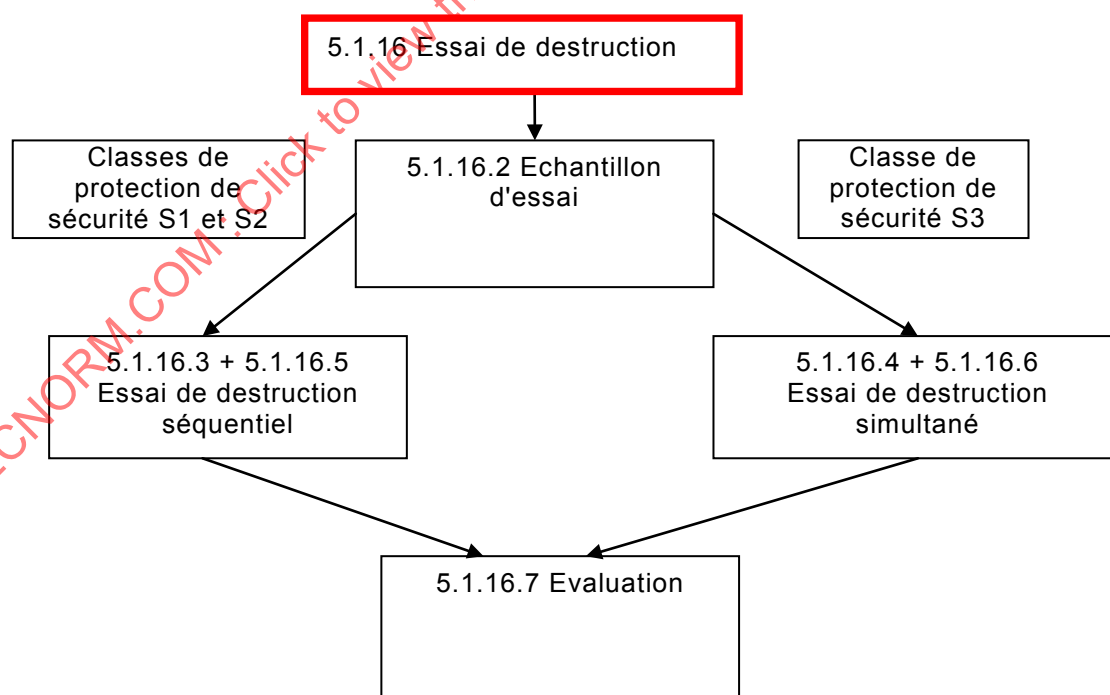


Figure 1 – Essai de destruction

5.1.16.15.1.16.2 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 5.1.4.1. Les cinq condensateurs restant doivent avoir réussi l'essai d'endurance décrit en 5.1.13 (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.

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

5.1.16.2.15.1.16.3.1 Dispositif d'essai pour conditionnement en courant continu

Le dispositif pour ~~effectuer~~ réaliser le conditionnement en courant continu est ~~montré~~ représenté à la Figure 42. 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.

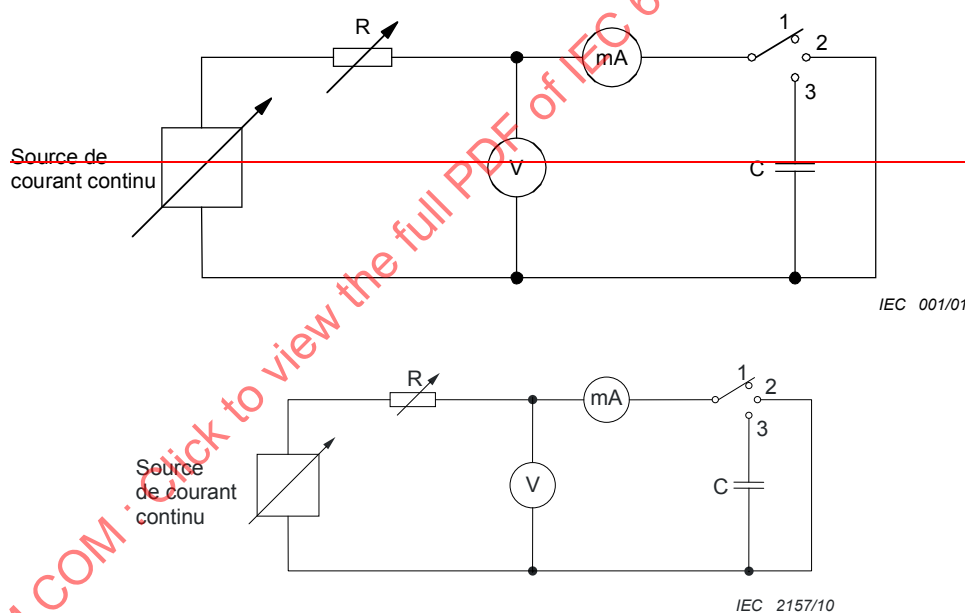


Figure 42 – Dispositif d'essai pour conditionnement en courant continu

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 condensateur, le commutateur étant en position 3.

5.1.16.2.25.1.16.3.2 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).

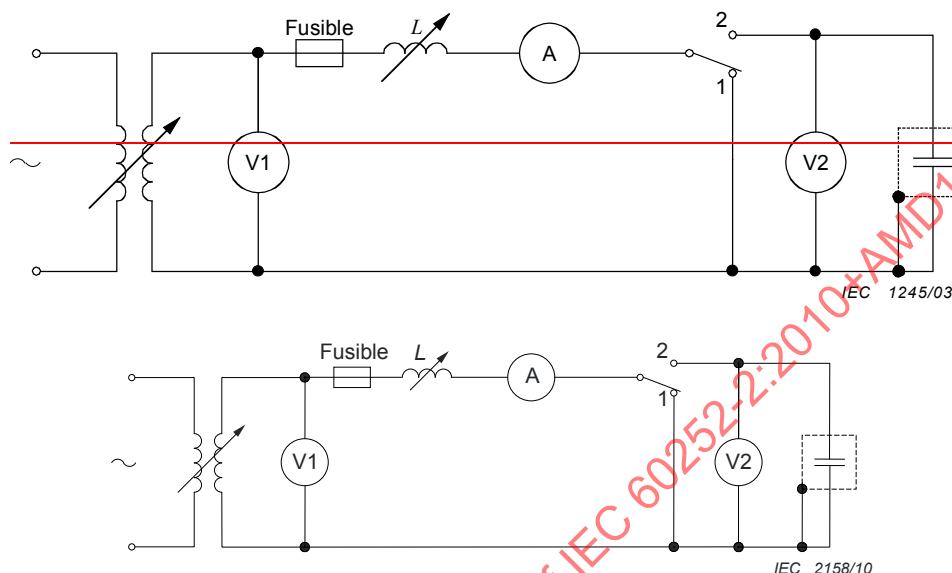


Figure 23 – Dispositif d'essai pour l'essai de destruction en courant alternatif

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.

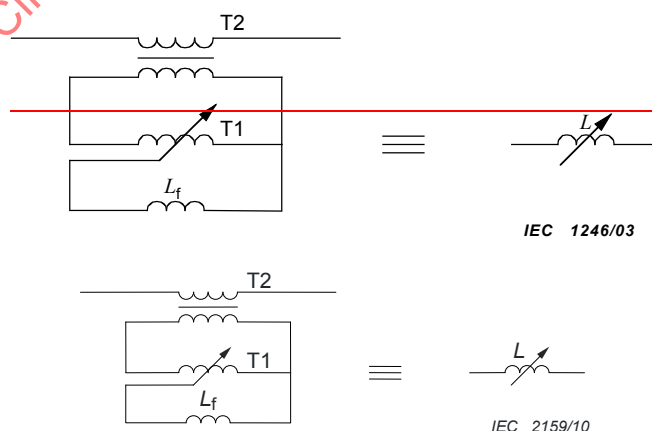
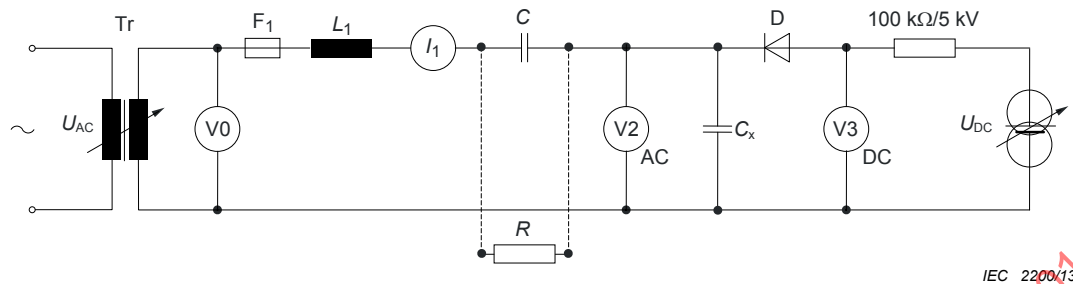


Figure 34 – Montage pour réaliser la bobine d'inductance variable L de la Figure 23

5.1.16.4 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. $C = 330 \mu F \rightarrow C_{x\max} = 33 \mu F$)/ $U_{c\max} = 5 \text{ kV}$
- 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

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

5.1.16.5.1 Généralités

L'essai doit être mené en quatre phases:

- 5.1.16.5.2 Préparation et préconditionnement,
- 5.1.16.5.3 Conditionnement en courant continu,
- 5.1.16.5.4 Essai de destruction en courant alternatif,
- 5.1.16.7 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.

5.1.16.3.15.1.16.5.2 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 $t_c + 10 \text{ °C}$. 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.

5.1.16.3.25.1.16.5.3 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 5.1.4.1, doivent être essayés à température ambiante.

La tension de la source continue (voir Figure 42) doit varier de $0-U_N$ 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 une 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 5.1.16.2 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.

5.1.16.3.35.1.16.5.4 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.

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

5.1.16.6.1 Préparation et préconditionnement

Comme en 5.1.16.5.2.

5.1.16.6.2 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 5.1.4.1, 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.

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

5.1.16.6.1 Préparation et préconditionnement

Comme en 5.1.16.5.2.

5.1.16.6.2 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 5.1.4.1, 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.

5.1.16.7 Evaluation des défaillances

Après achèvement l'issue de l'essai, la gaze 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 5.1.8, la tension ayant été réduite à 0,8 fois la valeur indiquée.

Cet 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 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).

~~Pour les condensateurs à enveloppe métallique, celle-ci doit être reliée à un pôle 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.~~

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

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

5.1.17.1 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 $t_0 + 40$ °C en prenant la plus élevée des deux valeurs.

5.1.17.2 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.

5.1.17.3 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.

5.2 Surcharges

5.2.1 Tension maximale admissible

La tension maximum admissible mesurée aux bornes du condensateur durant la période de démarrage jusqu'au moment où le condensateur est déconnecté du circuit ne doit pas dépasser 1,2 U_N .

Il est souhaitable qu'une telle tension ne soit atteinte pas plus d'une fois par jour.

5.2.2 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.

5.2.3 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 5.2.1 et 5.2.2) 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.

5.3 Règles de sécurité

5.3.1 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 4.

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.

5.3.2 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.

5.3.3 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 représentés par le symbole  comme étant destiné 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 4 – 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*	6 3*	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*	6 3*	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.				
* Pour le verre ou autre isolant ayant une tenue au cheminement équivalente.				

5.3.4 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.

5.3.5 Pollution

Il convient, si le condensateur contient des substances liquides, qu'elles ne soient pas dispersées dans l'environnement. Dans ce cas, un marquage approprié doit être apposé, défini suivant la catégorie de risque de pollution de l'eau.

5.4 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) le cycle de fonctionnement doit figurer à côté de la tension. Si plus d'un cycle de fonctionnement ou d'une tension sont applicables, ils doivent être marqués sur le condensateur;
- 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) 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), e), g), h) et l) doivent être marqués, et les autres peuvent être ignorés.

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.

6 Condensateurs électrolytiques de démarrage

6.1 Exigences de qualité et essais

6.1.1 Exigences relatives aux essais

6.1.1.1 Généralités

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

6.1.1.2 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 °C et +35 °C, et doit être enregistrée.

Lorsqu'il est nécessaire d'appliquer une correction, la température de référence doit être de +20 °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.

6.1.1.3 Conditions de récupération (retour au repos)

En l'absence de spécifications contraires pour un essai particulier, le temps de récupération pour un condensateur électrolytique est de 16 h.

6.1.2 Nature des essais

Les essais spécifiés sont de deux sortes:

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

6.1.2.1 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.

6.1.2.2 Essais individuels

Les essais individuels doivent être effectués par le fabricant sur chaque condensateur avant livraison.

6.1.3 Essais de type

6.1.3.1 Procédure d'essai

Les échantillons de chaque modèle sélectionnés pour les essais de type doivent être divisés en groupes, comme indiqué au Tableau 5.

Les condensateurs constituant l'échantillon doivent avoir subi avec succès les essais individuels indiqués en 6.1.4.1.

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.

6.1.3.2 Extension de la qualification

6.1.3.2.1 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 6.1.3.1, la qualification est valable pour tous les modèles de ce type ayant des capacités assignées comprises entre les deux valeurs essayées.

6.1.3.2.2 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, ± 5 % couvre jusqu'à ± 10 %, et ± 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 %.

6.1.3.2.3 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 6.1.3.2.2,
- 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 5 – Liste des essais de type

Groupe	Essais	Paragraphe	Nombre d'échantillons à examiner a	Nombre d'échecs autorisés pour le premier essai b	Nombre d'échecs autorisés pour l'essai de confirmation
1	Examen visuel Contrôle du marquage Vérification des dimensions Mesure de la capacité et du facteur de puissance Essais mécaniques (soudure exclue) Essai d'étanchéité	6.1.5 6.4 6.1.9 6.1.8 6.1.10 6.1.11	8 [4]	1 ^c	0
2	Essai d'endurance	6.1.12	42 [21]	2 ^d	0
3	Soudure (<i>le cas échéant</i>) Essai à la chaleur humide Essai diélectrique entre bornes Essai diélectrique entre bornes et enveloppe	6.1.10.2 6.1.13 6.1.6 6.1.7	12 [6]	1 ^c	0
4	Essai de soupape	6.1.14	20 [10] 10 [5] ^e	1 ^c	0
5	Résistance à la chaleur, au feu et aux courants de cheminement (non applicable aux condensateurs raccordés par des liaisons isolées)	6.1.15	3 (Seulement pour l'enveloppe des bornes) ^f	0	0

^a Le nombre d'échantillons précisé peut être réessayé 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 ou à toute autre valeur de capacité intermédiaire nécessaire aux essais, dans la gamme selon 6.1.3.1.

^b Un condensateur défectueux à plus d'un essai est compté comme un condensateur défectueux.

^c 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.

^d Pour le groupe 2, aucun essai de confirmation n'est nécessaire pour 1 échec. Avec deux échecs, un contre-essai est nécessaire et aucun échec n'est autorisé pour celui-ci.

^e La moitié des échantillons sont «neufs», l'autre moitié a passé le test d'endurance.

^f Trois échantillons de l'enveloppe des bornes (parties de matériau isolant maintenant les bornes en position) sont nécessaires pour les essais décrits en 6.1.15.

Un échantillon est exigé pour l'essai à la bille (voir 6.1.15.1), un pour l'essai au fil incandescent (voir 6.1.15.2) et un pour l'essai de cheminement (voir 6.1.15.3).

Quand le nombre de défauts pour chaque groupe et le nombre total de condensateurs défectueux ne dépassent pas les chiffres indiqués au Tableau 5, le modèle (ou la gamme) de condensateur doit être jugé comme ayant satisfait à la présente norme.

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

- i) essai diélectrique entre bornes (voir 6.1.6);
- ii) essai diélectrique entre bornes et enveloppe (voir 6.1.7).

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

6.1.4 Essais individuels

6.1.4.1 Procédure d'essai

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

- a) essai d'étanchéité (voir 6.1.11);
- b) essai diélectrique entre bornes (voir 6.1.6);
- c) essai diélectrique entre bornes et enveloppe (voir 6.1.7);
- d) examen visuel (voir 6.1.5);
- e) mesure de la capacité et du facteur de puissance (voir 6.1.8).

6.1.5 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.

Les condensateurs ne doivent présenter aucun suintement ou autre dommage visible.

6.1.6 Essai diélectrique entre bornes

Dans les essais de type, les condensateurs doivent être soumis à un essai en tension alternative comme indiqué dans le Tableau 6. 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.

Tableau 6 – Tensions d'essai

Type de condensateur	Rapport entre la tension d'essai et la tension assignée alternative	Durée de l'essai de type s	Durée de l'essai individuel s
Condensateur électrolytique	1,2	10	2

6.1.7 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.

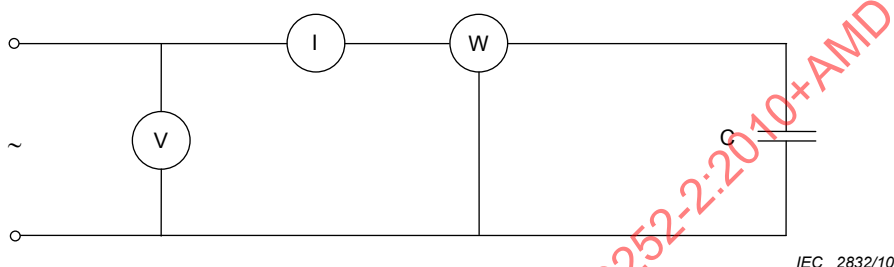
Pendant l'essai, ni claquage de diélectrique ni contournement ne doivent se produire.

6.1.8 Mesure de la capacité et du facteur de puissance

La capacité est déterminée par la mesure du courant à travers le condensateur à la fréquence assignée et à la tension assignée du condensateur.

La tension appliquée doit être sinusoïdale et il convient de prendre en considération de possibles imprécisions de mesure dues aux harmoniques. La tension d'essai ne doit pas être appliquée plus de 4 s.

Le circuit de mesure est décrit à la Figure 46.



V voltmètre

I ampèremètre

W wattmètre conçu pour fonctionner à la précision de $\cos \phi = 0,1$

C condensateur testé

Figure 46 – Circuit pour la mesure de la capacité et du facteur de puissance

Le voltmètre doit être lu dans les 2 s, l'ampèremètre dans les 3 s et le wattmètre dans les 4 s après l'application de la tension d'essai.

La capacité est calculée comme suit:

$$C = \frac{10^6 I}{2\pi f U}$$

où

f est la fréquence, en hertz;

C est la capacité, en microfarads;

I est la valeur efficace du courant, en ampères;

U est la valeur efficace de la tension d'essai, en volts.

NOTE Au sens strict, cette méthode de mesure détermine l'impédance et non la capacité mais peut être utilisée pour déterminer une capacité lorsque le facteur de puissance n'excède pas 0,2. Toutefois, des valeurs du facteur de puissance excédant cette limite peuvent être rencontrées à basse température.

La capacité mesurée doit être comprise dans la tolérance de capacité marquée sur le condensateur.

Le facteur de puissance doit être mesuré selon la Figure 46 et calculé comme suit à partir des lectures effectuées au moment des mesures de capacité:

$$\cos \varphi = P / U I$$

où

P est la valeur de puissance active, en watts;

I est la valeur efficace du courant, en ampères;

U est la valeur efficace de la tension d'essai, en volts.

Le facteur de puissance ne doit pas dépasser 0,1.

6.1.9 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.

D'autre part, les valeurs minimales des lignes de fuite et des distances dans l'air indiquées dans le Tableau 8 doivent être contrôlées.

6.1.10 Essais mécaniques

Ces essais doivent être exécutés conformément à l'essai approprié de la série CEI 60068-2.

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;
- variations de température: Essai Na, CEI 60068-2-14.

6.1.10.1 Robustesse des connexions

Le condensateur doit être soumis, le cas échéant, aux essais U_a , U_b , U_c et U_d de la CEI 60068-2-21.

6.1.10.1.1 Essai U_a – 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.

6.1.10.1.2 Essai U_b – Résistance à la flexion (sur la moitié des connexions)

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

6.1.10.1.3 Essai U_c – 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°.

6.1.10.1.4 Essai U_d – 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 7, et desserrés à nouveau. Le couple est appliqué progressivement. La visserie doit avoir la résistance suffisante contre les ruptures sous contrainte.

Tableau 7 – Essai de couple

Diamètre du filetage		Couple
mm	in	N · m
2,6	–	0,4
3,0	1/8	0,5
3,5	9/64	0,8
4,0	5/32	1,2
5,0	3/16	1,8
5,5	7/32	2,2
6,0	1/4	2,5
8	5/16	5
10	3/8	7
12	1/2	12

6.1.10.1.5 Examen visuel

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

6.1.10.2 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 suivant la méthode décrite en 6.1.8. 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.

6.1.10.3 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:

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

Après cet essai, le condensateur doit subir l'essai diélectrique entre bornes et enveloppe indiqué en 6.1.7. 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.

Aucun suintement de matière de remplissage ou autre dommage visible n'est accepté.

Avant et après l'essai, la capacité des condensateurs doit être mesurée comme indiqué en 6.1.8. Une variation maximale de 3 % de la capacité est admise.

6.1.10.4 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 6.1.12 (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 de $+0,5 \text{ mm}$ à $+1,0 \text{ mm}$.

Avant de commencer l'essai d'endurance, les couples de valeurs mentionnées au Tableau 7 sont appliqués. En plus de l'essai d'endurance, un couple de la moitié de la valeur adéquate stipulée au Tableau 7 doit être appliqué.

Aucune défaillance n'est tolérée.

6.1.10.5 Changement rapide de température

Les condensateurs doivent être soumis à l'Essai Na de la CEI 60068-2-14 pour 5 cycles. La durée de l'exposition à chaque limite de température est de 3 h.

Après récupération, les condensateurs doivent être examinés visuellement et mesurés. Les condensateurs ne doivent présenter aucun suintement ou autre dommage visible. La variation maximale de capacité par rapport à la mesure initiale doit être inférieure ou égale à 5 %.

6.1.11 Essai d'étanchéité

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.

D'autres méthodes équivalentes sont autorisées pour les essais individuels après accord entre le fabricant et l'utilisateur.

6.1.12 Essai d'endurance

Cet essai est destiné à montrer que la conception des condensateurs est appropriée à un fonctionnement selon les conditions spécifiées.

Durant les tests, les condensateurs doivent être séparés les uns des autres d'au moins 25 mm.

6.1.12.1 Conditionnement

Deux méthodes alternatives (voir 6.1.12.1.1 et 6.1.12.1.2) pour obtenir les conditions de température du test sont valides. Le choix de la méthode dépend de la disponibilité de l'équipement. Les deux méthodes sont considérées comme étant équivalentes.

6.1.12.1.1 Essai dans l'air à circulation forcée

Les condensateurs doivent être montés dans une enceinte d'essai où la température de l'air est constante avec une tolérance de ± 2 °C.

L'air dans l'enceinte 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 l'enceinte doit être bien placé dans le courant d'air chauffé.

NOTE Le chauffage de l'air peut être effectué dans une enceinte séparée, d'où l'air peut être admis dans l'enceinte 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 d'imprégnant ou de matériau de remplissage.

Après 24 h, la différence entre la température maximale admissible de fonctionnement et la température relevée sur le condensateur sélectionné doit être notée. Le thermostat doit être ajusté pour que les températures enregistrées soient à la température maximale admise avec une tolérance de ± 2 °C.

L'essai est ensuite poursuivi jusqu'à la fin de la période concernée sans autre ajustement du thermostat. La durée de l'essai est calculée à partir de la première mise sous tension des condensateurs.

6.1.12.1.2 Essai dans un bain liquide

Les condensateurs doivent être placés dans un récipient rempli avec un liquide qui par chauffage doit être maintenu à la température maximale admissible de fonctionnement du condensateur pour la durée de l'essai. La tolérance sur la température est de ± 2 °C. Le récipient doit être complètement fermé de manière à prévenir des risques éventuels de feu.

Le niveau de liquide doit être tel que pas plus de 20 % de la hauteur du condensateur ou 15 mm ne dépasse du liquide.

6.1.12.2 Conditions d'essai

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

Chaque condensateur doit être raccordé à la source d'alimentation de puissance à travers une résistance série de valeur approximativement égale à 10 % de l'impédance assignée du condensateur en essai.

Une résistance de décharge (si elle n'est pas incorporée dans le condensateur) doit être raccordée en parallèle avec chaque condensateur. La résistance doit avoir une valeur telle qu'elle déchargera le condensateur à moins de 5 % de la tension de fonctionnement nominale en courant alternatif avant chaque période de mise sous tension (ON).

Pour les deux méthodes, le test est effectué dans les conditions suivantes:

Tension d'essai:	1,1 U_N
Fréquence d'essai:	50 Hz ou 60 Hz
Cycle de fonctionnement:	selon le cycle de fonctionnement marqué sur le condensateur
Durée de l'essai:	500 h

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

Après avoir été laissés au repos (≥ 16 h), les condensateurs doivent être examinés visuellement et mesurés.

Les condensateurs ne doivent présenter aucun suintement ou autre dommage visible. Le marquage doit être lisible.

La variation maximale de capacité permise par rapport à la mesure initiale doit être ± 10 %.

La valeur maximale de $\cos \varphi$ admise est 0,2.

Pour les tests effectués à 50 Hz, la qualification à 60 Hz est valide si la durée relative de fonctionnement est réduite de 20 %.

Les condensateurs sont également qualifiés pour la même durée du cycle de fonctionnement avec un intervalle de temps sous tension plus court. Par exemple, une qualification obtenue avec une durée du cycle de fonctionnement de 60 s et un intervalle de temps sous tension de 1 s (1,7 % de durée relative de fonctionnement) qualifiera le condensateur pour une durée du cycle de fonctionnement de 60 s et un intervalle de temps sous tension de 0,33 s (0,55 % de durée relative de fonctionnement).

Les condensateurs sont également qualifiés pour une durée plus longue du cycle de fonctionnement mais en conservant la même durée relative de fonctionnement avec un intervalle de temps sous tension autorisé de 10 s maximum. Par exemple, une qualification obtenue avec une durée du cycle de fonctionnement de 60 s et un intervalle de temps sous tension de 1 s (1,7 % de durée relative de fonctionnement) qualifiera le condensateur pour une durée du cycle de fonctionnement de 3 min et un intervalle de temps sous tension de 3 s (même durée relative de fonctionnement de 1,7 %).

6.1.13 Essai à la chaleur humide

Avant l'essai, la capacité doit être mesurée (voir 6.1.8).

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 6.1.8.

Aucune variation perceptible de capacité n'est permise dans les limites de la précision de la mesure.

6.1.14 Essai de soupape

Le condensateur est soumis à l'application continue de la tension spécifiée à la fréquence spécifiée à température ambiante, pour une période de 30 min pour s'assurer de la sécurité du produit.

Dans l'hypothèse où la soupape est incorporée dans le couvercle, elle doit fonctionner sans danger et il ne doit pas se produire de rupture du boîtier ni y avoir risque de feu.

En l'absence de soupape, une ouverture partielle du couvercle comme moyen d'évacuer la surpression est accepté à condition qu'il n'y ait pas d'autre rupture du boîtier ou risque de feu.

Pour les condensateurs à double enveloppe, le boîtier extérieur ne doit pas subir de rupture durant le test.

NOTE 1 Au cours du test, il peut se produire une expulsion de matière d'imprégnation ou de remplissage en dehors du condensateur. Des précautions doivent être prises afin que ces expulsions n'affectent ni l'opérateur, ni l'environnement.

NOTE 2 Ce test est destructif pour les condensateurs électrolytiques.

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

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

6.1.15.1 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.

6.1.15.2 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.

6.1.15.3 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.

6.2 Surcharges

6.2.1 Tension maximale admissible

La tension maximale admissible mesurée aux bornes du condensateur durant la période de démarrage jusqu'au moment où le condensateur est déconnecté du circuit ne doit pas dépasser 1,2 U_n .

Il est souhaitable qu'une telle tension ne soit atteinte pas plus d'une fois par jour.

6.2.2 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.

6.2.3 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 6.2.1 et 6.2.2) 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.

6.3 Règles de sécurité

6.3.1 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 8.

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.

6.3.2 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.

6.3.3 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 représentés par le symbole  comme étant destiné 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 8 – 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*	6 3*	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*	6 3*	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. * Pour le verre ou autre isolant ayant une tenue au cheminement équivalente.				

6.3.4 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.

6.3.5 Pollution

Si le condensateur contient des substances liquides qui ne doivent pas être dispersées dans l'environnement, un marquage approprié, défini suivant la catégorie de risque de pollution de l'eau, doit être apposé.

6.4 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) le cycle de fonctionnement doit figurer à côté de la tension. Si plus d'un cycle de fonctionnement ou d'une tension sont applicables, ils doivent être marqués sur le condensateur;
- 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) dispositif de décharge, s'il y a lieu, indiqué en toutes lettres ou par le symbole 
- j) marquage d'acceptation;
- k) matériau de remplissage. Référence du liquide utilisé (pas nécessaire pour les condensateurs secs);
- l) 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), e), g), h) et j) doivent être marqués, et les autres peuvent être ignorés.

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.

7 Indications pour l'installation et l'utilisation

7.1 Généralités

Ces indications sont principalement destinées aux fabricants de moteurs et d'équipements complets contenant les condensateurs figurant dans la présente norme. Cependant, référence y est faite aux instructions d'installation et d'utilisation, et, là où cela est nécessaire, il convient que le fabricant de l'équipement moteur s'assure que ces instructions soient communiquées à l'utilisateur final comme instructions d'installation et que toute mise en garde nécessaire soit indiquée sur l'équipement.

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 associées avec l'équipement peuvent également augmenter la température du condensateur.

7.2 Choix de la tension assignée

7.2.1 Mesure de la tension de fonctionnement

La tension assignée requise pour un condensateur de démarrage peut être déterminée par une mesure de la tension sur le condensateur quand il fonctionne avec le moteur associé. Il convient que le moteur soit lancé à la tension maximale du réseau en utilisant la valeur exacte de la capacité et avec une charge variant de la plus petite possible à la plus grande admise.

Il convient que la valeur maximale de la tension du condensateur ne soit pas inférieure à la plus grande tension mesurée aux bornes du condensateur pendant la période de démarrage et jusqu'à l'instant où le condensateur est déconnecté du circuit. Il est recommandé que cette tension mesurée ne soit pas supérieure à $1,2 U_N$.

NOTE La tension aux bornes du condensateur pendant la période du démarrage peut être estimée par la relation suivante:

$$U_c \approx U \times \sqrt{1+n^2}$$

où

U_c est la tension aux bornes du condensateur;

U est la tension du réseau;

n est le rapport du nombre de tours de l'enroulement auxiliaire par rapport à l'enroulement principal.

7.2.2 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 7.2.1, l'éventuelle variation de la tension du réseau et l'effet de la tolérance sur la capacité.

7.3 Vérification de la température du condensateur

7.3.1 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 le fabricant 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.

7.3.2 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. Cette température doit être celle qui prévaut avant que le matériel ne soit mis en fonctionnement, c'est-à-dire sans l'effet de chaleur venant du matériel.

Les condensateurs électrolytiques perdent en capacité et augmentent en facteur de puissance à des températures inférieures à 0°C; ces changements cependant n'affectent pas réellement leur capacité à démarrer les moteurs jusqu'à des températures telles que –40 °C. Le facteur de puissance plus élevé représente une perte générant suffisamment de chaleur interne en un court laps de temps au point que la capacité soit suffisante et le facteur de puissance assez bas pour démarrer le moteur.

7.4 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, des surtensions transitoires allant jusqu'à 10 fois la tension assignée du condensateur peuvent se produire dans les conditions les plus défavorables par la répétition d'amorçage au contact du commutateur et par l'inductance des circuits connectés au moteur.

Dans les circonstances décrites ci-dessus, des défaillances prématurées du condensateur peuvent se produire. Le fabricant doit établir les essais appropriés pour vérifier que les valeurs assignées maximales du condensateur ne sont pas dépassées.

7.5 Stockage des condensateurs électrolytiques

Les condensateurs électrolytiques stockés durant une longue période peuvent subir des détériorations. Les condensateurs couverts par la présente norme sont supposés être mis en service dans un délai de 2 ans maximal à partir de la date de fabrication. Au-delà de cette période, les condensateurs doivent être vérifiés avant leur mise en service.

Si un équipement d'essai n'est pas disponible, les condensateurs peuvent être « re-formés » en appliquant la tension assignée durant 2 s à 3 s à la fois. Cela peut être répété trois fois sans excéder un temps total de 10 s. Si le condensateur est déjà connecté au moteur, on obtient le même résultat en démarrant le moteur 2 ou 3 fois avant de le relier à sa charge.

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 $\pm 2\%$ 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60252-2:2010+A1:2013 CSV

FINAL VERSION

VERSION FINALE



**AC motor capacitors –
Part 2: Motor start capacitors**

**Condensateurs des moteurs à courant alternatif –
Partie 2: Condensateurs de démarrage de moteurs**

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	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 Self-healing motor start capacitors	11
5.1 Quality requirements and tests	11
5.1.1 Test requirements.....	11
5.1.2 Nature of tests.....	11
5.1.3 Type tests	11
5.1.4 Routine tests	14
5.1.5 Tangent of the loss-angle measurement	14
5.1.6 Visual examination	14
5.1.7 Voltage test between the terminals	14
5.1.8 Voltage test between terminals and case	14
5.1.9 Capacitance measurement	15
5.1.10 Check of dimensions	15
5.1.11 Mechanical tests.....	15
5.1.12 Sealing test	17
5.1.13 Endurance test	17
5.1.14 Damp heat test	19
5.1.15 Self-healing test	19
5.1.16 Destruction test	20
5.1.17 Resistance to heat, fire and tracking.....	24
5.2 Overloads.....	25
5.2.1 Maximum permissible voltage.....	25
5.2.2 Maximum permissible current	25
5.2.3 Maximum permissible reactive output	25
5.3 Safety requirements	25
5.3.1 Creepage distances and clearances	25
5.3.2 Terminals and connecting cables.....	26
5.3.3 Earth connections.....	26
5.3.4 Discharge devices	27
5.3.5 Pollution	27
5.4 Marking.....	27
6 Electrolytic motor start capacitors.....	28
6.1 Quality requirements and tests	28
6.1.1 Test requirements.....	28
6.1.2 Nature of tests.....	28
6.1.3 Type tests	29
6.1.4 Routine tests	31
6.1.5 Visual examination	31
6.1.6 Voltage test between the terminals	31
6.1.7 Voltage test between terminals and case.....	31

6.1.8	Capacitance and power factor measurement.....	32
6.1.9	Check of dimensions.....	33
6.1.10	Mechanical tests.....	33
6.1.11	Sealing test.....	35
6.1.12	Endurance test.....	35
6.1.13	Damp heat test.....	37
6.1.14	Pressure relief test.....	37
6.1.15	Resistance to heat, fire and tracking.....	38
6.2	Overloads.....	38
6.2.1	Maximum permissible voltage.....	38
6.2.2	Maximum permissible current.....	38
6.2.3	Maximum permissible reactive output.....	39
6.3	Safety requirements.....	39
6.3.1	Creepage distances and clearances.....	39
6.3.2	Terminals and connecting cables.....	39
6.3.3	Earth connections.....	39
6.3.4	Discharge devices.....	40
6.3.5	Pollution.....	40
6.4	Marking.....	40
7	Guidance for installation and operation.....	41
7.1	General.....	41
7.2	Choice of rated voltage.....	41
7.2.1	Measurement of working voltage.....	41
7.2.2	Influence of capacitance.....	42
7.3	Checking capacitor temperature.....	42
7.3.1	Choice of maximum permissible capacitor operating temperature.....	42
7.3.2	Choice of minimum permissible capacitor operating temperature.....	42
7.4	Checking transients.....	42
7.5	Storage of electrolytic capacitors.....	43
Annex A (normative)	Test voltage.....	44
Figure 1	– Destruction test.....	20
Figure 2	– Test apparatus for d.c. conditioning.....	21
Figure 3	– Test apparatus for a.c. destruction test.....	21
Figure 4	– Arrangement to produce the variable inductor L in Figure 3.....	22
Figure 5	– Test apparatus for simultaneous DC and AC.....	22
Figure 6	– Test circuit for measurement of capacitance and power factor.....	32
Table 1	– Type test schedule.....	13
Table 2	– Test voltages.....	14
Table 3	– Torque.....	16
Table 4	– Minimum creepage distances and clearances.....	27
Table 5	– Type test schedule.....	30
Table 6	– Test voltages.....	31
Table 7	– Torque.....	34
Table 8	– Minimum creepage distances and clearances.....	40

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

AC MOTOR CAPACITORS –**Part 2: Motor start capacitors****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 60252-2 bears the edition number 2.1. It consists of the second edition (2010) [documents 33/476/FDIS and 33/480/RVD] and its amendment 1 (2013) [documents 33/533/FDIS and 33/539/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 60252-2 has been prepared by IEC technical committee 33: Power capacitors and their applications.

The main changes with respect to the previous edition are listed below:

- definition of segmented film capacitors;
- clearer definition of the purpose of d.c. conditioning in destruction test.

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

A list of all parts of IEC 60252 series, published 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 2: Motor start capacitors

1 Scope

This part of IEC 60252 applies to motor start capacitors intended for connection to windings of asynchronous motors supplied from a single-phase system having the frequency of the mains.

This standard covers impregnated or unimpregnated metallized motor start capacitors having a dielectric of paper or plastic film, or a combination of both and electrolytic motor start capacitors with non-solid electrolyte, with rated voltages up to and including 660 V.

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 60068-2 (all parts), *Environmental testing – Part 2: Tests*

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

IEC 60068-2-14, *Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature*

IEC 60068-2-20, *Environmental testing – Part 2-20: Tests – Test T: Soldering*

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

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

IEC 60112, *Method for determining the comparative and the proof tracking indices of solid insulating materials under moist conditions*

IEC 60309-1:1999, *Plugs, socket-outlets and couplers for industrial purposes – Part 1: General requirements*

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

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

IEC 60695-2-11:2000, *Fire hazard testing – Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire flammability test method for end-products*

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

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

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

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

3.4

metallized capacitor

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

3.5

self-healing capacitor

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

3.6

segmented film capacitor

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

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

intermittent operation

operation in which periods with the capacitor energized are followed by intervals during which the capacitor is unenergized

3.10

starting operation

special type of intermittent operation in which the capacitor is energized for only a very short period while the motor is accelerating to rated speed

3.11

rated duty cycle

rated value indicating the rate of intermittent or starting duty for which a capacitor is suitable

NOTE It is specified by the duty cycle duration, in minutes, and the percentage of the time during which the capacitor is energized.

3.12

duty cycle duration

total time of one energized and one unenergized interval during the intermittent operation

3.13

relative operation time

percentage of the cycle duration in which the capacitor is energized

3.14

capacitor for continuous and starting operation

capacitor designed to operate at one voltage when in continuous operation and at a different (usually higher) voltage when in starting operation

3.15

minimum permissible capacitor operating temperature

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

3.16

maximum permissible capacitor operating temperature

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

3.17

rated voltage of a capacitor

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

3.18

maximum voltage

maximum r.m.s. voltage permissible at the starting capacitor terminals between the point of starting and the instant at which the capacitor is disconnected

3.19

rated frequency of a capacitor

f_N
highest frequency for which the capacitor has been designed

3.20

rated capacitance of a capacitor

C_N
capacitance value for which the capacitor has been designed

3.21

rated current of a capacitor

I_N
r.m.s. value of the alternating current at the rated voltage and frequency

3.22**rated output of a capacitor** Q_N

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

3.23**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.

3.24**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

3.25**power factor**

ratio between the active power and the apparent power of a capacitor

3.26**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

3.27**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

NOTE 1 Capacitors of the same type can differ only in rated capacitance and size; minor differences between terminations and mounting devices are permitted.

NOTE 2 The same construction includes, for example, the same dielectric material, dielectric thickness and type of case (metal or plastic).

3.28**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

3.29**class of safety protection**

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

Note 1 to entry: This definition does not apply to electrolytic capacitors.

3.29.1**(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.

3.29.2**(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 5.1.16.3 and 5.1.16.5.

Note 2 to entry: Formerly referred to as P1.

3.29.3**(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 5.1.16.3 and 5.1.16.5.

Note 2 to entry: Formerly referred to as P2.

3.29.4**(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 % CN) and has protection against fire and shock hazard. Compliance is verified by the test described in 5.1.16.4 and 5.1.16.6.

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 notes to 5.3.4 and 6.3.4);
- 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 3.15 and 3.16).

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 Self-healing motor start capacitors

5.1 Quality requirements and tests

5.1.1 Test requirements

5.1.1.1 General

This clause gives the test requirements for self-healing motor start capacitors.

5.1.1.2 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.

5.1.2 Nature of tests

The tests specified are of two sorts:

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

5.1.2.1 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.

5.1.2.2 Routine tests

Routine tests shall be carried out by the manufacturer on every capacitor before delivery.

5.1.3 Type tests

5.1.3.1 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 5.1.4.

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.

5.1.3.2 Extent of qualification

5.1.3.2.1 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 but of different rated capacitance value, selected under the rules of 5.1.3.1, the qualification is valid for all models of the same type having rated capacitance between the two tested values.

5.1.3.2.2 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 $\pm 5\%$.

5.1.3.2.3 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 5.1.3.2.2,
- 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 a	Number of failures allowed in first test b	Number of failures allowed in retest
1	Visual examination Check markings Check of dimensions Mechanical tests (excluding soldering) Sealing tests (if applicable)	5.1.6 5.4 5.1.10 5.1.11 5.1.12	8 [4]	1 ^c	0
2	Endurance test	5.1.13	42 [21]	2 ^d	0
3	Soldering (if applicable) Damp heat test Voltage test between terminals Voltage test between terminals and case	5.1.11.2 5.1.14 5.1.7 5.1.8	12 [6]	1 ^c	0
4	Self-healing test (if applicable)	5.1.15	20 [10]	1 ^c	0
5	Destruction test (if marked on the capacitor)	5.1.16	20 [10] 10 [5]	1 ^e	0
6	Resistance to heat, fire and tracking (not applicable to capacitors with lead terminations)	5.1.17	3 (terminal housing only) ^f	0	0

^a 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 the table will apply to both the highest capacitance, lowest capacitance and any other intermediate value required to be tested in the range according to 5.1.3.1.

^b A capacitor which fails on more than one test is counted as one defective capacitor.

^c For groups 1, 3 and 4 a retest is allowed with 1 failure. No failures are allowed in these retests.

^d For group 2, no retest is required with 1 failure. With two failures a retest is required, with no more failures allowed.

^e For group 5, see 5.1.16 which allows a retest under special conditions in the event of one failure.

^f Three samples of terminal housing (parts of insulating material retaining terminals in position) are needed for the tests described in 5.1.17.
One sample is required for the ball-pressure test (5.1.17.1), one for the glow-wire test (5.1.17.2) and one for the tracking test (5.1.17.3).

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:

- i) voltage test between terminals (see 5.1.7);
- ii) voltage test between terminals and case (see 5.1.8);
- iii) self-healing test (see 5.1.15).

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.

5.1.4 Routine tests

5.1.4.1 Test procedure

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

- a) sealing test, if applicable (see 5.1.12);
- b) voltage test between terminals (see 5.1.7);
- c) voltage test between terminals and case (see 5.1.8);
- d) visual examination (see 5.1.6);
- e) capacitance measurement (see 5.1.9);
- f) tangent of loss angle (see 5.1.5).

5.1.5 Tangent of the loss-angle measurement

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

5.1.6 Visual examination

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

There shall be no seepage of any filling material or other visible damage.

5.1.7 Voltage test between the terminals

In type tests, capacitors shall be subjected to an a.c. voltage test as specified in Table 2. 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.

Table 2 – Test voltages

Type of capacitor	Ratio of test voltage to rated a.c. voltage	Type test time s	Routine test time s
Self-healing capacitor	1,2	10	2

5.1.8 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 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.

5.1.9 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 %.

5.1.10 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 4 shall be checked.

5.1.11 Mechanical tests

These tests shall be carried out in conformity with the relevant test in IEC 60068-2.

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.

5.1.11.1 Robustness of terminations

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

5.1.11.1.1 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.

5.1.11.1.2 Test Ub – Bending (half of the terminations)

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

5.1.11.1.3 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.

5.1.11.1.4 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		Torque N · m
mm	inches	
2,6	–	0,4
3,0	1/8	0,5
3,5	9/64	0,8
4,0	5/32	1,2
5,0	3/16	1,8
5,5	7/32	2,2
6,0	1/4	2,5
8	5/16	5
10	3/8	7
12	1/2	12

5.1.11.1.5 Visual examination

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

5.1.11.2 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 5.1.9. 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.

5.1.11.3 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 5.1.9. No perceivable capacitance change is permitted, within the limits of the measurement's precision.

After the test, the capacitor shall be subjected to the voltage test between terminals and case according to 5.1.8. 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.

No seepage of any filling material or other visible damage is permitted. No dielectric breakdown or interruption of the circuit of the capacitor shall occur.

5.1.11.4 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 5.1.13 (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 of $+0,5 \text{ mm}$ 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 50 % of the value specified in Table 3 shall be applied.

No failures are permitted.

5.1.12 Sealing test

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

The capacitor shall be mounted in a position most likely to reveal leakage at a temperature $10 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$ 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.

For routine tests, other equivalent methods are permitted after agreement between the manufacturer and the user.

5.1.13 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 5.1.11.

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.

5.1.13.1 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.

The capacitors shall be energized at the stated voltage and duty cycle.

5.1.13.2 Test conditions

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

Each capacitor shall be connected to the power supply source through a series resistor of resistance value approximately equal to 10 % of the rated impedance of the capacitor under test.

A discharge resistor (if not already incorporated in the capacitor) shall be connected in parallel with each capacitor. This resistor shall be such a value that it will discharge the capacitor to less than 5 % of the nominal a.c. working voltage before each energised (ON) period.

The test shall be performed at the following conditions:

Test voltage:	1,1 U_N
Test frequency:	50 Hz or 60 Hz
Duty cycle:	according to the duty cycle marked on the capacitor
Test duration:	500 h

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

After recovery, the capacitors shall be visually inspected and measured.

There shall be no seepage of any filling material or other visible damage. Marking shall be legible.

The maximum permitted capacitance change from the initial measurements shall be $\pm 10\%$.

For tests carried out at 50 Hz, 60 Hz rating will be qualified if the specified relative operation time is reduced by 20 %.

Capacitors are also qualified for a shorter ON period for the same tested duty-cycle duration. For example, an approval obtained with a duty-cycle duration of 60 s and ON period of 1 s (1,7 % relative operation time) will also qualify a duty-cycle duration of 60 s with an ON time of 0,33 s (0,55 % relative operation time).

Capacitors are also qualified for a longer duty-cycle duration but retaining the same relative operation time up to a maximum permitted ON period of 10 s. For example, an approval obtained with a duty-cycle duration of 60 s and ON time of 1 s (1,7 % relative operation time) will also qualify capacitors with a duty-cycle duration of 3 min and ON time of 3 s (same relative operation time of 1,7 %).

5.1.14 Damp heat test

Capacitance shall be measured before the test (see 5.1.9).

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 5.1.9.

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

5.1.15 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 5.1.7 for the test time indicated in the appropriate table.

If fewer than 5 self-healing breakdowns (clearings) occur during this time, the voltage shall be increased at a rate of not more than 200 V/min until 5 clearings have occurred since the beginning of the test or until the voltage has reached a maximum of $2,0 U_N$.

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 $< 0,5\%$;
- 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.

5.1.16 Destruction test

5.1.16.1 General

This test is optional.

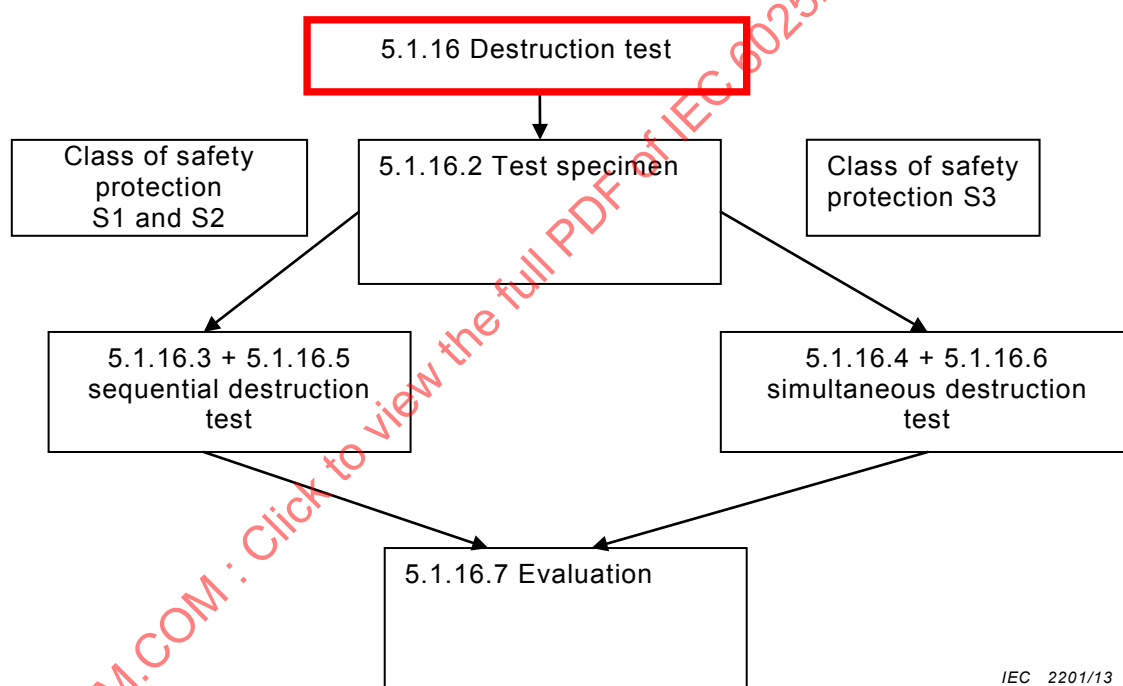
Refer to revised definition 3.29 for the appropriate test for each class of safety protection.

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 5.1.16.3 and 5.1.16.5.

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 5.1.16.4 and 5.1.16.6.

For capacitors designated S1, S2 and S3 refer to the chart shown in Figure 1:



IEC 2201/13

Figure 1 – Destruction test

5.1.16.2 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 5.1.4.1. The remaining five capacitors shall have passed the endurance test described in 5.1.13 (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.

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

5.1.16.3.1 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 short circuit capability greater than 50 mA.

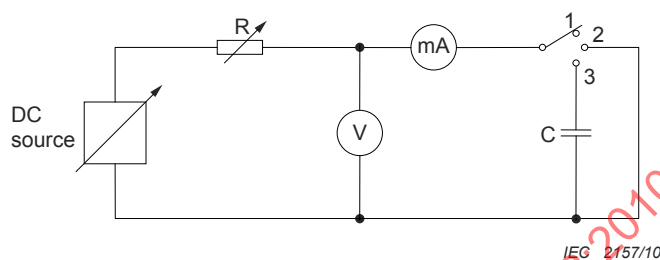


Figure 2 – Test apparatus for d.c. conditioning

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.

5.1.16.3.2 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).

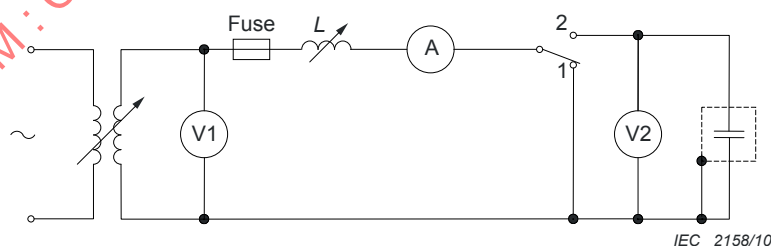


Figure 3 – Test apparatus for a.c. destruction test

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.

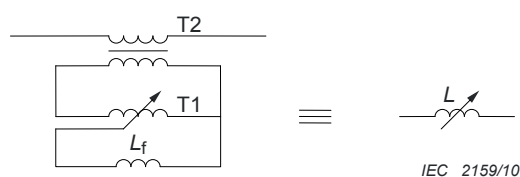
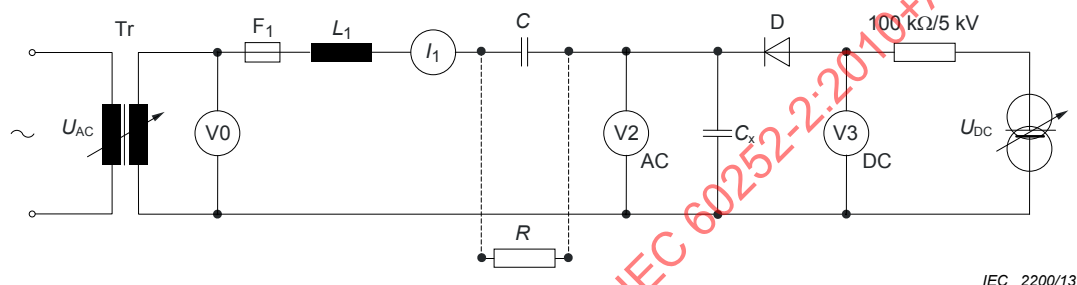


Figure 4 – Arrangement to produce the variable inductor L in Figure 3

5.1.16.4 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)
- 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

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

5.1.16.5.1 General

The test shall be conducted in four stages:

- 5.1.46.5.2 Preparation and pre-conditioning,
- 5.1.16.5.3 DC conditioning,
- 5.1.16.5.4 AC destruction test,
- 5.1.16.7 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.

5.1.16.5.2 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 $t_c + 10\text{ °C}$. The temperature deviation shall not exceed $\pm 2\text{ °C}$. In preparation for the destruction test, the specimens shall have rated voltage (U_N) applied for 2 h at $t_c + 10\text{ °C}$.

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

5.1.16.5.3 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 5.1.4.1, 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 5.1.16.2 have been used up. If the required number of capacitors with dielectric breakdown cannot be achieved, then the test shall be regarded as failed.

5.1.16.5.4 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.

5.1.16.6 Test procedure for simultaneous DC and AC test (capacitor type S3)

5.1.16.6.1 Preparation and pre-conditioning

Same as 5.1.16.5.2.

5.1.16.6.2 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 5.1.4.1 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 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.

5.1.16.7 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:

- a) escaping liquid material may wet the outer surface of the capacitor, but not fall away in drops;
- b) 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 5.1.8 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).

5.1.17 Resistance to heat, fire and tracking

These tests are not applicable to capacitors with lead terminations.

5.1.17.1 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 $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ or at $t_c + 40\text{ }^{\circ}\text{C}$, whichever is the higher.

5.1.17.2 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 5-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.

5.1.17.3 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.

5.2 Overloads

5.2.1 Maximum permissible voltage

The maximum permissible voltage measured at the terminals during the starting period up to the instant at which the capacitor is switched out of the circuit shall not exceed 1,2 U_N .

It is advisable that such a voltage is not attained more than once a day.

5.2.2 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.

5.2.3 Maximum permissible reactive output

The overload resulting from operation at voltage and current exceeding the rated values (though within the limits indicated in 5.2.1 and 5.2.2) 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.

5.3 Safety requirements

5.3.1 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 4.

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.

5.3.2 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.

5.3.3 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 shall be clearly marked by the symbol $\perp$ 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 4 – 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*	6 3*	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*	6 3*	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.				
* For glass or other insulation with equivalent tracking qualities.				

5.3.4 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.

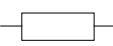
5.3.5 Pollution

If the capacitor contains liquid substances which should not be dispersed into the environment, an adequate marking shall apply which should be classified according to water-pollution risk category.

5.4 Marking

The following information shall be marked on the capacitor:

- manufacturer's name, abbreviated name or trade mark;
- manufacturer's type designation;
- rated capacitance (C_N) in microfarads and tolerance as a percentage;
- rated voltage (U_N) in volts;

- e) the duty cycle shall be marked next to the voltage. If more than one duty cycle or voltage are applicable, they shall be marked on the capacitor;
- 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) specification (standard) number.

If the capacitor is small and has not enough space for marking, items a), b), c), d), e), g), h) and l) 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.

6 Electrolytic motor start capacitors

6.1 Quality requirements and tests

6.1.1 Test requirements

6.1.1.1 General

This clause gives the test requirements for electrolytic motor start capacitors.

6.1.1.2 Test conditions

Unless otherwise specified for a particular test or measurement, the temperature of the capacitor dielectric shall be in the range of +15 °C to +35 °C and shall be recorded.

If corrections are necessary, the reference temperature shall be +20 °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.

6.1.1.3 Recovery conditions

Unless otherwise specified for a particular test, the recovery time for electrolytic capacitors shall be 16 h.

6.1.2 Nature of tests

The tests specified are of two sorts:

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

6.1.2.1 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 approval.

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

6.1.2.2 Routine tests

Routine tests shall be carried out by the manufacturer on every capacitor before delivery.

6.1.3 Type tests

6.1.3.1 Test procedure

The samples of each model selected for the type tests shall be divided into groups, as indicated in Table 5.

Capacitors forming the sample shall have successfully passed the routine tests indicated in 6.1.4.1.

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.

6.1.3.2 Extent of qualification

6.1.3.2.1 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 6.1.3.1, the qualification is valid for all models of the same type having rated capacitance between the two tested values.

6.1.3.2.2 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 $\pm 5\%$.

6.1.3.2.3 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 6.1.3.2.2,
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 5 – Type test schedule

Group	Tests	Clause	Number of samples to be inspected a	Number of failures allowed in first test b	Number of failure allowed in retest
1	Visual examination Check of marking Check of dimensions Capacitance and power factor measurement Mechanical tests (excluding soldering) Sealing test	6.1.5 6.4 6.1.9 6.1.8 6.1.10 6.1.11	8 [4]	1 ^c	0
2	Endurance test	6.1.12	42 [21]	2 ^d	0
3	Soldering (if applicable) Damp heat test Voltage test between the terminals Voltage test between terminals and case	6.1.10.2 6.1.13 6.1.6 6.1.7	12 [6]	1 ^c	0
4	Pressure relief test	6.1.14	20 [10] 10 [5] ^e	1 ^c	0
5	Resistance to heat, fire and tracking (not applicable to capacitors with lead terminations)	6.1.15	3 (Terminal housing only) ^f	0	0
^a 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 the table will apply to both the highest capacitance, lowest capacitance and any other intermediate value required to be tested in the range according to 6.1.3.1. ^b A capacitor which fails on more than one test is counted as one defective capacitor. ^c For groups 1, 3 and 4 a retest is allowed with 1 failure. No failures are allowed in these retests. ^d For group 2 no retest is required with 1 failure. With 2 failures a retest is required, with no more failures allowed. ^e Half of the samples shall be "new", half shall have passed the endurance test. ^f Three samples of terminal housing (parts of insulating material retaining terminals in position) are needed for the tests described in 6.1.15. One sample is required for the ball-pressure test (6.1.15.1), 1 for the glow-wire test (6.1.15.2) and 1 for the tracking test (6.1.15.3).					

When a number of defects for each group and the total number of defective capacitors do not exceed the figures indicated in Table 5, the capacitor model (or range) shall be deemed to comply with this standard.

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

- i) voltage test between terminals (see 6.1.6);
- ii) voltage test between terminals and case (see 6.1.7).

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

6.1.4 Routine tests

6.1.4.1 Test procedure

Capacitors shall be subjected to the following tests:

- a) sealing test (see 6.1.11);
- b) voltage test between terminals (see 6.1.6);
- c) voltage test between terminals and case (see 6.1.7);
- d) visual examination (see 6.1.5);
- e) capacitance and power factor measurement (see 6.1.8).

6.1.5 Visual examination

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

There shall be no seepage of any filling material or other visible damage.

6.1.6 Voltage test between the terminals

In type tests, capacitors shall be subjected to an a.c. voltage test as specified in Table 6. 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.

Table 6 – Test voltages

Type of capacitor	Ratio of test voltage to rated a.c. voltage	Type test time s	Routine test time s
Electrolytic capacitor	1,2	10	2

6.1.7 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.

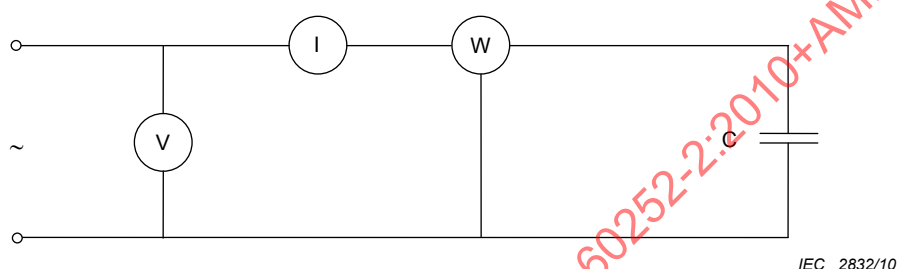
During the test, no dielectric breakdown or flashover shall occur.

6.1.8 Capacitance and power factor measurement

The capacitance shall be determined by measuring the current through the capacitor at the rated voltage and the rated frequency of the capacitor.

The applied voltage shall be sinusoidal, and attention should be given to possible inaccuracy of measurement due to harmonics. The rated voltage shall not be applied for more than 4 s.

The measurement circuit shall be as shown in Figure 6.



V voltmeter

I ammeter

W wattmeter designed to operate accurately at $\cos \varphi = 0,1$

C capacitor under test

Figure 6 – Test circuit for measurement of capacitance and power factor

The voltmeter shall be read within 2 s, the ammeter within 3 s and the wattmeter within 4 s after application of the test voltage.

The capacitance shall be calculated as follows:

$$C = \frac{10^6 I}{2\pi f U}$$

where

f is the frequency, in hertz;

C is the capacitance, in microfarads;

I is the r.m.s. value of current, in amperes;

U is the r.m.s. value of the test voltage, in volts.

NOTE Strictly speaking, this method of measurement determines the impedance and not the capacitance but can be used to determine the capacitance where the power factor does not exceed 0,2. However, values of the power factor exceeding this limit may be encountered at low temperature.

The measured capacitance value shall be within the tolerance marked on the capacitor.

The power factor shall be measured in accordance with Figure 6 and calculated from the readings taken at the same time for the measurement of capacitance, as follows:

$$\cos \varphi = P / U I$$

where

P is the value of active power, in watts;

I is the r.m.s. value of current, in amperes;

U is the r.m.s. value of the test voltage, in volts.

The power factor shall not exceed 0,1.

6.1.9 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 8 shall be checked.

6.1.10 Mechanical tests

These tests shall be carried out in conformity with the relevant test in IEC 60068-2.

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;
- change of temperature: Test Na, IEC 60068-2-14.

6.1.10.1 Robustness of terminations

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

6.1.10.1.1 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.

6.1.10.1.2 Test Ub – Bending (half of the terminations)

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

6.1.10.1.3 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.

6.1.10.1.4 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 7 and loosened again. The torque shall be applied gradually. The screw material shall have adequate resistance against stress cracking.

Table 7 – Torque

Thread diameter		Torque
mm	in	N · m
2,6	–	0,4
3,0	1/8	0,5
3,5	9/64	0,8
4,0	5/32	1,2
5,0	3/16	1,8
5,5	7/32	2,2
6,0	1/4	2,5
8	5/16	5
10	3/8	7
12	1/2	12

6.1.10.1.5 Visual examination

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

6.1.10.2 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 6.1.8. 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.

6.1.10.3 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:

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

After the test, the capacitor shall be subjected to the voltage test between terminals and case according to 6.1.7. 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.

No seepage of any filling material or other visible damage is permitted.

Before and after the test, the capacitance of the capacitor shall be measured according to 6.1.8. A maximum capacitance change of 3 % is allowed.

6.1.10.4 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 6.1.12 (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 7 are to be applied. On completion of the endurance test, a torque figure of 50 % of the value specified in Table 7 shall be applied.

No failures are permitted.

6.1.10.5 Rapid change of temperature

The capacitors shall be subjected to Test Na of IEC 60068-2-14 for 5 cycles. The duration of exposure at each temperature limit shall be 3 h.

After recovery, the capacitors shall be visually examined and measured. There shall be no seepage of any filling material or other visible damage. The change of capacitance from the initial measurement shall be less or equal to 5 %.

6.1.11 Sealing test

The capacitor shall be mounted in a position most likely to reveal leakage at a temperature $10 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 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.

For routine tests other equivalent methods are permitted after agreement between the manufacturer and the user.

6.1.12 Endurance test

The test is intended to prove the suitability of the capacitors for the operation under rated conditions.

During the test, the capacitors shall be separated from each other by at least 25 mm.

6.1.12.1 Conditioning

Two alternative methods (see 6.1.12.1.1 and 6.1.12.1.2) of obtaining test temperature conditions are valid, the choice of the method depending on the availability of equipment. The two methods are considered as being equivalent.

6.1.12.1.1 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.

After 24 h, the difference between the maximum permissible operating temperature recorded on the selected capacitor shall be noted. Then the thermostat shall be adjusted to ensure that the recorded temperature would be at the permissible maximum with a tolerance of ± 2 °C.

The test is continued to the end of the prescribed duration without further adjustments to the thermostat. The test time is computed from the first energization of the capacitors.

6.1.12.1.2 Testing in a liquid bath

The capacitors shall be placed in a container filled with a liquid which by additional heating shall be maintained at the maximum operating temperature of the capacitor for the duration of the test. The permitted temperature tolerance shall be within ± 2 °C. The container shall be totally enclosed as a safety precaution against fire hazard.

The level of the liquid shall be such that no more than 20 % of the height of the capacitor or 15 mm shall protrude from the liquid.

6.1.12.2 Test conditions

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

Each capacitor shall be connected to the power supply source through a series resistor of resistance value approximately equal to 10 % of the rated impedance of the capacitor under test.

A discharge resistor (if not already incorporated in the capacitor) shall be connected in parallel with each capacitor. This resistor shall be such a value that it will discharge the capacitor to less than 5 % of the nominal a.c. working voltage before each energised (ON) period.

For both methods the test shall be performed at the following conditions:

Test voltage:	$1,1 U_N$
Test frequency:	50 Hz or 60 Hz

Duty cycle: according to the duty cycle marked on the capacitor
Duration: 500 h

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

After recovery (≥ 16 h), the capacitors shall be visually inspected and measured.

There shall be no seepage of any filling material or other visible damage. Marking shall be legible.

The maximum permitted capacitance change from the initial measurements shall be ± 10 %.

The maximum permitted $\cos \varphi$ value is 0,2.

For tests carried out at 50 Hz, 60 Hz rating will be qualified if the specified relative operation time also qualified is reduced by 20 %.

Capacitors are also qualified for a shorter ON period for the same tested duty cycle duration. For example, an approval obtained with a duty cycle duration of 60 s and an ON period of 1 s (1,7 % relative operation time) will also qualify a duty-cycle duration of 60 s with an ON time of 0,33 s (0,55 % relative operation time).

Capacitors are for a longer duty-cycle duration but retaining the same relative operation time up to a maximum permitted ON period of 10 s. For example, an approval obtained with a duty-cycle duration of 60 s and an ON period of 1 s (1,7 % relative operation time) will also qualify a duty-cycle duration of 3 min and an ON time of 3 s (same relative operation time of 1,7 %).

6.1.13 Damp heat test

Capacitance shall be measured before the test (see 6.1.8).

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 6.1.8.

No perceivable capacitance change is permitted, within the limits of the measurement's precision.

6.1.14 Pressure relief test

Capacitors shall be subjected to the continuous application of the rated voltage at the rated frequency at room temperature, for a period of 30 min to ensure security of product.

Where a pressure relief device is incorporated in the encapsulation, it shall operate in a harmless way; there shall be no disruption of the case or danger of fire.

In the absence of a pressure relief device, partial opening of the encapsulation as a means of relieving pressure is permitted, provided there is no further disruption of the case or danger of fire.

With double-cased capacitors, the outer casing shall suffer no disruption during the test.

NOTE 1 During this test some expulsion of impregnant or filling material from inside the capacitor casing may occur. Precautions need to be taken to prevent the impregnant or filling material affecting the operator or the environment.

NOTE 2 This test is a destructive test for electrolytic capacitors.

6.1.15 Resistance to heat, fire and tracking

These tests are not applicable to capacitors with lead terminations.

6.1.15.1 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.

6.1.15.2 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 1 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 5-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.

6.1.15.3 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.

6.2 Overloads

6.2.1 Maximum permissible voltage

The maximum permissible voltage measured at the terminals during the starting period up to the instant at which the capacitor is switched out of the circuit shall not exceed 1,2 U_n .

It is advisable that such a voltage is not attained more than once a day.

6.2.2 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.

6.2.3 Maximum permissible reactive output

The overload resulting from operation at voltage and current exceeding the rated values (though within the limits indicated in 6.2.1 and 6.2.2) 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.

6.3 Safety requirements

6.3.1 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 8.

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.

6.3.2 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.

6.3.3 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 shall be clearly marked by the symbol $\perp$ 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 8 – 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*	6 3*	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*	6 3*	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.				
* For glass or other insulation with equivalent tracking qualities.				

6.3.4 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.

6.3.5 Pollution

If the capacitor contains liquid substances which should not be dispersed into the environment, an adequate marking shall apply which should be classified according to water-pollution risk category.

6.4 Marking

The following information shall be marked on the capacitor:

- manufacturer's name, abbreviated name or trade mark;
- manufacturer's type designation;
- rated capacitance (C_N) in microfarads and tolerance as a percentage;
- rated voltage (U_N) in volts;

- e) the duty cycle shall be marked next to the voltage. If more than one duty cycle or voltage are applicable, they shall be marked on the capacitor.
- 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) discharge device, if any, shall be written out in full or indicated by the symbol ;
- j) approval marks;
- k) filling material. Reference to liquid used (not needed for dry capacitors);
- l) specification (standard) number.

If the capacitor is small and has not enough space for marking, items a), b), c), d), e), g), h) and j) 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.

7 Guidance for installation and operation

7.1 General

This guidance is intended mainly for manufacturers of motors and complete apparatus containing the capacitors specified in this standard. However, reference in it is made to installation and operating instructions, and, where necessary, the manufacturer of the motor apparatus should ensure that these instructions are passed on to the ultimate user as installation instructions and any necessary warning should be displayed on the apparatus.

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 capacitor.

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 heating associated with the apparatus may raise the temperature of the capacitor.

7.2 Choice of rated voltage

7.2.1 Measurement of working voltage

The rated voltage required for a motor start capacitor should be determined by a measurement of the voltage on the capacitor when it is operating in connection with the associated motor. The motor should be run at maximum mains voltage using the correct value of capacitance and at a load which is varied from the lowest practicable to the highest permissible load.

The maximum voltage rating of the capacitor should not be less than the highest voltage measured at the terminals of the capacitor during the starting period up to the instant at which the capacitor is switched out of circuit. This measured voltage should not be greater than $1,2 U_N$.

NOTE The voltage at the terminals of the capacitor during the starting period can be estimated from the relationship:

$$U_C \approx U \times \sqrt{1+n^2}$$

where

U_C is the voltage at the capacitor terminals;

U is the mains voltage;

n is the ratio of the number of turns in the auxiliary winding to the turns in the main winding.

7.2.2 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 7.2.1 to the possible variation in the mains voltage and to the effect of the capacitance tolerance.

7.3 Checking capacitor temperature

7.3.1 Choice of maximum permissible capacitor operating temperature

Since many factors influence the temperature conditions of motor capacitors, which cannot be easily calculated (heat radiation and heat conduction from the motor, high ambient temperature, bad cooling conditions, etc.), the manufacturer of the apparatus should check the capacitor operating temperature in association with the apparatus into which the capacitor is built. During the 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 shall not be less than the highest temperature measured during the test.

7.3.2 Choice of minimum permissible capacitor operating temperature

The rated minimum capacitor operating temperature shall not be higher than the lowest temperature at which the capacitor may be operated. This temperature shall be that prevailing before the equipment is operated i.e. without the effect of heating from the equipment.

Electrolytic capacitors lose capacitance and increase in power factor at temperatures below 0 °C; these changes, however, do not seriously affect their ability to start motors at temperatures as low as –40 °C. The higher power factor at this temperature represents a loss, generating enough internal heat in a short period of time to the point that the capacitance is sufficiently high and the power factor is low enough for the motor to start.

7.4 Checking transients

Under certain conditions of switching motors on or off, or the switching of starting capacitors, transient overvoltages up to 10 times the rated capacitor voltage may be produced under the most unfavourable conditions by the repeated arcing at the switch contacts and the inductance of the connected motor-circuits.

Under the circumstances described above, premature failure of the capacitors can occur. The manufacturer shall establish appropriate tests to ensure that the maximum capacitor ratings are not exceeded.

7.5 Storage of electrolytic capacitors

Electrolytic capacitors stored over a prolonged period of time can suffer some deterioration. Electrolytic capacitors covered by this standard are intended to be placed in service within 2 years of the date of manufacture. After this period, capacitors should be checked before being placed in service.

If test gear is not available, the capacitor can be “reformed” by applying the rated voltage for 2 s or 3 s at a time. This can be repeated 3 times but a total of 10 s shall not be exceeded. If the capacitor is already connected to the motor, the same effect can be obtained by switching on the motor 2 or 3 times before the load is connected.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60252-2:2010+AMD1:2012 CSV

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, whose voltage waveform is sufficiently free from harmonics 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 %.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60252-2:2010+AMD1:2013 CSV

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60252-2:2010+AMD1:2013 CSV

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	48
1 Domaine d'application	50
2 Références normatives	50
3 Termes et définitions	51
4 Conditions de service	54
4.1 Conditions normales de service	54
4.2 Tolérances préférentielles sur la capacité	55
5 Condensateurs de démarrage autorégénérateurs	55
5.1 Exigences de qualité et essais	55
5.1.1 Exigences relatives aux essais	55
5.1.2 Nature des essais	55
5.1.3 Essais de type	56
5.1.4 Essais individuels	58
5.1.5 Tangente de l'angle de perte	58
5.1.6 Examen visuel	58
5.1.7 Essai diélectrique entre bornes	58
5.1.8 Essai diélectrique entre bornes et enveloppe	59
5.1.9 Mesure de la capacité	59
5.1.10 Vérification des dimensions	59
5.1.11 Essais mécaniques	59
5.1.12 Essai d'étanchéité	61
5.1.13 Essai d'endurance	62
5.1.14 Essai à la chaleur humide	64
5.1.15 Essai d'autorégénération	64
5.1.16 Essai de destruction	64
5.1.17 Résistance à la chaleur, au feu et aux courants de cheminement	70
5.2 Surcharges	70
5.2.1 Tension maximale admissible	70
5.2.2 Courant maximal admissible	71
5.2.3 Puissance réactive maximale admissible	71
5.3 Règles de sécurité	71
5.3.1 Lignes de fuite et distances dans l'air	71
5.3.2 Bornes et conducteurs de raccordement	71
5.3.3 Mise à la terre	72
5.3.4 Dispositifs de décharge	72
5.3.5 Pollution	73
5.4 Marquage	73
6 Condensateurs électrolytiques de démarrage	73
6.1 Exigences de qualité et essais	73
6.1.1 Exigences relatives aux essais	73
6.1.2 Nature des essais	74
6.1.3 Essais de type	74
6.1.4 Essais individuels	77
6.1.5 Examen visuel	77
6.1.6 Essai diélectrique entre bornes	77
6.1.7 Essai diélectrique entre bornes et enveloppe	77

6.1.8	Mesure de la capacité et du facteur de puissance	78
6.1.9	Vérification des dimensions	79
6.1.10	Essais mécaniques	79
6.1.11	Essai d'étanchéité	81
6.1.12	Essai d'endurance	82
6.1.13	Essai à la chaleur humide	83
6.1.14	Essai de soupape	84
6.1.15	Résistance à la chaleur, au feu et aux courants de cheminement	84
6.2	Surcharges	85
6.2.1	Tension maximale admissible	85
6.2.2	Courant maximal admissible	85
6.2.3	Puissance réactive maximale admissible	85
6.3	Règles de sécurité	85
6.3.1	Lignes de fuite et distances dans l'air	85
6.3.2	Bornes et conducteurs de raccordement	86
6.3.3	Mise à la terre	86
6.3.4	Dispositifs de décharge	87
6.3.5	Pollution	87
6.4	Marquage	87
7	Indications pour l'installation et l'utilisation	88
7.1	Généralités	88
7.2	Choix de la tension assignée	89
7.2.1	Mesure de la tension de fonctionnement	89
7.2.2	Influence de la capacité	89
7.3	Vérification de la température du condensateur	89
7.3.1	Choix de la température maximale admissible de fonctionnement pour le condensateur	89
7.3.2	Choix de la température minimale admissible de fonctionnement pour le condensateur	89
7.4	Vérification des transitoires	90
7.5	Stockage des condensateurs électrolytiques	90
Annexe A (normative)	Tension d'essai	91
Figure 1	– Essai de destruction	65
Figure 2	– Dispositif d'essai pour conditionnement en courant continu	66
Figure 3	– Dispositif d'essai pour l'essai de destruction en courant alternatif	66
Figure 4	– Montage pour réaliser la bobine d'inductance variable L de la Figure 3	66
Figure 5	– Dispositif d'essai pour essai simultané en courant continu et en courant alternatif	67
Figure 6	– Circuit pour la mesure de la capacité et du facteur de puissance	78
Tableau 1	– Liste des essais de type	57
Tableau 2	– Tensions d'essai	58
Tableau 3	– Essai de couple	60
Tableau 4	– Lignes de fuite et distances dans l'air minimales	72
Tableau 5	– Liste des essais de type	76
Tableau 6	– Tensions d'essai	77
Tableau 7	– Essai de couple	80
Tableau 8	– Lignes de fuite et distances dans l'air minimales	87

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONDENSATEURS DES MOTEURS À COURANT ALTERNATIF –

Partie 2: Condensateurs de démarrage de moteurs

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 60252-2 porte le numéro d'édition 2.1. Elle comprend la deuxième édition (2010) [documents 33/476/FDIS et 33/480/RVD] et son amendement 1 (2013) [documents 33/533/FDIS et 33/539/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 60252-2 a été établie par le comité d'études 33 de la CEI: Condensateurs de puissance et leurs applications.

Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont indiquées ci-dessous:

- définition des condensateurs à film segmenté;
- définition plus claire du conditionnement en courant continu en l'essai de destruction.

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

Une liste de toutes les parties de la CEI 60252, publiées sous le titre général *Condensateurs des moteurs à courant alternatif*, est disponible 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 2: Condensateurs de démarrage de moteurs

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60252 s'applique aux condensateurs de démarrage destinés à être raccordés aux enroulements des moteurs asynchrones alimentés par un réseau monophasé dont la fréquence est celle du réseau.

La présente norme couvre les condensateurs de démarrage métallisés imprégnés ou non, ayant un diélectrique en papier, film plastique ou une combinaison des deux, et les condensateurs électrolytiques de démarrage à électrolyte non solide, pour une tension assignée n'excédant pas 660 V.

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 60068-2 (toutes les parties), *Essais d'environnement – Partie 2: Essais*

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

CEI 60068-2-14, *Essais d'environnement – Partie 2-14: Essais – Essai N: Variation de température*

CEI 60068-2-20, *Essais d'environnement – Partie 2-20: Essais – Essai T: Soudure*

CEI 60068-2-21, *Essais d'environnement – Partie 2-21: Essais – Essai U: Robustesse des sorties et des dispositifs de fixation*

CEI 60068-2-78:2001, *Essais d'environnement – Partie 2-78: Essais – Essai Cab: Chaleur humide, essai continu*

CEI 60112, *Méthode pour déterminer des indices de résistance et de tenue au cheminement des matériaux isolants solides dans des conditions humides*

CEI 60309-1:1999, *Prises de courant pour usages industriels – Partie 1: Règles générales*

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

CEI 60695-2-10:2000, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-10: Essais au fil incandescent/chauffant – Appareillage et méthode commune d'essai*

CEI 60695-2-11:2000, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-11: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai d'inflammabilité pour produits finis*

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 autorestaurées

3.6

condensateur à film segmenté

condensateur à film métallisé avec un motif répétitif sur le dépôt métallique d'au moins une couche, conçue pour isoler des parties 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

service intermittent

service dans lequel des périodes de fonctionnement sont suivies d'intervalles pendant lesquels le condensateur n'est pas sous tension

3.10

service de démarrage

type particulier de service intermittent dans lequel le condensateur est sous tension pour une période très courte, pendant que le moteur accélère pour atteindre sa vitesse de régime

3.11

cycle de fonctionnement assigné

valeur assignée indiquant le type de fonctionnement intermittent de fonctionnement ou de démarrage pour lequel le condensateur est prévu

NOTE Il est exprimé par la durée du cycle en minutes et par le pourcentage du temps pendant lequel le condensateur est sous tension.

3.12

durée du cycle de fonctionnement

somme de l'intervalle de temps sous tension et de l'intervalle de temps hors tension en cas de service intermittent

3.13

durée relative de fonctionnement

pourcentage de la durée du cycle pendant lequel le condensateur est sous tension

3.14

condensateur pour service intermittent et continu

condensateur prévu pour fonctionner à une tension donnée en service continu, et à une tension différente (normalement plus élevée) en service intermittent

3.15

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

3.16

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

3.17

tension assignée d'un condensateur

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

3.18

tension maximale

valeur la plus élevée de la tension efficace admissible aux bornes d'un condensateur de démarrage entre le début du démarrage et le moment où le condensateur est déconnecté

3.19

fréquence assignée d'un condensateur

f_N
fréquence la plus haute pour laquelle le condensateur est conçu

3.20

capacité assignée d'un condensateur

C_N
valeur de capacité pour laquelle le condensateur est conçu

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

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

3.22**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)

3.23**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.

3.24**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

3.25**facteur de puissance**

quotient entre la puissance active et la puissance apparente d'un condensateur

3.26**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

3.27**type de condensateurs**

les condensateurs sont considérés 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

NOTE 1 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 2 La même construction comprend, par exemple, le même matériau diélectrique, la même épaisseur de diélectrique et le même type d'enveloppe (métallique ou plastique).

3.28**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

3.29**classe relative à la protection de sécurité**

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

Note 1 à l'article: Cette définition ne s'applique pas aux condensateurs électrolytiques.

3.29.1

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.

3.29.2

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 5.1.16.3 et 5.1.16.5.

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

3.29.3

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 5.1.16.3 et 5.1.16.5.

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

3.29.4

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 5.1.16.4 et 5.1.16.6.

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 notes en 5.3.4 et 6.3.4);
- 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 3.15 et 3.16).

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 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $70\text{ }^{\circ}\text{C}$, 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 les suivantes: $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ and $\pm 15\%$.

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

5 Condensateurs de démarrage autorégénérateurs

5.1 Exigences de qualité et essais

5.1.1 Exigences relatives aux essais

5.1.1.1 Généralités

Cet article contient les exigences d'essai pour les condensateurs de démarrage autorégénérateurs.

5.1.1.2 Conditions d'essai

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

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

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.

5.1.2 Nature des essais

Les essais spécifiés sont de deux sortes:

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

5.1.2.1 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.

5.1.2.2 Essais individuels

Les essais individuels doivent être effectués par le fabricant sur chaque condensateur avant livraison.

5.1.3 Essais de type

5.1.3.1 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 5.1.4.

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.

5.1.3.2 Extension de la qualification

5.1.3.2.1 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 5.1.3.1, la qualification est valable pour tous les modèles de ce type ayant des capacités assignées comprises entre les deux valeurs essayées.

5.1.3.2.2 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 $\pm 5\%$.

5.1.3.2.3 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