

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Fixed capacitors for use in electronic equipment –
Part 1: Generic specification**

**Condensateurs fixes utilisés dans les équipements électroniques –
Partie 1: Spécification générique**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60384-1:2021



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2021 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

Tel.: +41 22 919 02 11
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 corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

IEC 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: sales@iec.ch.

IEC online collection - oc.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 18 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC online collection - oc.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Fixed capacitors for use in electronic equipment –
Part 1: Generic specification**

**Condensateurs fixes utilisés dans les équipements électroniques –
Partie 1: Spécification générique**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.060.10

ISBN 978-2-8322-9973-9

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

CONTENTS

FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Terms and definitions	10
4 General requirements	15
4.1 Symbols, units and abbreviated terms	15
4.2 Preferred values and additional technical requirements	17
4.3 Marking	19
5 General provisions for tests and measurement procedures	19
5.1 General	19
5.2 Standard atmospheric conditions	20
5.3 Drying	21
5.4 Storage	21
5.5 Mounting (for surface mount capacitors only)	22
6 Electrical tests and measurements	25
6.1 Insulation resistance	25
6.2 Voltage proof	28
6.3 Capacitance	32
6.4 Tangent of loss angle and equivalent series resistance (ESR)	32
6.5 Leakage current	33
6.6 Impedance	34
6.7 Self-resonant frequency and inductance	35
6.8 Variation of capacitance with temperature	38
6.9 Surge	40
6.10 High surge current test	42
6.11 Charge and discharge tests and inrush current test	44
6.12 Dielectric absorption	45
6.13 Voltage transient overload (for aluminum electrolytic capacitors with non-solid electrolyte)	47
7 Mechanical tests and measurements	48
7.1 Visual examination and check of dimensions	48
7.2 Outer foil termination	49
7.3 Robustness of terminations	50
7.4 Vibration	51
7.5 Bump (repetitive shock)	52
7.6 Shock	52
7.7 Shear test	52
7.8 Substrate bending test	53
7.9 Container sealing	53
8 Environmental and climatic tests	53
8.1 Rapid change of temperature	53
8.2 Climatic sequence	53
8.3 Damp heat, steady state	55
8.4 Damp heat, steady state with voltage applied (for metallized film capacitors only)	55

8.5	Endurance	56
8.6	Thermal stability test.....	58
8.7	Characteristics at high and low temperatures	58
8.8	Accelerated damp heat, steady state	58
8.9	Accelerated damp heat, steady state (for multilayer ceramic capacitors only)	59
9	Tests related to component assembly	60
9.1	Resistance to soldering heat.....	60
9.2	Solderability	60
9.3	Whisker growth test	61
9.4	Component solvent resistance	62
9.5	Solvent resistance of marking	62
10	Tests related to safety	63
10.1	Passive flammability	63
10.2	Pressure relief (for aluminum electrolytic capacitors)	63
11	Quality assessment procedures	64
Annex A (informative)	Guidance on pulse testing of capacitors	65
A.1	Overview.....	65
A.2	Typical capacitor pulse conditions.....	65
A.3	Effect of inductance on pulse testing.....	66
Annex Q (informative)	Quality assessment procedures	67
Q.1	General.....	67
Q.2	Qualification approval (QA) procedures.....	70
Q.3	Capability approval (CA) procedures.....	71
Q.4	Technology approval (TA) procedure	73
Q.5	Rules for the preparation of detail specifications for capacitors and resistors for electronic equipment for use within quality assessment systems.....	74
Q.6	Layout of the first page of a PCP/CQC specification	75
Q.7	Requirements for capability approval test report	75
Q.8	Guidance on the extension of endurance tests on fixed capacitors.....	76
Annex X (informative)	Cross reference for references to the previous edition of this document.....	78
	Bibliography.....	80
Figure 1	– Specification system for fixed capacitors.....	8
Figure 2	– Reactive power against frequency.....	18
Figure 3	– Relation between category temperature range and applied voltage	19
Figure 4	– Suitable substrate for mechanical tests	24
Figure 5	– Suitable substrate for electrical tests.....	25
Figure 6	– Voltage-proof test circuit	29
Figure 7	– Schematic diagram of the impedance measuring circuit	34
Figure 8	– Capacitor mounting arrangement for general use	35
Figure 9	– Capacitor mounting arrangement for printed circuit use.....	36
Figure 10	– Typical diagram of an absorption oscillator-wavemeter.....	37
Figure 11	– Schematic diagram of the measuring circuit	37
Figure 12	– Relay circuit	41
Figure 13	– Thyristor circuit	41

Figure 14 – Voltage waveform across capacitor	42
Figure 15 – High surge current test.....	43
Figure 16 – Voltage and current waveform.....	44
Figure 17 – Dielectric absorption test circuit	46
Figure 18 – Voltage transient overload test circuit.....	47
Figure 19 – Voltage waveform	48
Figure 20 – Test circuit	49
Figure 21 – Test circuit for electrolytic capacitors	57
Table 1 – Referee conditions	21
Table 2 – Measuring voltage of insulation resistance	25
Table 3 – Measuring points.....	28
Table 4 – Tensile force	50
Table 5 – Torque	51
Table 6 – Number of cycles	55
Table 7 – Severities and requirements	63
Table X.1 – Reference to IEC 60384-1 for clauses/subclauses or annexes	78
Table X.2 – Reference to IEC 60384-1 for figures and tables.....	79

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60384-1:2021

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FIXED CAPACITORS FOR USE IN ELECTRONIC EQUIPMENT –**Part 1: Generic specification****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.

IEC 60384-1 has been prepared by IEC technical committee 40: Capacitors and resistors for electronic equipment. It is an International Standard.

This sixth edition cancels and replaces the fifth edition published in 2016. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) The document has been completely restructured to comply with the ISO/IEC Directives, Part 2; a new technical categorization of test methods has been introduced and the test methods have been reorganized according to these new categories; tables, figures and references have been revised accordingly.
- b) Annex X has been added for comparison with the previous edition.

The text of this International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
40/2848/FDIS	40/2859/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

A list of all parts in the IEC 60384 series, published under the general title *Fixed capacitors for use in electronic equipment*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60384-1:2021

INTRODUCTION

The specification system for fixed capacitors for use in electronic equipment is structured in a hierarchical system consisting of the following specification types. See Figure 1.

Generic specification

The generic specification covers all subjects mainly common to the family of fixed capacitors for use in electronic equipment, such as terminology, methods of measurement and tests. Where the individual subjects require the conditions or parameters for provisions specific to the particular subfamily or type of fixed capacitor, such are required to be given by one of the subordinate specifications.

For the scope of fixed capacitors, the numeric reference to the generic specification is IEC 60384-1.

Sectional specification

Sectional specifications cover all subjects additional to those given in the generic specification, which are specific to a defined subgroup of fixed capacitors. These subjects normally are preferred values for dimensions and characteristics, additional test methods and relevant provisions for test methods given in the generic specification, requirements for sampling and for the preparation of specimen, recommended test severities and preferred acceptance criteria. The sectional specification also outlines the structure and scope of the test schedules which are to be applied in all subordinate detail specifications.

For the scope of fixed capacitors, the numeric references to the sectional specifications reach from IEC 60384-2 for polyester film capacitors to currently IEC 60384-26 for aluminum electrolytic capacitors with conductive polymer solid electrolyte. The variety of sectional specifications may be adapted to the portfolio of different technologies of fixed capacitors.

Detail specification

Detail specifications give directly, or by referring to other specifications, all information necessary to completely describe a given type and range of fixed capacitors, including requirements of all values for dimensions and characteristics. They also give all information required for the quality assessment of the covered type and range of fixed capacitors within a suitable quality assessment system, including requirements for all applied test severities and acceptance criteria, and the completed test schedules.

Detail specifications can be either specifications within the IEC system, another specification system linked to IEC, or specified by the manufacturer or user.

For the scope of fixed capacitors, the numeric references to detail specifications are for example IEC 60384-3-101, if related to the sectional specification IEC 60384-3 and to the ancillary blank detail specification IEC 60384-3-1.

Blank detail specification

The hierarchical system of specifications is supplemented by one or more blank detail specifications to a sectional specification, which are used to ensure a uniform presentation of detail specifications.

The blank detail specifications provide the specification writer with a template on the layout to be adopted and on the information to be given and with guidance for the preparation of detail specifications in line with the requirements of the superior generic or sectional specifications.

Blank detail specifications are not considered as relevant specifications since they do not themselves describe any particular component.

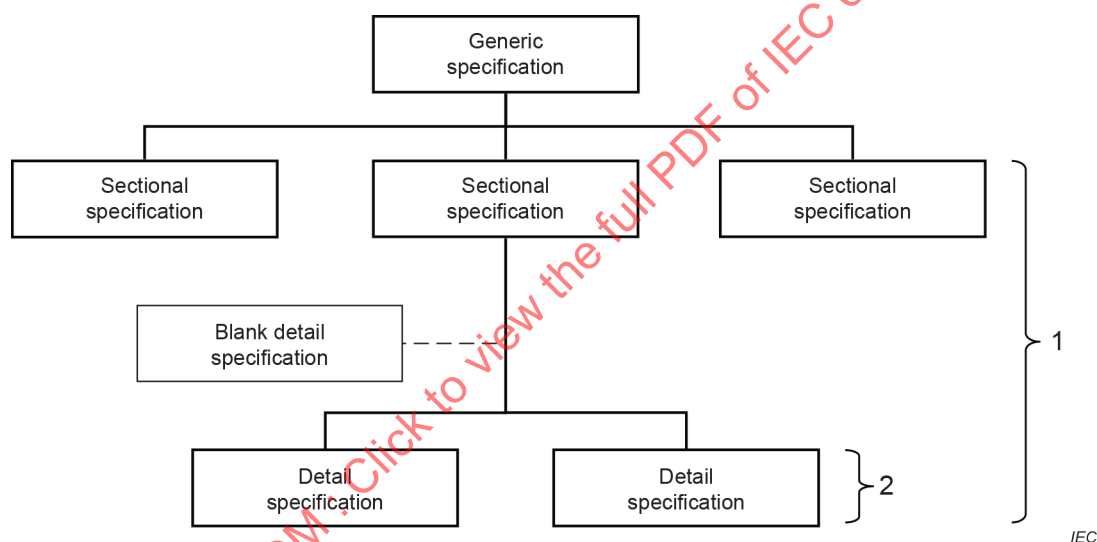
The presence of an established hierarchical specification system with blank detail specifications permits the preparation of detail specifications even outside of the relevant IEC technical committee.

For the scope of fixed capacitors, the numeric references to blank detail specifications are, for example, IEC 60384-3-1, if related to the sectional specification IEC 60384-3.

Relevant specification

In this system the term "relevant specification" addresses subordinate specifications containing specific requirements, where applicable.

Any generic or sectional specification may use abstract and universal references to subordinate specifications of either hierarchical level by use of the expression "relevant specification".



Key

- 1 Indicates the range of "Relevant specifications" to the superior generic specification, where applicable.
- 2 Indicates the range of "Relevant specifications" to the superior sectional specification, where applicable.

Figure 1 – Specification system for fixed capacitors

FIXED CAPACITORS FOR USE IN ELECTRONIC EQUIPMENT –

Part 1: Generic specification

1 Scope

This part of IEC 60384 is a generic specification and is applicable to fixed capacitors for use in electronic equipment.

It establishes standard terms, inspection procedures and methods of test for use in sectional and detail specifications of electronic components for quality assessment or any other purpose.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements 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 60063, *Preferred number series for resistors and capacitors*

IEC 60068-1:2013, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 60068-2-1, *Environmental testing – Part 2-1: Tests – Tests A: Cold*

IEC 60068-2-2:2007, *Environmental testing – Part 2-2: Tests – Tests B: Dry heat*

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

IEC 60068-2-13, *Environmental testing – Part 2-13: Tests – Test M: Low air pressure*

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

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

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

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

IEC 60068-2-27, *Environmental testing – Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock*

IEC 60068-2-30, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle)*

IEC 60068-2-45:1980, *Basic environmental testing procedures – Part 2-45: Tests – Test XA and guidance: Immersion in cleaning solvents*
IEC 60068-2-45:1980/AMD1:1993

IEC 60068-2-58, *Environmental testing – Part 2-58: Tests – Test Td: Test methods for solderability, resistance to dissolution of metallization and to soldering heat of surface mounting devices (SMD)*

IEC 60068-2-67, *Environmental testing – Part 2-67: Tests – Test Cy: Damp heat, steady state, accelerated test primarily intended for components*

IEC 60068-2-69, *Environmental testing – Part 2-69: Tests – Test Te/Tc: Solderability testing of electronic components and printed boards by the wetting balance (force measurement) method*

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

IEC 60068-2-82:2019, *Environmental testing – Part 2-82: Tests – Test Xw1: Whisker test methods for components and parts used in electronic assemblies*

IEC 60294, *Measurement of the dimensions of a cylindrical component with axial terminations*

IEC 60695-11-5, *Fire hazard testing – Part 11-5: Test flames – Needle-flame test method – Apparatus, confirmatory test arrangement and guidance*

IEC 60717, *Method for the determination of the space required by capacitors and resistors with unidirectional terminations*

IEC 61193-2, *Quality assessment systems – Part 2: Selection and use of sampling plans for inspection of electronic components and packages*

IEC 61249-2-7, *Materials for printed boards and other interconnecting structures – Part 2-7: Reinforced base materials clad and unclad – Epoxide woven E-glass laminated sheet of defined flammability (vertical burning test), copper-clad*

ISO 3, *Preferred numbers – Series of preferred numbers*

3 Terms and definitions

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

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

NOTE They have been listed in alphabetical order.

3.1

AC capacitor

capacitor designed essentially for application with alternating voltages

3.2**bipolar capacitor**

<electrolytic capacitor> capacitor designed to withstand an alternating voltage and/or reversal of the applied direct voltage

3.3**category of passive flammability**

category indicating the maximum burning time after a specified time of flame application

3.4**category temperature range**

ambient temperature range for which the capacitor has been designed to operate continuously

Note 1 to entry: The temperature range is limited by the lower and upper category temperature (see 3.10 and 3.41).

3.5**category voltage**

U_C

maximum voltage that can be applied continuously to a capacitor at its upper category temperature (3.41)

3.6**DC capacitor**

capacitor designed essentially for application with direct voltage

Note 1 to entry: It may not be suitable for use on AC supplies.

3.7**family**

<electronic components> group of components which predominantly displays a particular physical attribute and/or fulfils a defined function

3.8**grade**

additional general characteristic concerning the intended application of the component

3.9**insulated capacitor**

capacitor in which all terminations of a section may be raised to a potential different (but not less than the rated voltage) from that of any conducting surface with which the case is liable to come into contact in normal use

3.10**lower category temperature****LCT**

minimum ambient temperature for which a capacitor has been designed to operate continuously

Note 1 to entry: The lower category temperature in some tests is abbreviated as T_A .

3.11**maximum storage temperature**

maximum ambient temperature which the capacitor withstands in the non-operating condition without damage

3.12**maximum temperature**

<of a capacitor> temperature at the hottest point of its external surface

Note 1 to entry: The terminations are considered to be part of the external surface.

3.13

minimum storage temperature

minimum ambient temperature which the capacitor withstands in the non-operating condition without damage

3.14

minimum temperature

<of a capacitor> temperature at the coldest point of the external surface

Note 1 to entry: The terminations are considered to be part of the external surface.

3.15

nominal capacitance

C_N

designated capacitance value, usually indicated on the capacitor

3.16

passive flammability

ability of a capacitor to burn with a flame as a consequence of the application of an external source of heat

3.17

polar capacitor

<electrolytic capacitor> capacitor intended for use with a unidirectional voltage connected according to the polarity indication

3.18

pulse capacitor

capacitor for use with pulses of current or voltage

Note 1 to entry: The definitions of IEC 60469 apply.

3.19

pulse equivalent circuit

<of a capacitor> equivalent circuit consisting of an ideal capacitor in series with its residual inductance and the equivalent series resistance (ESR)

Note 1 to entry: For pulse operation the equivalent series resistance will be similar to, but not identical with, the ESR measured with a sinusoidal voltage. The pulse ESR depends on the series of harmonics in the pulse and the variation of the losses with frequency.

3.20

rated AC load

maximum sinusoidal AC load which may be applied continuously to the terminations of a capacitor at any temperature between the lower category temperature (3.10) and the rated temperature (3.24)

3.21

rated pulse load

maximum pulse load which may be applied at a certain pulse repetition frequency to the terminations of a capacitor at any temperature between the lower category temperature (3.10) and the rated temperature (3.24)

3.22

rated ripple current

RMS value of the maximum allowable alternating current of a specified frequency, at which the capacitor can be operated continuously at a specified temperature

Note 1 to entry: As the ripple current will generate a ripple voltage across the capacitor, the sum of the direct voltage and the peak value of the alternating voltage applied to the capacitor should not exceed the rated voltage or temperature derated voltage, as applicable.

3.23

rated ripple voltage

RMS value of the maximum allowable alternating voltage at a specified frequency superimposed on the DC voltage at which the capacitor may be operated continuously at a specified temperature

Note 1 to entry: The sum of the direct voltage and the peak value of the alternating voltage applied to the capacitor should not exceed the rated voltage or temperature derated voltage, as applicable.

3.24

rated temperature

maximum ambient temperature at which the rated voltage may be continuously applied

3.25

rated voltage

U_R

3.25.1

rated DC voltage

maximum DC voltage which may be applied continuously to a capacitor at the rated temperature (3.24)

Note 1 to entry: The maximum DC voltage is the sum of the DC voltage and peak AC voltage or peak pulse voltage applied to the capacitor.

3.25.2

rated AC voltage

maximum RMS alternating voltage which may be applied continuously to a capacitor at the rated temperature (3.24) and at a given frequency

3.25.3

rated pulse voltage

peak value of the pulse voltage within a given pulse wave form which may be applied continuously to a capacitor at the rated temperature (3.24)

3.26

reverse voltage

<polar capacitor> voltage applied to the capacitor terminations in the reverse polarity direction

Note 1 to entry: Reverse voltage applies to polar capacitors only.

3.27

self-healing

process by which the electrical properties of the capacitor, after a local breakdown of the dielectric, are rapidly and essentially restored to the values before the breakdown

3.28

style

subdivision of a type (3.39), generally based on dimensional factors, which may include several variants, generally of a mechanical order

3.29

subfamily

<electronic components> group of components within a family (3.7) manufactured by similar technological methods

3.30

surface mount capacitor

fixed capacitor whose small dimensions and nature or shape of terminations make it suitable for use in hybrid circuits and on printed boards

3.31

surge voltage ratio

quotient of the maximum instantaneous voltage which can be applied to the terminations of the capacitor for a specified time at any temperature within the category temperature range (3.4) and the rated voltage (3.25) or the temperature derated voltage (3.36), as appropriate

3.32

tangent of loss angle

$\tan \delta$

power loss of the capacitor divided by the reactive power of the capacitor at a sinusoidal voltage at a specified frequency

3.33

temperature characteristics of capacitance

maximum variation of capacitance produced over a given temperature range within the category temperature range (3.4)

Note 1 to entry: The term characterizing this property applies mainly to capacitors of which the variations of capacitance as a function of temperature, linear or non-linear, cannot be expressed with precision and certainty.

Note 2 to entry: This characteristic is normally expressed as a percentage of the capacitance related to a reference temperature of 20 °C.

3.34

temperature coefficient of capacitance

α

rate of change of capacitance with temperature measured over a specified range of temperature

Note 1 to entry: The term characterizing this property applies to capacitors of which the variations of capacitance as a function of temperature are linear or approximately linear and can be expressed with a certain precision.

Note 2 to entry: This coefficient is normally expressed in parts per million per Kelvin ($10^{-6}/K$).

3.35

temperature cyclic drift of capacitance

maximum irreversible variation of capacitance observed at room temperature during or after the completion of a number of specified temperature cycles

Note 1 to entry: The term characterizing this property applies to capacitors of which the variations of capacitance as a function of temperature are linear or approximately linear and can be expressed with a certain precision.

Note 2 to entry: This drift is normally expressed as a percentage of the capacitance related to a reference temperature, usually 20 °C.

3.36

temperature derated voltage

maximum voltage that may be applied continuously to a capacitor, when it is at any temperature between the rated temperature (3.24) and the upper category temperature (3.41)

Note 1 to entry: Refer to 4.2.6.

3.37

temperature rise

rise in the temperature of the capacitor relative to the ambient temperature resulting from the losses in the capacitor due to operation under AC, pulse or charge/discharge conditions

3.38**time constant** τ

product of the insulation resistance and the capacitance

Note 1 to entry: The time constant is normally expressed in seconds.

3.39**type**

group of components having similar design features and manufacturing techniques, enabling them to be considered together, either for qualification approval or for quality conformance inspection

Note 1 to entry: These components are generally covered by a single detail specification.

Note 2 to entry: Components described in several detail specifications, may, in some cases, be considered as belonging to the same type.

3.40**uninsulated capacitor**

capacitor in which one or more of the terminations of a section cannot be raised to a potential different (but not less than the rated voltage) from that of any conducting surface with which the case is liable to come into contact in normal use

3.41**upper category temperature****UCT**

maximum ambient temperature for which a capacitor has been designed to operate continuously

Note 1 to entry: The upper category temperature in some tests is abbreviated as T_B .

3.42**visible damage**

defect detected during visual inspection, which reduces the usability of the capacitor for its intended purpose

4 General requirements**4.1 Symbols, units and abbreviated terms****4.1.1 General**

Units, graphical symbols and letter symbols should, whenever possible, be taken from the following publications:

- IEC 60027 (all parts);
- IEC 60050 (all parts);
- IEC 60617;
- ISO 80000-1.

When further items are required, they should be derived in accordance with the principles of the publications listed above.

4.1.2 Letter symbols

For the purposes of this document and the subordinate specifications, the following letter symbols apply.

C_N	nominal capacitance
DA	dielectric absorption
du/dt	voltage slope of a pulse
f_r	self-resonant frequency
I_{leak}	leakage current
k_0	maximum permissible pulse characteristics
L	self-inductance
R_{INS}	insulation resistance
T_A	lower category temperature
$\tan \delta$	tangent of loss angle
T_B	upper category temperature
T_C	category temperature
T_{op}	operating temperature
T_R	rated temperature
U_C	category voltage
U_{op}	operating voltage
U_R	rated voltage
U_{RS}	surge voltage
Z	impedance
α	temperature coefficient of capacitance
τ	time constant ($= C_N \times R_{INS}$)

4.1.3 Abbreviated terms

For the purposes of this document and the subordinate specifications, the following abbreviated terms apply.

CA	capability approval
CB	certification body
CM	capability manual
CQC	capability qualifying component
CTR	certified test record
DMR	designated management representative
ESR	equivalent series resistance
FET	field effect transistor
IPA	isopropyl alcohol
LCT	lower category temperature
PCP	process control plan
QA	qualification approval
SMD	surface mount device

SPC	statistical process control
TA	technology approval
TADD	technology approval declaration document
TAS	technology approval schedule
UCT	upper category temperature

4.2 Preferred values and additional technical requirements

4.2.1 General

Each sectional specification shall specify the preferred values appropriate to the subfamily; for nominal capacitance, see also 4.2.2.

4.2.2 Preferred values of nominal capacitance

The preferred values of nominal capacitance shall be taken from the series specified in IEC 60063.

4.2.3 Preferred values of rated voltage

The preferred values of the rated voltage shall be taken from the R10 series of ISO 3, and are 1,0 – 1,25 – 1,6 – 2,0 – 2,5 – 3,15 – 4,0 – 5,0 – 6,3 – 8,0 and their decimal multiples ($\times 10^n$, n : integer).

4.2.4 Rated AC load

The rated AC load may be expressed:

- a) at low frequencies as a rated AC voltage;
- b) at high frequencies as a rated AC current;
- c) at intermediate frequencies as a rated reactive power (var).

The reactive power against frequency is shown in Figure 2.

For a particular type of capacitor, it may be necessary to specify one or more of the above characteristics.

Capacitors within the scope of this document are normally less than 500 var at 50 Hz to 60 Hz. Low frequencies may be 50 Hz to 60 Hz, 100 Hz to 120 Hz, or 400 Hz. RMS voltages may be up to 600 V at 50 Hz to 60 Hz. However, capacitors for filters, transmitter or converter circuits may be required to operate under power over a wide range of frequencies and up to 10 kvar at the higher frequencies with RMS voltages up to 1 000 V.

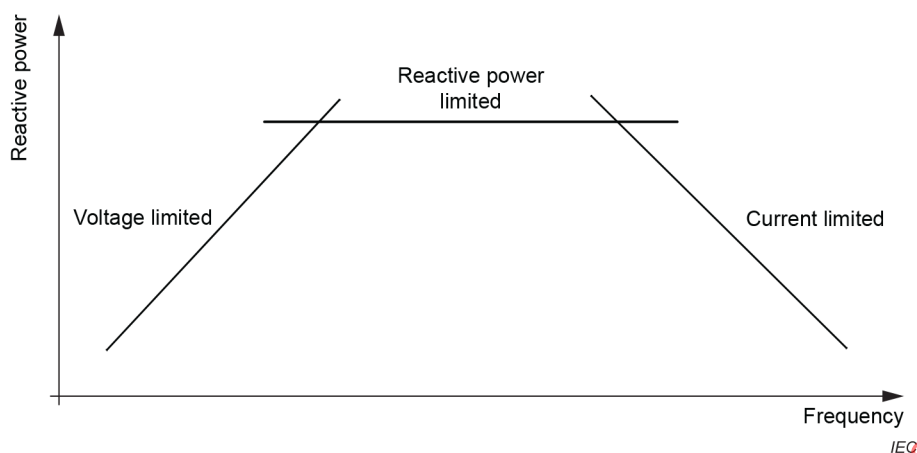


Figure 2 – Reactive power against frequency

4.2.5 Rated pulse load

The rated pulse load may be expressed as a) and b) and any of the remaining items:

- a) peak current per μF or du/dt ($\text{V}/\mu\text{s}$);
- b) relative duration of charge and discharge periods;
- c) current;
- d) peak voltage;
- e) peak reverse voltage;
- f) pulse repetition frequency;
- g) maximum active power.

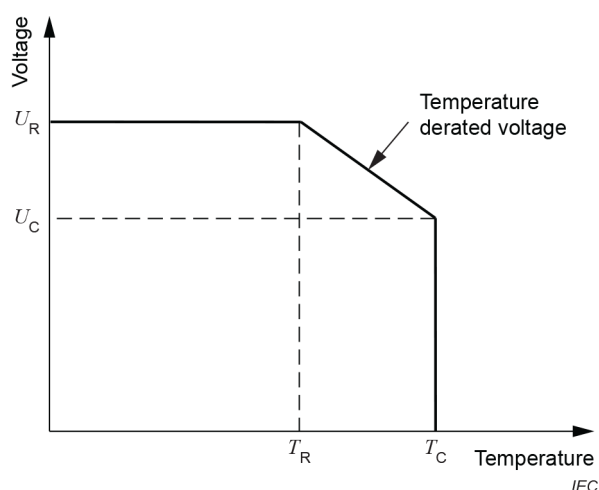
These parameters are fixed for periodic pulses.

In the case of intermittent pulses, the duty cycle should be specified. In the case of random pulses, the total number expected over a given time period should be stated.

The RMS pulse current should be calculated in accordance with IEC 60469:2013, 3.2.17.5. In the case of intermittent or random pulses, the time interval should be chosen to correspond to the maximum temperature rise.

4.2.6 Temperature derated voltage

Information on the relation between applied voltage and temperature at temperatures between the rated temperature and the upper category temperature should, if applicable, be given in the relevant specification (see Figure 3).

**Key**

U_R is the rated voltage

U_C is the category voltage

T_R is the rated temperature

T_C is the category temperature

Figure 3 – Relation between category temperature range and applied voltage

4.3 Marking

4.3.1 General

The sectional specification shall indicate the identification criteria and other information to be shown on the capacitor and/or packaging.

The order of priority for marking small capacitors shall be specified.

4.3.2 Coding

When coding is used for capacitance value, tolerance or date of manufacture, the method shall be selected from those given in IEC 60062.

5 General provisions for tests and measurement procedures

5.1 General

The sectional and/or blank detail specification shall indicate the tests to be made, which measurements are to be made before and after each test or subgroup of tests, and the sequence in which they shall be made. The stages of each test shall be carried out in the order written. The measuring conditions shall be the same for initial and final measurements.

If national specifications within any quality assessment system include methods other than those specified in the above specifications, they shall be fully described.

Limits given in all specifications are absolute limits. The principle to take measurement uncertainty into account shall be applied.

5.2 Standard atmospheric conditions

5.2.1 Standard atmospheric conditions for testing

Unless otherwise specified, all tests and measurements shall be carried out under standard atmospheric conditions for testing as given in IEC 60068-1:2013, 4.3:

- temperature: 15 °C to 35 °C;
- relative humidity: 25 % to 75 %;
- air pressure: 86 kPa to 106 kPa.

Before the measurements are made, the capacitor shall be stored at the measuring temperature for a time sufficient to allow the entire capacitor to reach this temperature. The period as specified for recovery at the end of a test is normally sufficient for this purpose.

When measurements are made at a temperature other than the specified temperature, the results shall, where necessary, be corrected to the specified temperature. The ambient temperature during the measurements shall be stated in the test report. In the event of a dispute, the measurements shall be repeated using one of the referee temperatures (as given in 5.2.3) and such other conditions as are specified in this document.

When tests are conducted in a sequence, the final measurements of one test may be taken as the initial measurements for the succeeding test.

During measurements, the capacitor shall not be exposed to draughts, direct sunlight or other influences likely to cause error.

5.2.2 Recovery conditions

Unless otherwise specified recovery shall take place under the standard atmospheric conditions for testing (5.2.1).

If recovery under closely controlled conditions is necessary, the controlled recovery conditions of IEC 60068-1:2013, 4.4.2, shall be used.

Unless otherwise specified in the relevant specification, a duration of 1 h to 2 h shall be used.

The definition of recovery is as given in IEC 60068-1:2013, 3.4, being further restricted for capacitors as follows.

When a recovery period is specified as, for example, 1 h to 2 h, this means that measurement (or other subsequent action) on a batch of capacitors may start after 1 h and shall be completed before 2 h from the beginning of the recovery period.

The preferred method of specifying a recovery period is in the form "x h to y h".

5.2.3 Referee conditions

For referee purposes, one of the standard atmospheric conditions for referee tests taken from IEC 60068-1:2013, 4.2, as given in Table 1, shall be selected.

Table 1 – Referee conditions

Temperature °C	Relative humidity %	Air pressure kPa
20 ± 1	63 to 67	86 to 106
23 ± 1	48 to 52	86 to 106
25 ± 1	48 to 52	86 to 106
27 ± 1	63 to 67	86 to 106

5.2.4 Reference conditions

For reference purposes, the standard atmospheric conditions for reference given in IEC 60068-1:2013, 4.1, apply:

- temperature: 20 °C;
- air pressure: 101,3 kPa.

5.3 Drying

Unless otherwise specified in the relevant specification, the capacitor shall be conditioned for 96 h ± 4 h by heating in a circulating air oven at a temperature of 55 °C ± 2 °C and a relative humidity not exceeding 20 %.

The capacitor shall then be allowed to cool in a desiccator using a suitable desiccant, such as activated alumina or silica gel, and shall be kept therein from the time of removal from the oven to the beginning of the specified tests.

5.4 Storage

5.4.1 Storage at high temperature

5.4.1.1 Initial measurement

The measurements specified in the relevant specification shall be made.

5.4.1.2 Test procedure

The capacitors shall be subjected to IEC 60068-2-2, Test Bb, using the following severities:

- temperature: upper category temperature;
- duration: 96 h ± 4 h.

The test specimens may be introduced into the test chamber at any temperature from laboratory temperature to the upper category temperature.

5.4.1.3 Final inspection, measurements and requirements

After recovery for at least 16 h, the measurements specified in the relevant specification shall be made.

5.4.2 Storage at low temperature

5.4.2.1 Initial measurement

The measurements specified in the relevant specification shall be made.

5.4.2.2 Test procedure

The capacitors shall be subjected to IEC 60068-2-1, Test Ab. The capacitors shall be stored at $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ for either a period of 4 h after thermal stability has been reached, or for 16 h, whichever is the shorter period.

The test specimens may be introduced into the test chamber at any temperature from laboratory temperature to $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5.4.2.3 Final inspection, measurements and requirements

After recovery for at least 16 h, the measurements specified in the relevant specification shall be made.

5.5 Mounting (for surface mount capacitors only)

5.5.1 Substrate

Surface mount capacitors shall be mounted on a suitable substrate, the method of mounting being dependent on the capacitor construction. The substrate material shall normally be an epoxide woven glass fabric laminated printed board (as defined in IEC 61249-2-7) with a thickness of $1,6\text{ mm} \pm 0,20\text{ mm}$ or $0,8\text{ mm} \pm 0,10\text{ mm}$, or a 90 % to 98 % alumina substrate having a thickness of $0,635\text{ mm} \pm 0,05\text{ mm}$ or more, and shall not affect the result of any test or measurement. The detail specification shall indicate which material shall be used for the electrical measurements.

The substrate shall have metallized land areas of proper spacing to permit mounting of surface mount capacitors and shall provide electrical connection to the surface mount capacitor terminals. The details shall be specified in the detail specification.

Examples of test substrates for mechanical and electrical tests are shown in Figure 4 and Figure 5, respectively.

If another method of mounting applies, the method should be clearly described in the detail specification.

5.5.2 Wave soldering

When the detail specification specifies wave soldering, a suitable glue, details of which may be specified in the detail specification, shall be used to fasten the component to the substrate before soldering is performed.

Small dots of the glue shall be applied between the conductors of the substrate by means of a suitable device securing repeatable results.

The surface mount capacitors shall be placed on the dots using tweezers. To ensure that no glue is applied to the conductors, the surface mount capacitors shall not be moved about.

The substrate with the surface mount capacitors shall be heat-treated in an oven at $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 15 min.

The substrate shall be soldered in a wave soldering apparatus. The apparatus shall be adjusted to have a pre-heating temperature of $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, a solder bath at $260\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ and a soldering time of $5\text{ s} \pm 0,5\text{ s}$.

The substrate shall be cleaned for 3 min in a suitable solvent (see IEC 60068-2-45:1980/AMD1:1993, 3.1.2).

5.5.3 Reflow soldering

When the detail specification specifies reflow soldering, the following mounting procedure applies.

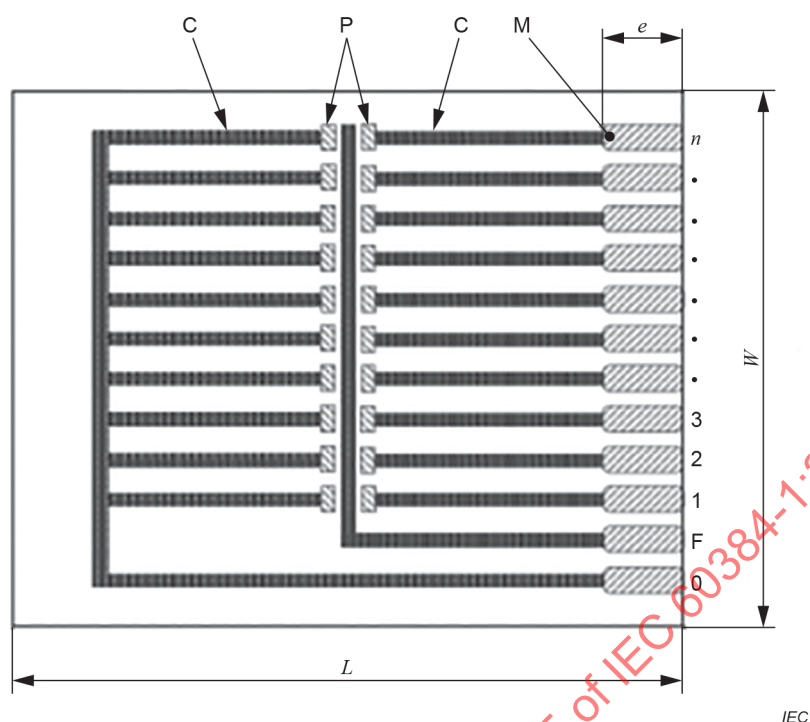
- a) The solder used in preform or paste form shall be silver bearing (2 % minimum) eutectic Sn/Pb solder together with a flux as stated in IEC 60068-2-20. Alternative solders such as 60/40 or 63/37 may be used on the surface mount capacitors whose construction includes solder leach barriers. Pb-free solder used in preform or paste form shall be Sn96,5Ag3,0Cu0,5 or derivative solder together with a flux as stated in IEC 60068-2-58, or as defined in the relevant specification.
- b) The surface mount capacitor shall then be placed across the metallized land areas of the test substrate so as to make contact between the surface mount and substrate land areas.
- c) The substrate shall then be placed in or on a suitable heating system (molten solder, hot plate, tunnel oven, etc.). The temperature of the unit shall be maintained between 215 °C and 260 °C, until the solder melts and reflows forming a homogeneous solder bond, but for not longer than 10 s.

The flux should be removed by a suitable solvent (see IEC 60068-2-45:1980/AMD1:1993, 3.1.2). All subsequent handling should be such as to avoid contamination. Ensure that cleanliness in test chambers and during post test measurements is maintained.

The detail specification may require a more restricted temperature range.

If vapour phase soldering is applied, the same method may be used with the temperatures adapted.

A suitable substrate for mechanical tests is shown in Figure 4. Note that this substrate may not be suitable for impedance measurements. A suitable substrate for electrical tests is shown in Figure 5.



Key

C conductor tracks, typically covered with solder resist

P solder pads, dimensions as specified by the relevant specification

M mating area for a card edge connector, or for attachment of individual test wires

F optional conductor track

L length of the substrate, $L \geq 100$ mm

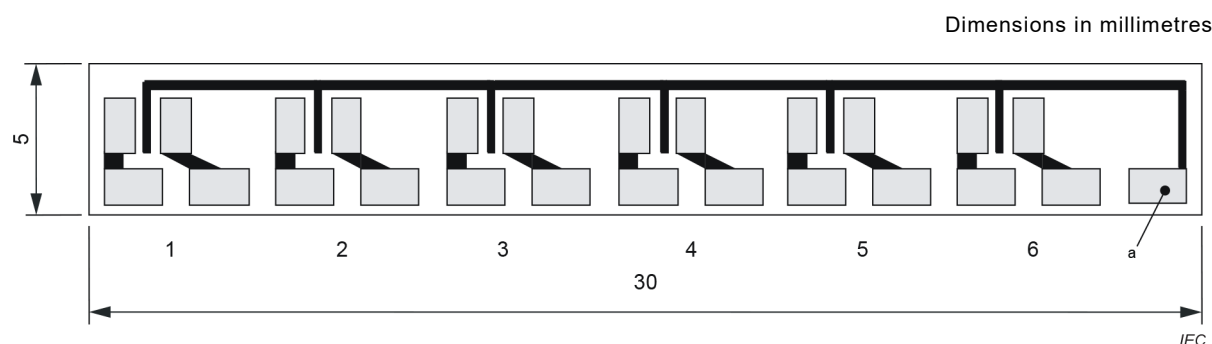
W width of the substrate, depending on the design of the test equipment and on the intended number n of specimens to be tested in parallel

e length of the connector pads, e.g. 15 mm

n specimen number

The relevant specification shall specify a minimum spacing of the specimens, which shall be applied if $n > 1$

Figure 4 – Suitable substrate for mechanical tests

**Key**

- Solderable areas
- Non-solderable areas (covered with non-solderable lacquer)

All dimensions are in millimetres. Tolerances: medium.

Material: 90 % to 98 % alumina substrate

Thickness: 0,635 mm ± 0,05 mm, or more

Dimensions not given should be chosen according to the design and size of the specimens to be tested.

^a This conductor may be omitted or used as a guard electrode.

Figure 5 – Suitable substrate for electrical tests

6 Electrical tests and measurements

6.1 Insulation resistance

6.1.1 Preconditioning

Before this measurement is made, the capacitors shall be fully discharged.

6.1.2 Measuring conditions

Unless otherwise specified in the relevant specification, the insulation resistance shall be measured at the voltage specified in Table 2.

The insulation resistance shall be measured after the voltage has been applied for 60 s ± 5 s, unless otherwise specified in the detail specification.

Table 2 – Measuring voltage of insulation resistance

Voltage rating of capacitor V	Measuring voltage V
U_R or $U_C < 10$	U_R or $U_C \pm 10\%$
$10 \leq U_R$ or $U_C < 100$	10 ± 1^a
$100 \leq U_R$ or $U_C < 500$	100 ± 15
$500 \leq U_R$ or U_C	500 ± 50
^a When it can be demonstrated that the voltage has no influence on the measuring result, or that a known relationship exists, measurements can be performed at voltages up to the rated or category voltage. In case of dispute, 10 V shall be used, unless otherwise specified in the sectional specification.	

U_R is the rated voltage used for defining the measuring voltage to be used under standard atmospheric conditions for testing.

U_C is the category voltage used for defining the measuring voltage to be used at the upper category temperature.

6.1.3 Test points

The insulation resistance shall be measured between the measuring points defined in Table 3, specified in the relevant specification.

Test A, between terminations, applies to all capacitors, whether insulated or not.

Test B, internal insulation, applies to insulated capacitors in uninsulated metal cases and to insulated and uninsulated multiple section capacitors.

Test C, external insulation, applies to insulated capacitors in non-metallic cases or in insulated metal cases. For this test, the measuring voltage shall be applied using one of the three following methods as specified in the relevant specification:

6.1.4 Test methods

6.1.4.1 Foil method

A metal foil shall be closely wrapped around the body of the capacitor.

For capacitors with axial terminations, this foil shall extend beyond each end by not less than 5 mm, provided that a minimum distance of 1 mm can be maintained between the foil and the terminations. If this minimum distance cannot be maintained, the extension of the foil shall be reduced by as much as is necessary to establish the distance of 1 mm.

For capacitors with unidirectional terminations, a minimum distance of 1 mm shall be maintained between the edge of the foil and each termination.

6.1.4.2 Method for capacitors with mounting devices

The capacitor shall be mounted in its normal manner on a metal plate, which extends at least 12,7 mm in all directions beyond the mounting face of the capacitor.

6.1.4.3 V-block method

The capacitor shall be clamped in the trough of a 90° metallic V-block of such size that the capacitor body does not extend beyond the extremities of the block.

The clamping force shall be such as to guarantee adequate contact between the capacitor and the block.

The capacitor shall be positioned in accordance with the following:

- a) for cylindrical capacitors: the capacitor shall be positioned in the block so that the termination furthest from the axis of the capacitor is nearest to one of the faces of the block;
- b) for rectangular capacitors: the capacitor shall be positioned in the block so that the termination nearest the edge of the capacitor is nearest to one of the faces of the block.

For cylindrical and rectangular capacitors having axial terminations any out-of-centre positioning of the terminations at their emergence from the capacitor body shall be ignored.

6.1.5 Temperature compensation

When specified in the detail specification, the temperature at which the measurement is made shall be noted. If this temperature differs from 20 °C, a correction shall be made to the measured value by multiplying the value by the appropriate correction factor specified in the sectional specification.

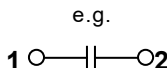
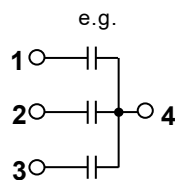
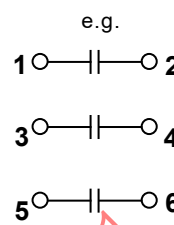
6.1.6 Conditions to be specified in the relevant specification

The relevant specification shall specify:

- a) the measuring points and the measuring voltage corresponding to each of these test points;
- b) the method of applying the voltage (one of the methods described in 6.1.4);
- c) time of electrification if other than 1 min;
- d) any special precautions to be taken during measurements;
- e) any correction factors required for measurement over the range of temperatures covered by the standard atmospheric conditions for testing;
- f) the temperature of measurement if other than the standard atmospheric conditions for testing;
- g) the minimum value of insulation resistance for the various measuring points (see Table 3).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60384-1:2021

Table 3 – Measuring points

Test	Applicable to:	1: Single-section capacitors e.g. 	2: Multiple-section capacitors having common termination for all sections e.g. 	3: Multiple-section capacitors having no common termination e.g. 
A. Between terminations ^a	All capacitors	1a: Between terminations (1–2)	2a: Between each of the terminations and the common termination (1-4, 2-4, 3-4)	3a: Between terminations of each section (1-2, 3-4, 5-6)
B. Internal insulation	Insulated single- and multiple-section capacitors in uninsulated metal cases (1b, 2b, 3b)	1b: Between terminations connected together and the case [(1 to 2)- case]	2b: Between all terminations connected together and the case [(1 to 4)- case]	3b: Between all terminations connected together and the case [(1 to 6)- case]
	Insulated and uninsulated multiple-section capacitors (2c and 3c)		2c: Between the non-common termination of each section and all the other terminations connected together e.g. [2-(1, 3, 4)]	3c: Between the terminations of separate sections, the two terminations of each section being connected together e.g. [(1 to 2)-(3 to 6)]
C. External insulation	Insulated capacitors in non-metallic cases or in insulated metal cases	1c: Between the two terminations connected together and, as appropriate, the metal foil, the metal plate or the metal V-block [(1 to 2)-metal jig]	2d: [(1 to 4)-metal jig]	3d: [(1 to 6)-metal jig]
			Between all terminations connected together and, as appropriate: the metal foil, the metal plate or the metal V-block	
^a Where a capacitor has more than two terminations, the measuring points are the two terminations which are insulated from one another by the capacitor's element dielectric. For example, for a coaxial lead-through capacitor, the measuring points should be one of the terminations connected to the central conductor and the coaxial metal case or mounting face.				

6.2 Voltage proof

6.2.1 General

The test specified in 6.2.3 is a DC test. When an AC test is applied, the test circuit shall be specified in the relevant specification.

6.2.2 Test circuit (for the test between terminations)

The test circuit elements shall be selected in such a way as to ensure that the conditions relating to the charging and discharging currents and the time constant for charging, specified in the relevant specification, are maintained.

Figure 6 specifies the characteristics of a suitable test circuit.

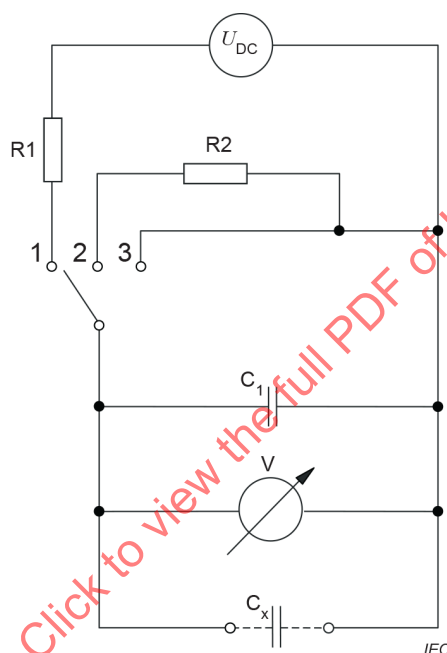
The resistance of the voltmeter shall be not less than 10 000 Ω/V .

The resistor R_1 includes the internal resistance of the voltage source.

The resistors R_1 and R_2 shall have a value sufficient to limit the charging and discharging current to the value specified in the relevant specification.

The capacitance of capacitor C_1 shall be not less than 10 times the capacitance of the capacitor under test.

If applicable, the time constant $R_1 \times (C_X + C_1)$ shall be less than, or equal to, the value specified in the relevant specification.



Key

1, 2 and 3	switching terminations
C_X	Test specimen
C_1	capacitance of C_1 to be not less than 10 times the capacitance of test specimen
U_{DC}	test voltage
R_1 and R_2	resistors
A	ammeter
V	voltmeter

Figure 6 – Voltage-proof test circuit

The capacitor C_1 may be omitted for the testing of certain types of capacitors. This should be stated in the sectional specification.

6.2.3 Test

6.2.3.1 General

Depending on the case, the test comprises one or more parts in accordance with Table 3 and the requirements of the relevant specification.

Repeated application of the voltage proof test may cause permanent damage to the capacitor and should be avoided as far as possible.

6.2.3.2 Test A – Between terminations

6.2.3.2.1 Test points

The test voltage is applied to 1a, 2a, 3a of Table 3 in accordance with the requirements of the relevant specification.

6.2.3.2.2 Procedure

With the switch in position 2, connect the two terminals in Figure 6 to a variable DC supply of sufficient power adjusted to the required test voltage.

Connect the capacitor to be tested (C_X) to the test circuit as indicated in Figure 6.

Move the switch to position 1 so as to charge capacitors C_1 and C_X via R_1 .

The switch remains in this position for the time specified after the test voltage has been reached.

Discharge the capacitors C_1 and C_X through R_2 by moving the switch to position 2. As soon as the voltmeter reading has fallen to zero, short-circuit the capacitors by moving the switch to position 3 and disconnect the capacitor C_X .

6.2.3.3 Test B – Internal insulation

6.2.3.3.1 Test points

The test voltage is applied to 1b, 2b, 2c, 3b, 3c of Table 3 in accordance with the requirements of the relevant specification.

6.2.3.3.2 Procedure

The specified test voltage is applied instantaneously via the internal resistance of the power supply for the time specified in the relevant specification. For point 2c use the test circuit and the procedure indicated for the test between terminations (6.2.2 and 6.2.3.2).

6.2.3.4 Test C – External insulation (applicable only to insulated capacitors in a non-metallic case or in an insulated metal case)

6.2.3.4.1 Test points

The test voltage is applied to 1c, 2d or 3d of Table 3, using one of the three following methods for the application of the voltage, in accordance with the requirements of the relevant specification.

6.2.3.4.2 Foil method

A metal foil shall be closely wrapped around the body of the capacitor.

For capacitors with axial terminations this foil shall extend beyond each end by not less than 5 mm, provided that a minimum distance of 1 mm/kV can be maintained between the foil and the terminations. If this minimum cannot be maintained, the extension of the foil shall be reduced by as much as is necessary to establish the distance of 1 mm/kV of test voltage.

For capacitors with unidirectional terminations, a minimum distance of 1 mm/kV shall be maintained between the edge of the foil and each termination.

In no case shall the distance between the foil and the terminations be less than 1 mm.

6.2.3.4.3 Method for capacitors with mounting devices

The capacitor shall be mounted in its normal manner on a metal plate which extends by not less than 12,7 mm in all directions beyond the mounting face of the capacitor.

6.2.3.4.4 V-block method

The capacitor shall be clamped in the trough of a 90° metallic V-block of such a size that the capacitor body does not extend beyond the extremities of the block.

The clamping force shall be such as to guarantee adequate contact between the capacitor and the block.

The capacitor shall be positioned as follows:

- a) for cylindrical capacitors: the capacitor shall be positioned in the block so that the termination furthest from the axis of the capacitor is nearest to one of the faces of the block;
- b) for rectangular capacitors: the capacitor shall be positioned in the block so that the termination nearest the edge of the capacitor is nearest to one of the faces of the block.

For cylindrical and rectangular capacitors having axial terminations any out-of-centre positioning of the termination at its emergence from the capacitor body shall be ignored.

6.2.3.4.5 Procedure

The specified test voltage is applied instantaneously through the internal resistance of the power source for the time specified in the relevant specification.

6.2.4 Requirements

For each of the specified test points there shall be no sign of breakdown or flashover during the test period.

6.2.5 Conditions to be specified in the relevant specification

The relevant specification shall specify:

- a) the test points (see Table 3) and the test voltage corresponding to each of these points;
- b) for the external insulation test (test C), the method of applying the test voltage (one of the methods described in 6.2.3.4);
- c) the time for which the voltage is applied;
- d) the maximum charging and discharging currents;
- e) when applicable, the maximum value of the time constant for charging ($R_1 \times (C_1 + C_X)$).

6.3 Capacitance

6.3.1 Measuring frequency and measuring voltage

The capacitance shall be measured at one of the following frequencies, unless otherwise specified in the relevant specification:

- electrolytic capacitors: 100 Hz or 120 Hz;
- other capacitors: $C_N \leq 1 \text{ nF}$: 100 kHz, 1 MHz or 10 MHz
(1 MHz shall be the reference);
- $1 \text{ nF} < C_N \leq 10 \text{ }\mu\text{F}$: 1 kHz or 10 kHz
(1 kHz shall be the reference);
- $C_N > 10 \text{ }\mu\text{F}$: 50 Hz (60 Hz) or 100 Hz (120 Hz).

The tolerance on all frequencies for measuring purposes shall not exceed $\pm 20 \%$.

The measuring voltage shall not exceed 3 % of U_R or 5 V, whichever is the smaller, unless otherwise specified in the relevant specification.

6.3.2 Measuring equipment

The accuracy of the measuring equipment shall be such that the error does not exceed:

- a) for absolute capacitance measurements: 10 % of the capacitance tolerance or 2 % absolute, whichever is the smaller;
- b) for measurement of variation of capacitance: 10 % of the specified maximum change of capacitance.

In neither case a) nor case b) need the accuracy be better than the minimum absolute measurement error (for example 0,5 pF) specified in the relevant specification.

6.3.3 Conditions to be specified in the relevant specification

The relevant specification shall specify:

- a) the measurement temperature if other than the standard atmospheric conditions for testing;
- b) the frequencies for measurement and the capacitance range over which they apply, if different from those specified in 6.3.1;
- c) the absolute measurement error, when applicable (for example 0,5 pF);
- d) the measuring voltage if different from the one specified in 6.3.1;
- e) the applied polarizing voltage, when applicable.

6.4 Tangent of loss angle and equivalent series resistance (ESR)

6.4.1 Tangent of loss angle

6.4.1.1 Measuring frequency

The tangent of loss angle shall be measured under the same conditions as those given for the measurement of capacitance at one or more frequencies taken from the list in 6.3.1, as specified in the relevant specification.

6.4.1.2 Measuring accuracy

Unless otherwise specified in the sectional specification, the measuring method shall be such that the error does not exceed 10 % of the specified value or 0,000 3, whichever is the greater.

6.4.2 Equivalent series resistance (ESR)

6.4.2.1 Measuring frequency

The ESR shall be measured at one of the following frequencies, unless otherwise specified in the relevant specification:

50 Hz, 60 Hz, 100 Hz, 120 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz, 1 MHz and 10 MHz.

6.4.2.2 Measuring accuracy

The accuracy of the measuring equipment shall be such that the error does not exceed 10 % of the requirement, unless otherwise specified in the relevant specification.

6.4.2.3 Conditions to be specified in the relevant specification

The relevant specification shall specify

- a) the frequency of measurement;
- b) the absolute error measurement;
- c) the measuring voltage, if different from that specified in 6.3.1;
- d) the applied polarizing voltage, where applicable;
- e) the temperature at which measurements shall be made, if other than the standard atmospheric conditions for testing.

6.5 Leakage current

6.5.1 Preconditioning

Before this measurement is made, the capacitors shall be fully discharged.

6.5.2 Test method

The leakage current shall be measured, unless otherwise specified in the relevant specification, using the direct voltage (U_R or U_C) appropriate to the test temperature, after a maximum electrification period of 5 min. The full 5 min electrification need not be applied if the specified leakage current limit is reached in a shorter time.

6.5.3 Power source

For the object of test, a steady source of power such as a regulated power supply shall be used.

6.5.4 Measuring accuracy

The measurement error shall not exceed ± 5 % or 0,1 μA , whichever is the greater.

6.5.5 Test circuit

When not specified in the relevant specification, the protective resistor shall be 1 000 Ω with a tolerance of ± 10 %.

6.5.6 Conditions to be specified in the relevant specification

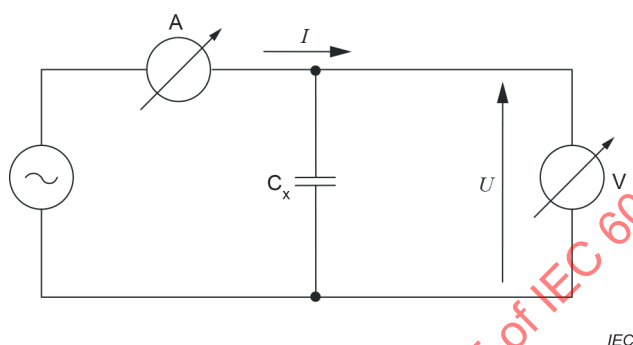
The relevant specification shall specify:

- a) the leakage current limit at a reference temperature of 20 °C, and at other specified temperatures;

- b) when necessary, the correction factor, if the measurements are made at a temperature other than 20 °C, but within the range of temperatures covered by the standard atmospheric conditions for testing;
- c) the electrification time, if different from 5 min;
- d) whether or not a protective resistor shall be placed in series with the capacitor to limit the charging current as defined in 6.5.5, and its nominal values, if it is other than 1 000 Ω.

6.6 Impedance

Impedance shall be measured by the voltmeter-ammeter method according to the circuit of Figure 7, or equivalent.



Key

- C_x test specimen
- U measuring voltage
- I measuring current
- A ammeter
- V voltmeter

Figure 7 – Schematic diagram of the impedance measuring circuit

The impedance Z_X of the capacitor C_X is given by $Z_X = \frac{U}{I}$.

The frequency of the measuring voltage should, preferably, be chosen from the following values:

50 Hz, 60 Hz, 100 Hz, 120 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz, 1 MHz and 10 MHz.

The accuracy of the measuring equipment shall be such that the error does not exceed 10 % of the requirement, unless otherwise specified in the relevant specification.

At frequencies above 120 Hz, precautions are necessary to avoid errors arising from stray currents. The current flowing through the capacitor should be limited so that the measuring result is not significantly affected by the rise of the temperature of the capacitor.

The relevant specification shall specify:

- a) the frequency of measurement;
- b) the temperature(s) at which measurements shall be made;
- c) the limits of impedance, or ratio of impedances measured at different temperatures.

6.7 Self-resonant frequency and inductance

6.7.1 Self-resonant frequency (f_r)

6.7.1.1 General

For this measurement three methods are described. The first method is for general application; the other methods may be particularly suitable for measuring certain types of capacitors having low capacitance.

The accuracy of the measuring equipment shall be such that the error does not exceed 10 % of the requirement, unless otherwise specified in the relevant specification.

6.7.1.2 Method 1

Using the impedance measuring method of 6.6 and a variable frequency source, the lowest frequency shall be determined at which the impedance passes through a minimum. This is the self-resonant frequency.

When it is difficult to determine precisely the frequency at which the impedance is at a minimum, then use may be made of a phase-meter to compare the phase of the voltage across the capacitor with the phase of the voltage across a low-inductance resistor connected in series with the capacitor. The resonant frequency is then the frequency when there is no phase difference. A Q-meter may be used for this purpose.

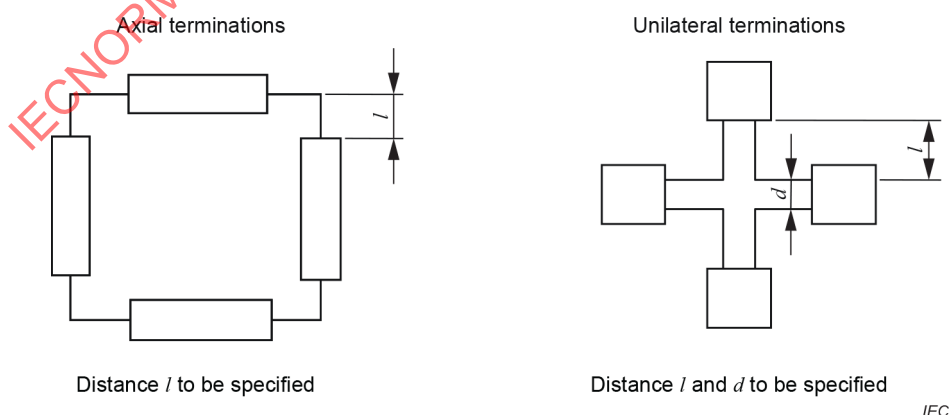
6.7.1.3 Method 2

6.7.1.3.1 General

For this measuring method, use shall be made of an absorption oscillator-wavemeter (grid dip meter).

6.7.1.3.2 Mounting of capacitors with terminations for general use

Four capacitors of nearly equal value and configuration shall be soldered in series at right angles to form a closed loop. The wires shall be of the specified length and no additional wiring or connections shall be employed (see Figure 8). This loop shall be coupled as loosely as possible to an absorption oscillator-wavemeter and the resonant frequency shall then be determined.



IEC

Figure 8 – Capacitor mounting arrangement for general use

6.7.1.3.3 Mounting of capacitors with terminations for printed circuit use

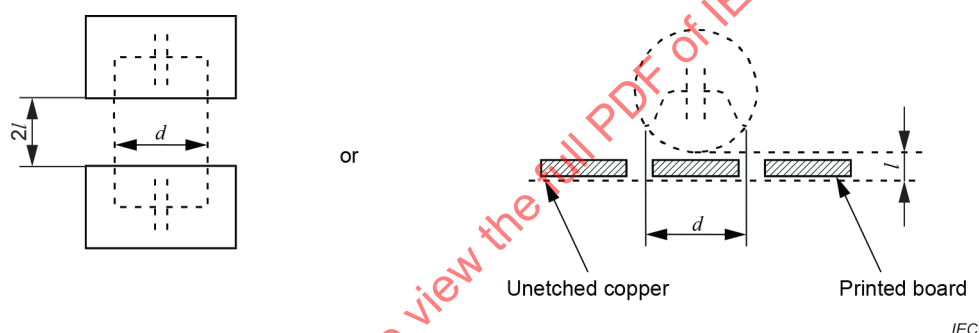
To determine the resonant frequency under the conditions of the capacitor being mounted on a printed circuit board and where the configuration of the case and/or the terminations does not permit a four capacitor loop to be formed correctly, the loop shall be formed by two (nearly) identical capacitors with straight terminations of specified length (see Figure 9).

The second capacitor may be substituted by its mirror image on a conductive plane in the following way.

A copper-clad, unetched sheet of printed circuit base material, whose edges are at least three times as long as the maximum dimension of the capacitor is drilled in its centre to accommodate the capacitor in its normal way.

The relevant specification shall specify the details of mounting. The capacitor is soldered in place with the capacitor being short-circuited by the copper laminate. Then the capacitor is coupled to the search coil and measured as in 6.7.1.3.5.

Metal-cased capacitors may necessitate special arrangements for coupling, which should be specified in the relevant specification.



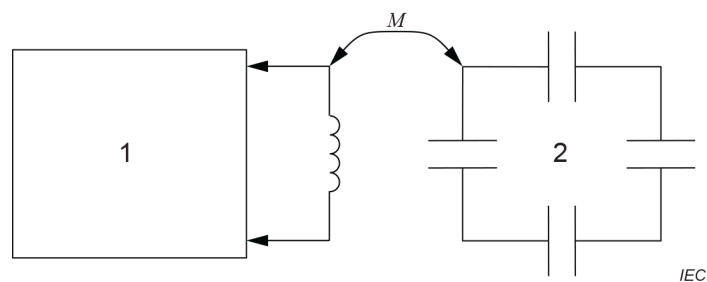
Distances l and d to be specified, where l shall be measured from the seating plane.

Figure 9 – Capacitor mounting arrangement for printed circuit use

6.7.1.3.4 Description of the method

The absorption oscillator-wavemeter is a variable frequency L-C oscillator with the inductor formed as an external search coil. When the search coil is coupled into another resonant circuit, power is absorbed causing a change in the mean grid (gate on FETs (field effect transistor)) voltage. This is monitored and hence "dips" at the resonant frequency of the coupled circuit. This coupled circuit consists of four capacitors mounted as described in 6.7.1.3.2 and connected in series to minimize the mutual inductance.

A typical diagram showing the use of an absorption oscillator-wavemeter is given in Figure 10.

**Key**

1 absorption oscillator-wavemeter (grid-dip meter)

2 coupled resonant circuit

 M coupling factor**Figure 10 – Typical diagram of an absorption oscillator-wavemeter****6.7.1.3.5 Use of the absorption oscillator-wavemeter**

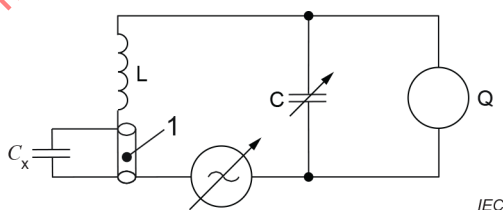
With the search coil of the wavemeter close to the capacitors under investigation, the resonant frequency is approached from a lower frequency. Dips should be checked by moving the wavemeter away from the capacitors (reducing the absorbed power) to make sure the dip is not due to internal effects of the wavemeter. The resonant frequency should be measured with as loose a coupling as is practical to avoid pulling the oscillator.

6.7.1.3.6 Requirements

The resonant frequency shall not exceed the limits specified in the relevant specification.

6.7.1.4 Method 3

This method is particularly suitable for capacitors of low capacitance and with a self-resonant frequency within the Q-meter operating range. Using a Q-meter and the circuit shown in Figure 11, the lowest frequency shall be determined at which the same resonant frequency is obtained, whether the capacitor shorting strap is in place or not. This frequency can be shown to be equal to the self-resonant frequency of the capacitor.

**Key**

1 shorting strap

 C_x capacitance of the capacitor under test C variable capacitor L inductor Q Q-meter**Figure 11 – Schematic diagram of the measuring circuit**

6.7.2 Inductance

The series inductance L_X of a capacitor is calculated from the measured self-resonant frequency f_r of the capacitor using the formula given below:

$$L_X = \frac{1}{4\pi^2 \times f_r^2 \times C_X}$$

where C_X is the capacitance of the capacitor measured in accordance with 6.3 and the requirements of the relevant sectional specification.

6.7.3 Conditions to be specified in the relevant specification

The relevant specification shall specify:

- a) which test method is preferred;
- b) the lead length of the capacitor to be employed in the measurement;
- c) any special mounting arrangement;
- d) the limits of series inductance or self-resonant frequency.

6.8 Variation of capacitance with temperature

6.8.1 Static method

6.8.1.1 Initial measurement

Measurements of capacitance shall be made under the conditions specified in the relevant specification.

6.8.1.2 Test procedure

The capacitor shall be maintained at each of the following temperatures in turn:

- a) 20 °C ± 2 °C;
- b) lower category temperature (LCT) ± 3 °C;
- c) intermediate temperatures, if required in the detail specification;
- d) 20 °C ± 2 °C;
- e) intermediate temperatures, if required in the detail specification;
- f) upper category temperature (UCT) ± 2 °C;
- g) 20 °C ± 2 °C.

If required for a particular type of capacitor, the relevant specification shall specify whether thermal shock shall be avoided or whether a maximum rate of change of temperature shall be specified.

When this test is referenced, the relevant specification shall specify:

- the soak time at each temperature,
- at which time the capacitance value shall be measured,
- the number of cycles to be performed.

6.8.1.3 Measuring method

Capacitance measurements shall be made at each of the temperatures specified above, after the capacitor has reached thermal stability.

The condition of thermal stability is judged as having been reached when two readings of capacitance taken at an interval of not less than 5 min do not differ by an amount greater than that which can be attributed to the measuring apparatus.

The measurement of the actual temperature shall be made with a precision compatible with the requirements of the detail specification.

During measurements, ensure that there is no condensation or frost on the surface of the capacitors.

6.8.1.4 Reduced procedure

For the lot-by-lot quality conformance testing, the detail specification may specify a reduced procedure, for example, measurements d), f) and g) in 6.8.1.2 covering the temperature range from 20 °C to the upper category temperature.

6.8.2 Dynamic method

As an alternative to the static method of 6.8.1, a dynamic plotting method may be employed. The capacitors shall be subjected to a slowly varying temperature.

A temperature-sensing device shall be embedded in a dummy capacitor to be included with the capacitor under test in a manner that will ensure that the measured temperature is the same as that occurring in the capacitor under test. The capacitance shall be measured using a self-balancing bridge or comparator.

The output of the bridge or comparator shall be coupled to the "Y" axis of a plotting table.

The output of the temperature sensing device shall be coupled to the "X" axis of a plotting table.

The temperature shall be varied slowly enough to produce a uniform curve with no loop at the lower or upper category temperature. The temperature shall be varied subsequently from 20 °C to the lower category temperature (LCT), then to the upper category temperature (UCT) and back to 20 °C. Two cycles shall be carried out.

This method may be employed only when it can be demonstrated that the results are the same as for the method employing stabilized temperatures.

In case of dispute, the static method shall be used.

6.8.3 Methods of calculation

6.8.3.1 General

The following applies:

C_0 is the capacitance measured at point d) of 6.8.1.2;

T_0 is the temperature measured at point d) of 6.8.1.2;

C_i is the capacitance measured at the test temperature, other than at points a), d) and g) of 6.8.1.2;

T_i is the temperature measured on test.

6.8.3.2 Temperature characteristics of capacitance

The variation of capacitance as a function of temperature shall be calculated for all the values of C_i as follows:

$$\frac{\Delta C}{C_0} = \frac{C_i - C_0}{C_0}$$

The variation of capacitance is normally expressed in per cent.

6.8.3.3 Temperature coefficient of capacitance and temperature cyclic drift of capacitance

Temperature coefficient of capacitance and temperature cyclic drift of capacitance shall be calculated as follows:

a) Temperature coefficient of capacitance (α)

Temperature coefficient of capacitance (α) shall be calculated for all the values of C_i as follows:

$$\alpha_i = \frac{C_i - C_0}{C_0(T_i - T_0)} \times 10^6$$

The temperature coefficient is normally expressed in parts per million per Kelvin ($10^{-6}/K$).

b) Temperature cyclic drift of capacitance

The temperature cyclic drift of capacitance shall be calculated for the points of measurement of 6.8.1.2 a), d) and g) in the following manner as required in the relevant specification.

$$\delta_{da} = \frac{C_0 - C_a}{C_0}$$

$$\delta_{gd} = \frac{C_g - C_0}{C_0}$$

$$\delta_{ga} = \frac{C_g - C_a}{C_0}$$

where

δ_{da} is the temperature cyclic drift of capacitance between a) and d) of 6.8.1.2;

δ_{gd} is the temperature cyclic drift of capacitance between g) and d) of 6.8.1.2;

δ_{ga} is the temperature cyclic drift of capacitance between a) and g) of 6.8.1.2.

The largest of these values is the "temperature cyclic drift of capacitance".

The capacitance drift is normally expressed in per cent.

6.9 Surge

6.9.1 Initial measurement

The measurements specified in the relevant specification shall be made.

6.9.2 Test procedure

Suitable test circuits are shown in Figure 12 and Figure 13.

NOTE The thyristor circuit has the advantage of high repetition rates and is free from troubles associated with dirty contacts and contact bounce.

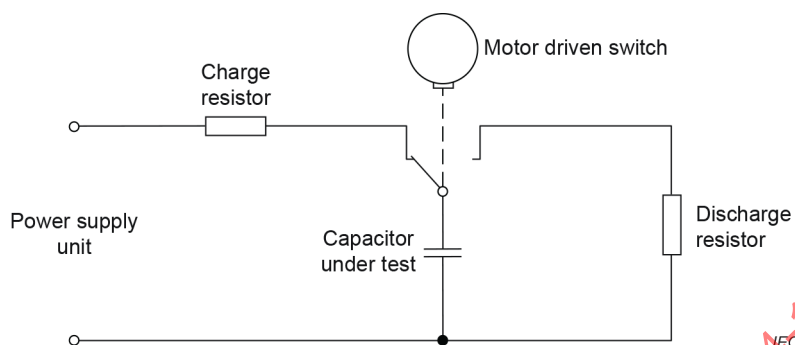


Figure 12 – Relay circuit

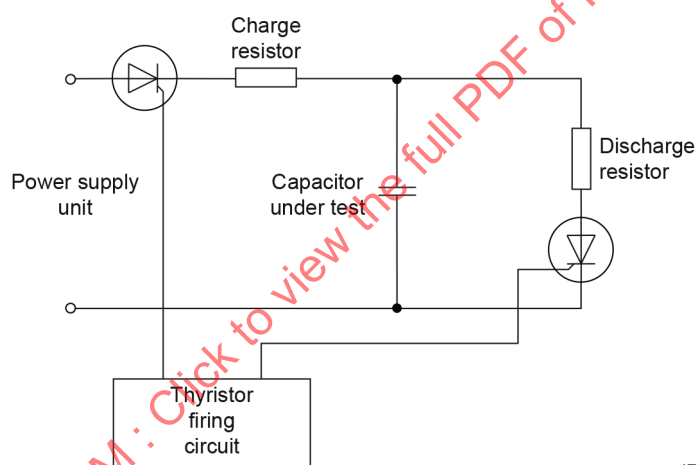
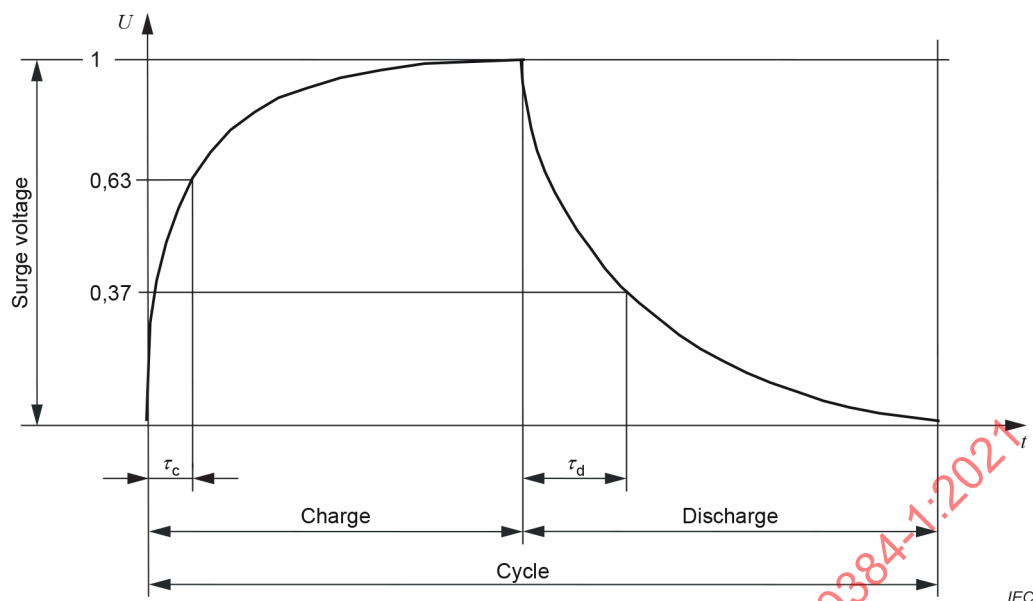


Figure 13 – Thyristor circuit

The voltage waveform across the capacitor under test shall be approximately as shown in Figure 14.



Key

τ_c charge time constant

τ_d discharge time constant

Figure 14 – Voltage waveform across capacitor

6.9.3 Final inspection, measurements and requirements

The measurements specified in the relevant specification shall be made.

6.9.4 Information to be given in the relevant detail specification

The following information shall be given in the relevant specification:

- the charge time constant arising from the internal resistance of the power supply and the resistance of the charge circuit and the capacitance of the capacitor under test;
- the discharge time constant arising from the resistance of the discharge circuit and the capacitance of the capacitor under test;
- the ratio of the surge voltage to rated or category voltage (as appropriate);
The number of times per hour that this voltage may be applied should be specified.
- the number of cycles of test;
- the duration of the charge period;
- the duration of the discharge period;
- the repetition rate (cycles per second);
- the temperature, if different from standard atmospheric conditions for testing.

6.10 High surge current test

6.10.1 Initial measurements

Not required.

6.10.2 Test procedure

The test shall be carried out at a temperature of $(23 \pm 3) ^\circ\text{C}$.

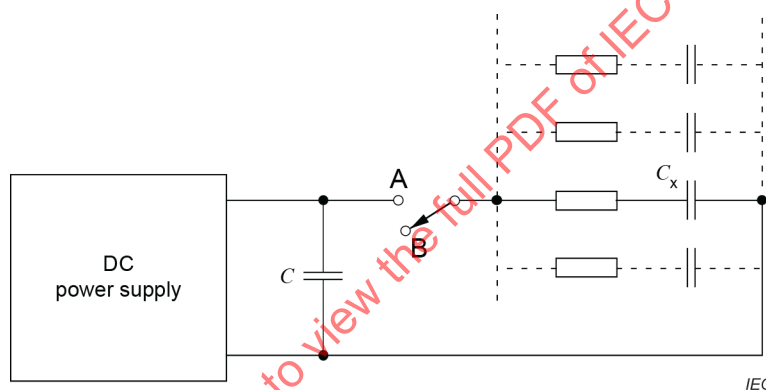
The test circuit is shown in Figure 15. The switch may be mechanical or electronic but is preferably electronic. With the switch in position A, the capacitor under test is charged for 1 s from a low-impedance electrolytic capacitor of capacitance at least 20 000 μF (capacitor bank) to the rated voltage of the capacitor under test (U_R with a tolerance of $\pm 2\%$) from a regulated power supply capable of delivering 10 A. The impedance of the circuit through which the capacitor under test is charged shall meet the requirements of 6.10.3. After 1 s charging time the capacitor under test shall be discharged for 1 s with the switch in position B through a circuit whose resistance is greater than 0,05 Ω , but less than 0,2 Ω .

The voltage across the capacitor under test shall be monitored. Four further chargings and dischargings of the capacitor under test shall be carried out under the same conditions.

Capacitors may be tested in parallel provided that

- their total capacitance is less than 2 % of the capacitance of the capacitor bank, and
- all the conditions specified above are met for each capacitor under test.

The fuse may be a wire fuse designed to blow between 0,5 A and 2,0 A or an electronic circuit designed to trip in the same current range.



Key

- C_x capacitance of capacitor under test
 C capacitance of low-impedance electrolytic capacitor of at least 20 000 μF (capacitor bank)
 A, B switching positions

Figure 15 – High surge current test

6.10.3 Requirements for the charging circuit

The test procedure of 6.10.2 shall be carried out with a capacitor of 47 μF with a tolerance of $\pm 10\%$ and a rated voltage of 35 V in the test position, or in every one of the test positions if provision is made for testing capacitors in parallel. The monitoring of the voltage across the capacitor under test shall demonstrate that the peak voltage across the capacitor during charging is U_R with a tolerance of $^{+5}_{-2}\%$, and that 90 % of the measured peak voltage is achieved within 60 μs from the time of closure of the switch and without unwanted transients due to switch bounce or circuit inductance. Where there is provision for testing capacitors in parallel, this requirement shall be verified for each capacitor under test.

It is unlikely that this requirement will be met unless the DC resistance of the charging circuit including wiring, fuse, fixtures, and the series resistance of the capacitor bank is less than 0,5 Ω .

6.10.4 Nonconforming items

A capacitor shall be considered a nonconforming item if the fuse blows or the electronic circuit trips at any single charging or discharging of the capacitor.

6.11 Charge and discharge tests and inrush current test

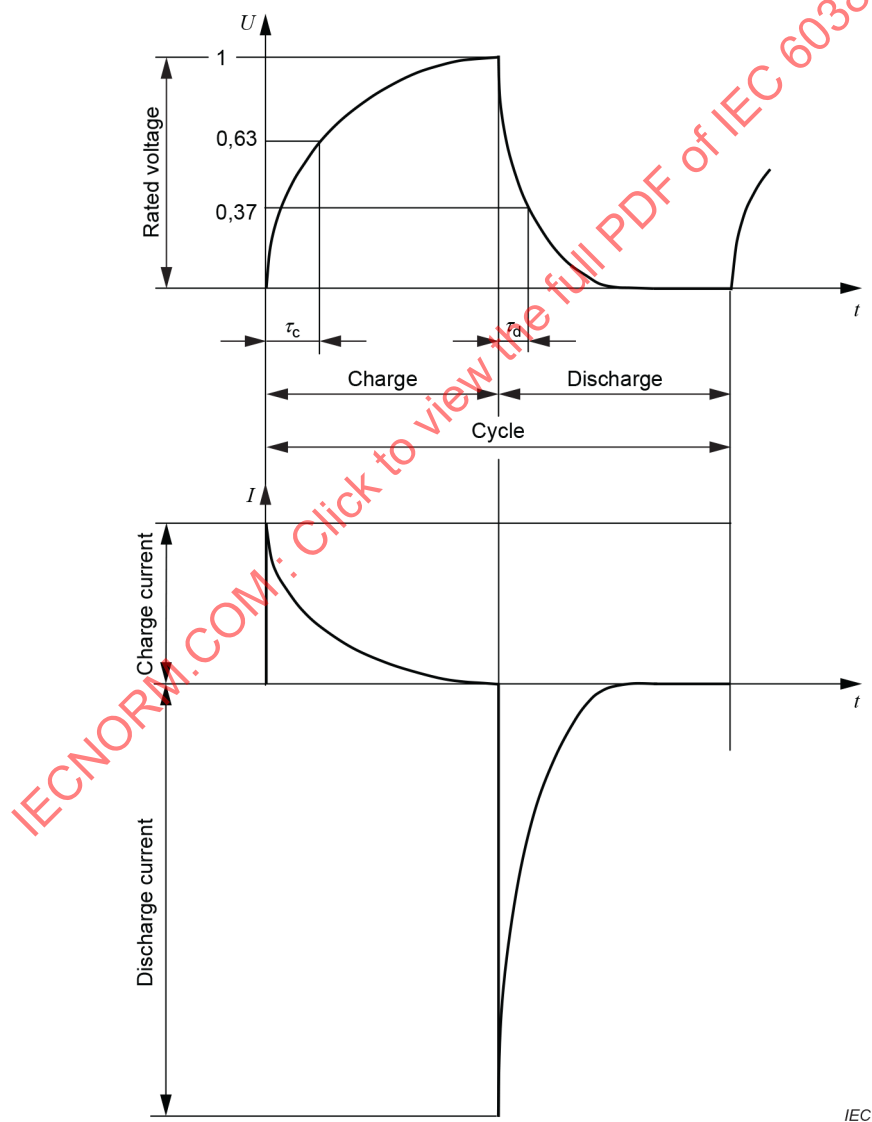
6.11.1 Initial measurement

The measurements specified in the relevant specification shall be made.

6.11.2 Test procedure

Suitable test circuits are given in 6.9.2, Figure 12 and Figure 13.

The voltage and current waveforms across and through the capacitor under test are approximately as shown in Figure 16.



Key

τ_c charge time constant

τ_d discharge time constant

Figure 16 – Voltage and current waveform

6.11.3 Charge and discharge

The following information shall be given in the relevant specification:

- a) the charge time constant arising from the internal resistance of power supply and the resistance of the charge circuit and the capacitance of the capacitor under test;
- b) the discharge time constant arising from the resistance of the discharge circuit and the capacitance of the capacitor under test;
- c) the voltage to be applied during the charge period, if different from the rated voltage;
- d) the number of cycles of test;
- e) the duration of the charge period;
- f) the duration of the discharge period;
- g) the repetition rate (cycles per second);
- h) the temperature, if different from standard atmospheric conditions for testing.

6.11.4 Inrush current

The following information shall be given in the relevant specification:

- a) the peak charge current;
- b) the voltage to be applied during the charge period if different from the rated voltage;
- c) the number of cycles of test;
- d) the duration of the charge period in milliseconds;
- e) the duration of the discharge period;
- f) the repetition rate;
- g) the temperature if different from standard atmospheric conditions for testing.

6.11.5 Final inspection, measurements and requirements

The measurements specified in the relevant specification shall be made.

6.12 Dielectric absorption

6.12.1 Test procedure

The capacitor under test shall be placed in a screened enclosure to reduce the effect of electric fields. The test circuit is shown in Figure 17.

For the measurement of the voltage an electrometer or other suitable instrument having an input resistance of minimum 10 000 M Ω shall be used.

The resistance of any jigs, switches etc. used shall not affect the input resistance of the measuring system.

The capacitor shall then be charged at the rated DC voltage for 60 min $\pm$ 1 min. The initial surge current in charging shall not exceed 50 mA.

At the end of this period the capacitor shall be disconnected from the power source and shall be discharged through a resistor of 5 Ω with a tolerance of ± 5 % for 10 s $\pm$ 1 s, unless the specified du/dt value is exceeded.

The discharge resistor shall be disconnected from the capacitor at the end of the 10 s discharge period. The voltage remaining or regained on the capacitor (recovery voltage) shall be measured.

NOTE The recovery voltage is the maximum voltage occurring across the capacitor terminations within a 15 min period.

The dielectric absorption shall be calculated from the following formula:

$$DA = \frac{U_1}{U_2} \times 100 \times \frac{C_X + C_0}{C_X}$$

where

DA is the per cent dielectric absorption;

U_1 is the recovery voltage;

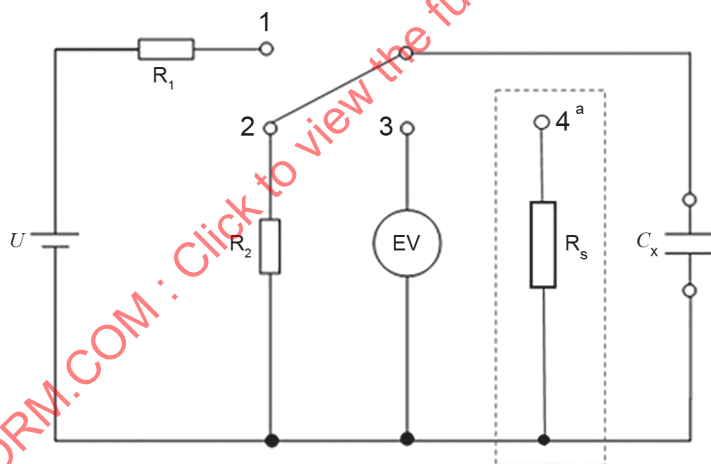
U_2 is the charging voltage;

C_X is the capacitance of the capacitor under test;

C_0 is the input capacitance of the measuring system.

If C_0 is less than 10 % of C_X , the above formula can be simplified to:

$$DA = \frac{U_1}{U_2} \times 100$$



IEC

Key

1, 2, 3 and 4 switching terminations

C_X capacitance of capacitor under test

S switch

U DC voltage source

R_1 protective resistor

R_2 discharge resistor

R_s discharge resistor (if required)

EV electronic voltmeter

^a For high voltage capacitors or the like, a discharge circuit may be added to prevent an electric shock accident.

Figure 17 – Dielectric absorption test circuit

6.12.2 Requirement

The dielectric absorption calculated shall not exceed the limit specified in the detail specification.

6.13 Voltage transient overload (for aluminum electrolytic capacitors with non-solid electrolyte)

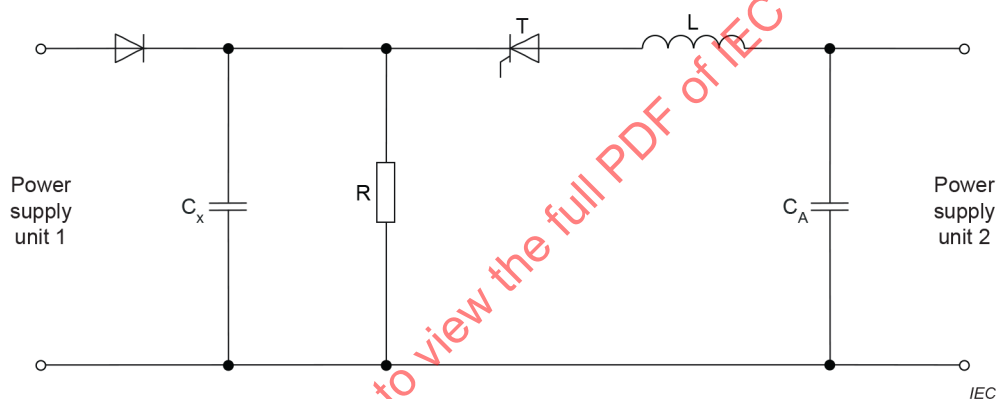
6.13.1 Initial measurement

The measurements specified in the detail specification shall be made.

6.13.2 Test procedure

The capacitor(s) shall then be conditioned at the test temperature by having U_R with a tolerance of $\pm 1\%$ applied from a regulated power supply. At the end of this period, the test may commence but not later than 48 h after conditioning.

An example of a test circuit is shown in Figure 18.



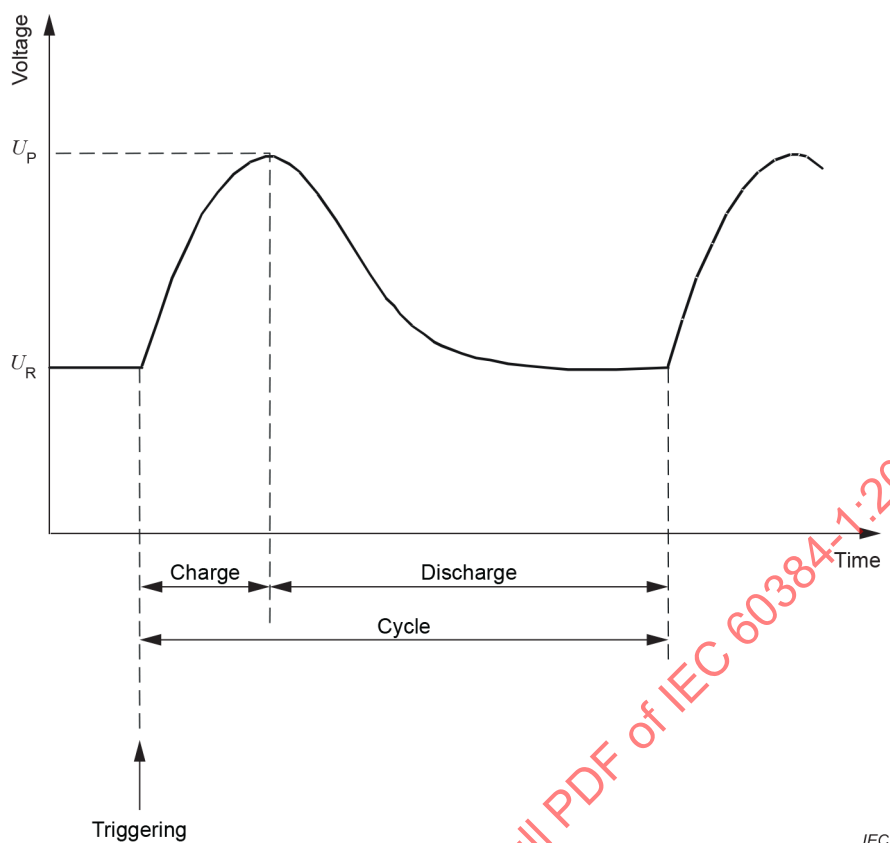
Key

- C_X capacitor under test
- C_A capacitor bank to give a maximum charge time
- R resistor to give a maximum charge time
- L inductor to give a maximum charge time
- T thyristor

Figure 18 – Voltage transient overload test circuit

The capacitor under test C_X is charged from the power supply unit 1, and the auxiliary capacitor bank C_A is charged to a voltage higher than the test voltage U_P from the power supply unit 2. On triggering the thyristor T , the capacitor bank C_A is discharged through the inductor L charging the test capacitor C_X to U_P . On turning the thyristor off, the test capacitor C_X is discharged through the resistor R from U_P down to U_R .

The voltage waveform across the capacitor under test shall be approximately as shown in Figure 19.



Key

U_P transient peak voltage

U_R rated voltage

Figure 19 – Voltage waveform

6.13.3 Final inspection, measurements and requirements

The measurements specified in the relevant specification shall be made.

6.13.4 Conditions to be specified in the relevant specification

The relevant specification shall specify:

- the duration of the conditioning period;
- the value of the transient peak voltage U_P ;
- the value of C_A , L and R to give a maximum charge time of 15 ms;
- the duration of each test cycle;
- the number of test cycles;
- the temperature if different from standard atmospheric conditions of testing.

7 Mechanical tests and measurements

7.1 Visual examination and check of dimensions

7.1.1 Visual examination

The condition, workmanship and finish shall be satisfactory, as checked by visual examination (see 3.42).

Marking shall be legible, as checked by visual examination and shall conform to the requirements of the detail specification.

7.1.2 Dimensions (gauging)

The dimensions indicated in the detail specification as being suitable for gauging shall be checked, and shall comply with the values specified in the detail specification.

When applicable, measurements shall be made in accordance with IEC 60294 or IEC 60717.

7.1.3 Dimensions (detail)

All dimensions specified in the detail specification shall be checked and shall comply with the values specified.

7.2 Outer foil termination

The correct indication of the termination which is connected to the outside metal foil shall be checked in such a way that the capacitor is not damaged.

A suitable method is given in Figure 20.

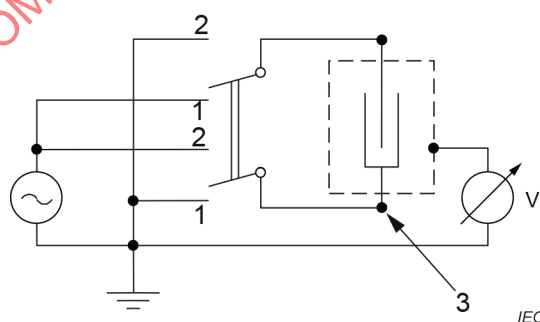
The frequency of the generator may be from 50 Hz to a few thousand Hertz and shall be so chosen as to give a clear result of measurement, the most appropriate value being dependent on the type of capacitor under test.

The voltage shall be of the order of 10 V.

The voltmeter shall have an input impedance of not less than 1 MΩ.

The stray capacitance of the wiring shall be kept low.

With the switch in position 1, the deflection of the voltmeter shall be markedly less than with the switch in position 2.



Key

- 1, 2 switching terminations
- 3 outer foil termination
- V voltmeter

Figure 20 – Test circuit

7.3 Robustness of terminations

7.3.1 General

The capacitors shall be subjected to IEC 60068-2-21, Tests U_{a1} , U_b , U_c , and U_d , as applicable.

7.3.2 Test U_{a1} – Tensile

The force applied shall be:

- for terminations other than wire terminations: 20 N;
- for wire terminations: see Table 4.

Table 4 – Tensile force

Nominal cross-sectional area (S) ^a mm ²	Corresponding diameter (d) for circular-section wires mm	Force with tolerance of $\pm 10\%$ N
$S \leq 0,05$	$d \leq 0,25$	1
$0,05 < S \leq 0,1$	$0,25 < d \leq 0,35$	2,5
$0,1 < S \leq 0,2$	$0,35 < d \leq 0,5$	5
$0,2 < S \leq 0,5$	$0,5 < d \leq 0,8$	10
$0,5 < S \leq 1,2$	$0,8 < d \leq 1,25$	20
$1,2 < S$	$1,25 < d$	40

^a For circular-section wires, strips or pins, the nominal cross-sectional area is equal to the value calculated from the nominal dimension(s) given in the relevant specification. For stranded wires, the nominal cross-sectional area is obtained by taking the sum of the cross-sectional areas of the individual strands of the conductor specified in the relevant specification.

7.3.3 Test U_b – Bending (half of the sample)

Method 1: Two consecutive bends shall be applied in each direction. This test shall not apply if, in the detail specification, the terminations are described as rigid.

7.3.4 Test U_c – Torsion (remaining sample)

Method 1, severity 2 (two successive rotations of 180°) shall be used.

This test shall not apply if in the detail specification the terminations are described as rigid and to components with unidirectional terminations designed for printed wiring applications.

7.3.5 Test U_d – Torque

This test shall apply to capacitors for terminations with threaded studs or screws and for integral mounting devices. Torque and severity shall be selected from Table 5.

Table 5 – Torque

Nominal thread diameter mm	Torque Nm	
	Severity 1	Severity 2
2,6	0,4	0,2
3	0,5	0,25
3,5	0,8	0,4
4	1,2	0,6
5	2,0	1,0
6	2,5	1,25
8	5,0	2,5
10	7,0	3,5
12	12	6

7.3.6 Visual examination

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

7.4 Vibration**7.4.1 Initial measurement**

The measurements specified in the relevant specification shall be made.

7.4.2 Test procedure

The capacitors shall be subjected to IEC 60068-2-6, Test Fc, using the mounting method and the degree of severity specified in the relevant specification.

7.4.3 Electrical test (intermediate measurement)

When specified in the detail specification, during the last 30 min of the vibration test an electrical measurement shall be made in each direction of movement to check intermittent contacts, or open or short circuits.

The method of measurement shall be specified in the detail specification.

The duration of the measurement shall be the time needed for one sweep of the frequency range from one frequency extreme to the other.

7.4.4 Final inspection, measurements and requirements

After the test the capacitors shall be visually examined. There shall be no visible damage. When capacitors are tested as specified in 7.4.3, the requirements shall be stated in the detail specification.

The measurements specified in the relevant specification shall then be made.

7.5 Bump (repetitive shock)

7.5.1 Initial measurement

The measurements specified in the relevant specification shall be made.

7.5.2 Test procedure

The capacitors shall be subjected to IEC 60068-2-27, Test Ea (repetitive shock), using the mounting method and the severity specified in the relevant specification.

Preferred conditions are:

- pulse shape: half-sine;
- number of shocks in each direction: a minimum of 100;
- peak acceleration: to be chosen from recommended severities.

7.5.3 Final inspection, measurements and requirements

After the test, the capacitors shall be visually examined. There shall be no visible damage.

The measurements specified in the relevant specification shall then be made.

7.6 Shock

7.6.1 Initial measurement

The measurements specified in the relevant specification shall be made.

7.6.2 Test procedure

The capacitors shall be subjected to IEC 60068-2-27, Test Ea (non-repetitive shock), using the mounting method and the severity specified in the relevant specification.

7.6.3 Final inspection, measurements and requirements

After the test the capacitors shall be visually examined. There shall be no visible damage.

The measurements specified in the relevant specification shall then be made.

7.7 Shear test

7.7.1 Test procedure

The surface mount capacitors shall be mounted as described in IEC 60068-2-21, Test U.

The capacitors shall be subjected to IEC 60068-2-21, Test Ue₃, under the following condition.

A force shall be applied to the surface mount capacitor body progressively, without shock, and shall be maintained for a period of 10 s ± 1 s. Unless otherwise specified in the relevant specification, a force shall be selected from 1 N, 2 N, 5 N or 10 N.

7.7.2 Final inspection and requirements

The surface mount capacitors shall be visually examined in the mounted state. There shall be no visible damage.

7.8 Substrate bending test

7.8.1 Test procedure

The surface mount capacitor shall be mounted on an epoxide woven glass printed board as described in 5.5.

- a) The capacitance of the surface mount capacitor shall be measured as specified in 6.3 and in the relevant sectional specification.
- b) The capacitor shall be subjected to IEC 60068-2-21, Test Ue₁, using the conditions as specified in the relevant specification for the deflection *D* and the number of bends.
- c) The capacitance of the surface mount capacitors shall be measured as specified in a) with the board in the bent position. The change of capacitance shall not exceed the limits specified in the relevant specification.

7.8.2 Recovery

The printed board shall be allowed to recover from the bent position and then removed from the test jig.

7.8.3 Final inspection and requirements

The surface mount capacitors shall be visually examined and there shall be no visible damage.

7.9 Container sealing

The capacitors shall be subjected to the procedure of the appropriate method of IEC 60068-2-17, Test Q, as specified in the relevant specification.

8 Environmental and climatic tests

8.1 Rapid change of temperature

8.1.1 Initial measurement

The measurements specified in the relevant specification shall be made.

8.1.2 Test procedure

The capacitors shall be subjected to IEC 60068-2-14, Test Na, using the degree of severity as specified in the relevant specification.

8.1.3 Final inspection, measurements and requirements

After recovery, the capacitors shall be visually examined. There shall be no visible damage.

The measurements specified in the relevant specification shall then be made.

8.2 Climatic sequence

8.2.1 General

In the climatic sequence, an interval of a maximum of three days is permitted between any of the tests, except that the cold test shall be applied immediately after the recovery period for the first cycle of the damp heat, cyclic, IEC 60068-2-30, Test Db.

8.2.2 Initial measurements

The measurements specified in the relevant specification shall be made.

8.2.3 Dry heat

The capacitors shall be subjected to IEC 60068-2-2, Test Bb, for 16 h, using the degree of severity of the upper category temperature, as specified in the detail specification.

The test specimens may be introduced into the test chamber at any temperature from laboratory temperature to the upper category temperature.

While still at the specified high temperature and at the end of the period of high temperature, the measurements specified in the relevant specification shall be made.

After the specified conditioning, the capacitors shall be removed from the test chamber and exposed to standard atmospheric conditions for testing for not less than 4 h.

8.2.4 Damp heat, cyclic, Test Db, first cycle

The capacitors shall be subjected to IEC 60068-2-30, Test Db, for one cycle of 24 h, using a temperature of 55 °C (severity b).

Unless otherwise specified in the relevant specification, variant 2 shall be used.

After recovery the capacitors shall be subjected immediately to the cold test.

8.2.5 Cold

The capacitors shall be subjected to IEC 60068-2-1, Test Ab, for 2 h, using the degree of severity of the lower category temperature, as specified in the relevant specification.

The test specimens may be introduced into the test chamber at any temperature from laboratory temperature to the lower category temperature.

While still at the specified low temperature and at the end of the period of low temperature, the measurements specified in the relevant specification shall be made.

After the specified conditioning, the capacitors shall be removed from the test chamber and exposed to standard atmospheric conditions for testing for not less than 4 h.

8.2.6 Low air pressure

The capacitors shall be subjected to IEC 60068-2-13, Test M, using the appropriate degree of severity specified in the relevant specification. The duration of the test shall be 10 min, unless otherwise stated in the relevant specification.

The relevant specification shall specify:

- a) duration of test; if other than 10 min;
- b) temperature;
- c) degree of severity.

While at the specified low pressure, the rated voltage shall be applied during the last 60 s of the test period, unless otherwise specified in the relevant specification.

During and after the test, there shall be no evidence of permanent breakdown, flashover, harmful deformation of the case, or seepage of impregnant.

8.2.7 Damp heat, cyclic, Test Db, remaining cycles

The capacitors shall be subjected to IEC 60068-2-30, Test Db, for the following number of cycles of 24 h as indicated in Table 6, under the same conditions as used for the first cycle.

Table 6 – Number of cycles

Climatic categories	Number of cycles
-/-/56	5
-/-/21	1
-/-/10	1
-/-/04	None

8.2.8 Final measurements

After the specified recovery, the measurements specified in the relevant specification shall be made.

8.3 Damp heat, steady state

8.3.1 Initial measurement

The measurements specified in the relevant specification shall be made.

8.3.2 Test procedure

The capacitors shall be subjected to IEC 60068-2-78, Test Cab, using the degree of severity corresponding to the climatic category of the capacitor as indicated in the detail specification. The temperature and humidity of test shall be $(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$, $(93 \pm 3) \% \text{RH}$, unless otherwise specified in the relevant specification.

When specified in the blank detail specification, the detail specification may specify the application of a polarizing voltage during the whole period of damp heat conditioning. For metallized film capacitors this test should be carried out in accordance with 8.4.

With the exception of electrolytic capacitors, within 15 min after removal from the test chamber, the voltage proof test of 6.2 shall be carried out at test point A only, using the rated voltage, unless otherwise specified in the detail specification.

8.3.3 Final inspection, measurements and requirements

After recovery, the capacitors shall be visually examined. There shall be no visible damage. The measurements specified in the relevant specification shall then be made.

In the case of testing metallized film capacitors, when specified in the blank detail specification, the permissible deviation of the average capacitance value of the test group with and the test group without voltage shall be described in the relevant detail specification.

8.4 Damp heat, steady state with voltage applied (for metallized film capacitors only)

8.4.1 General

For corrosion sensitivity detection of the metallization of the dielectric film, an additional test for damp heat, steady state test with an applied voltage shall be carried out.

The deviation of the average capacitance values of the test group with, and the test group without voltage, indicates a possible corrosion of the metallization.

8.4.2 Test procedure

The damp heat, steady state test shall be carried out by applying AC or DC voltage, depending on the specified rated voltage of the capacitors.

The damp heat, steady state test with the applied voltage shall be carried out on an additional test group. The specimens for both test groups with and without voltage can only be prepared by the manufacturer of the components, who will ensure that the specimen for both groups are produced with identical materials and in identical production processes. The number of specimens for an additional test group with voltage is the same as the number for the test group without voltage.

8.5 Endurance

8.5.1 Initial measurements

The measurements specified in the relevant specification shall be made.

8.5.2 Test procedure

The tests of IEC 60068-2-2 apply as follows:

- a) DC tests – Test Bb;
- b) AC tests – Test Bb or Bd as applicable;
- c) pulse tests – Test Bb or Bd as applicable.

The test specimens may be introduced into the test chamber at any temperature, from laboratory temperature to the upper category temperature, but the voltage shall not be applied to the capacitor before it has reached the test chamber temperature.

8.5.3 Conditions to be specified in the relevant specification

The relevant specification shall specify:

- a) duration of the test (for example, hours or number of pulses);
- b) test temperature (for example, room, rated or upper category temperature);
- c) voltage and/or current to be applied (see also 8.5.4).

When capacitors shall meet additional requirements for electric shock hazard protection, additional test conditions for endurance testing (for example, pulse voltage application) shall be specified in the relevant specification.

8.5.4 Test voltage

Unless otherwise specified in the relevant specification, the voltage to be applied during the test shall be selected from the following.

- a) DC tests

The test shall be carried out at a multiplying factor times the rated voltage (DC) at temperatures up to the rated temperature. The test temperature and the value of the multiplying factor shall be specified in the relevant specification. For tests at the upper category temperature the derating factor for the voltage shall also be given.

- b) AC tests (sinusoidal voltage)

The test shall be made at 50 Hz to 60 Hz and at a multiplying factor times the rated voltage (AC) (see 4.2.4 a)) at temperatures up to the rated temperature, or at the upper

category temperature with a derating factor for the voltage. The test temperature and the value of the multiplying factor respectively the derating factor for the voltage shall be specified in the relevant specification.

c) AC tests (sinusoidal current)

This test shall be made with a current applied in accordance with 4.2.4 b). The test temperature, the value of current and frequency shall be specified in the relevant specification.

To facilitate testing, the test may be made with a voltage of specified frequency applied to a group of capacitors in parallel or in series/parallel.

d) sinusoidal AC tests (reactive power)

This test shall be made with reactive power in accordance with 4.2.4 c). The test temperature, the value of the reactive power, and the frequency shall be specified in the relevant specification.

To facilitate testing, the test may be made with a voltage of specified frequency applied to a group of capacitors in parallel or in series/parallel.

A thermal stability test (see 8.6) may constitute an alternative to this test. The test to be carried out shall be specified in the detail specification.

e) pulse tests

This test shall be made with pulses applied in accordance with 4.2.5 and as specified in the relevant specification. Guidance for pulse tests is given in Annex A.

f) sinusoidal AC or pulse tests with superimposed DC

Tests b) to e) may be carried out with superimposed DC as required in the relevant specification (see also 3.23).

An example of a test circuit suitable for electrolytic capacitors is given in Figure 21.

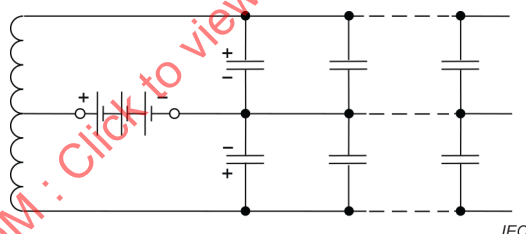


Figure 21 – Test circuit for electrolytic capacitors

8.5.5 Placement in the test chamber

The capacitors shall be placed in the test chamber in such a manner that

- a) for heat dissipating capacitors, no capacitor is within 25 mm of any other capacitor,
- b) for non-heat dissipating capacitors, no capacitor is within 5 mm of any other capacitor.

8.5.6 Recovery

After the specified period, the capacitors shall be allowed to cool to standard atmospheric conditions for testing and where specified in the relevant specification, the capacitors shall be subjected to recovery.

8.5.7 Final inspection, measurements and requirements

The capacitors shall then be visually examined. There shall be no visible damage.

The measurements specified in the relevant specification shall then be made. A capacitor shall be considered to have failed when the requirements of the relevant specification during or at the end of the test are not satisfied.

8.6 Thermal stability test

A thermal stability test may constitute an alternative to the endurance test in accordance with 8.5.4 d). The test to be carried out shall be specified in the detail specification.

The capacitor shall be loaded with a specified factor times the rated reactive power dissipation at the rated temperature and duration as specified in the relevant specification.

A test for thermal stability shall be made by measuring the temperature rise as a function of time over the last part of the specified duration. The temperature rise shall be within specified limits.

The measurement of the temperature rise may be made by the use of a thermocouple, thermistor, infrared thermometer, infrared photography, etc. The error of measurement should not exceed ± 1 °C and errors due to heat conduction along measuring connections should be kept to a minimum.

The relevant specification shall specify the point at which the measurements shall be made and the method of mounting (see IEC 60068-2-2:2007, 6.4).

8.7 Characteristics at high and low temperatures

8.7.1 Test procedure

The capacitors shall be subjected to the procedures of the dry heat and cold test (8.2.3 and 8.2.5, respectively) with the following details.

The degree of severity for these tests shall be the same as for the dry heat and cold tests. Tests at intermediate temperatures may be specified in the relevant specification.

Measurements shall be made at each of the specified temperatures after the capacitor has reached thermal stability.

The condition of thermal stability is judged to be reached when two readings of a characteristic, taken in an interval of not less than 5 min, do not differ by an amount greater than that which can be attributed to the measuring apparatus.

8.7.2 Requirements

The capacitors shall not exceed the limits specified in the relevant specification.

8.8 Accelerated damp heat, steady state

NOTE This test is also known as humidity load test or (85/85)-test.

8.8.1 Initial measurements

The capacitors shall be measured as specified in the relevant specification.

8.8.2 Test methods

The capacitors shall be subjected to IEC 60068-2-67, Test Cy.

Preferred test durations: 168 h, 504 h or 1 000 h.

8.8.3 Test procedures

Test condition: rated voltage applied, unless otherwise specified in the relevant specification.

For metallized film capacitors, this test should be carried out in accordance with 8.4, for multilayer ceramic capacitors in accordance with 8.9.

With the exception of electrolytic capacitors, within 15 min after removal from the test chamber, the voltage proof test of 6.2 shall be carried out at test point A only, using the rated voltage, unless otherwise specified in the detail specification.

8.8.4 Final inspection, measurements and requirements

After recovery (4 h to 24 h), the capacitors shall be visually examined. There shall be no visible damage. The measurements specified in the relevant specification shall then be made.

In the case of testing metallized film capacitors, when specified in the blank detail specification, the permissible deviation of the average capacitance value of the test group with and the test group without voltage shall be described in the relevant detail specification.

8.9 Accelerated damp heat, steady state (for multilayer ceramic capacitors only)

8.9.1 Mounting of capacitors

The capacitors shall be mounted so that each capacitor is connected in series with a resistor. Half of the capacitors shall be connected in series with resistors of 100 k Ω , with a relative tolerance of $\pm 10\%$ and half in series with resistors of 6,8 k Ω , with a relative tolerance of $\pm 10\%$.

8.9.2 Initial measurements

The capacitors, mounted as in 8.9.1, shall be measured for insulation resistance with a voltage of $1,5\text{ V} \pm 0,1\text{ V}$ applied across the capacitor and resistor in series.

The insulation resistance shall meet the requirements given in the relevant specification.

8.9.3 Test procedure

The capacitors with associated resistors shall be subjected to conditioning at $(85 \pm 2)^\circ\text{C}$, $(85 \pm 3)\%$ RH for a duration to be specified in the relevant specification. Those capacitors connected to 100 k Ω resistors shall have a voltage of $(1,5 \pm 0,1)\text{ V}$ applied, and those connected to 6,8 k Ω resistors shall have a voltage of $(50 \pm 0,1)\text{ V}$ or U_R applied, whichever is the lower. In both cases the voltage shall be applied across the capacitor/resistor combination.

Ensure there is no condensation of water on to the capacitors or substrates. Condensation may happen if the door is opened during the test before the humidity is lowered.

8.9.4 Recovery

The applied voltage shall be disconnected and the capacitors and resistors shall be removed from the test chamber and allowed to recover for 4 h to 24 h in standard atmospheric conditions for testing.

8.9.5 Final inspection, measurements and requirements

The capacitors, mounted in accordance with 8.9.1, shall be measured for insulation resistance as in 8.9.2 above.

The insulation resistance shall be greater than 0,1 times the initial limit.

9 Tests related to component assembly

9.1 Resistance to soldering heat

9.1.1 Preconditioning and initial measurement

When specified in the relevant specification, the capacitors shall be dried using the method of 5.3.

The capacitors shall be measured as specified in the relevant specification.

9.1.2 Test procedure

Unless otherwise stated in the relevant specification, one of the following tests as set out in the same specification shall be applied.

The test conditions shall be defined in the relevant specification.

- a) For all capacitors except those of items b) and c) below:
IEC 60068-2-20, Test Tb, method 1 (solder bath).
- b) For capacitors not designed for use in printed boards, but with connections intended for soldering as indicated by the detail specification:
 - 1) IEC 60068-2-20, Test Tb, method 1 (solder bath),
 - 2) IEC 60068-2-20, Test Tb, method 2 (soldering iron).
- c) For surface mount capacitors
IEC 60068-2-58, reflow or solder bath method.

9.1.3 Recovery

The period of recovery shall, unless otherwise specified in the detail specification, be not less than 1 h nor more than 2 h, except for surface mount capacitors, for which the period of recovery shall be $24 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$.

9.1.4 Final inspection, measurements and requirements

For all capacitors, except surface mount capacitors, the following shall apply:

- when the test has been carried out the capacitors shall be visually examined;
- there shall be no visible damage and the marking shall be legible;
- the capacitors shall then be measured and shall meet the requirements as specified in the relevant specification.

Surface mount capacitors shall be visually examined and measured and shall meet the requirements as specified in the relevant specification.

9.2 Solderability

9.2.1 General

This test shall not be applied to those terminations which the detail specification describes as not designed for soldering.

9.2.2 Preconditioning

The relevant specification shall specify whether ageing is to be applied. If accelerated ageing is required, one of the ageing procedures given in IEC 60068-2-20 shall be applied.

Unless otherwise stated in the relevant specification, the test shall be carried out with non-activated flux.

9.2.3 Test procedure

Unless otherwise stated in the relevant specification, one of the following tests as set out in the same specification shall be applied.

The test conditions shall be defined in the relevant specification.

a) For all capacitors except those of items b) and c) below:

1) IEC 60068-2-20, Test Ta, method 1 (solder bath)

Depth of immersion (from the seating plane or component body):
 $2,0 \text{ mm } \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,5 \end{smallmatrix} \text{ mm}$, using a thermal insulating screen of $1,5 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ thickness;

2) IEC 60068-2-20, Test Ta, method 2 (soldering iron);

3) IEC 60068-2-69, solder bath wetting balance method.

NOTE 1 IEC 60068-2-69 is applicable only when specified in the detail specification or when agreed upon between manufacturer and customer.

b) soldering as indicated by the detail specification:

1) IEC 60068-2-20, Test Ta, method 1 (solder bath)

Depth of immersion (from the seating plane or component body): $3,5 \text{ mm } \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,5 \end{smallmatrix} \text{ mm}$;

2) IEC 60068-2-20, Test Ta, method 2 (soldering iron).

c) For surface mount capacitors

1) IEC 60068-2-58, reflow or solder bath method;

2) IEC 60068-2-69, solder bath wetting balance or solder globule wetting balance method.

NOTE 2 IEC 60068-2-69 is applicable only when specified in the detail specification or when agreed upon between manufacturer and customer.

9.2.4 Final inspection, measurements and requirements

The terminations shall be examined for good tinning as evidenced by free flowing of the solder with wetting of the terminations.

The capacitors shall meet the requirements as specified in the relevant specification.

9.3 Whisker growth test

9.3.1 General

If specified in the relevant specification, the whisker test shall be based on the recommendations of IEC 60068-2-82:2019.

The relevant specification shall specify a suitable fixing jig for the support of the specimen during this test.

9.3.2 Preparation of specimen

The preparation of specimen shall be in accordance with IEC 60068-2-82:2019, Clause 5.

Capacitors with leads shall receive a preconditioning by leads forming in accordance with IEC 60068-2-82:2019, 5.6.2.

Capacitors intended for soldering shall receive a preconditioning by heat treatment in accordance with IEC 60068-2-82:2019, 5.6.3.

9.3.3 Initial measurement

The appearance of capacitors shall be examined as described in IEC 60068-2-82:2019, 8.1 and as required by the relevant specification. An initial investigation of whisker growth may be skipped, if not explicitly specified.

9.3.4 Test procedures

Test methods shall be selected following the decision flow in IEC 60068-2-82:2019, 5.1 and applied in accordance with the requirements in IEC 60068-2-82:2019, Clause 6.

9.3.5 Test conditions

The test conditions of IEC 60068-2-82:2019, Clause 6 according to the component's material composition shall be applied.

The following discrimination shall be applied to the selection of the severity of the temperature cycling test:

- a) the condition $-55\text{ °C} / 85\text{ °C}$ shall be applied for capacitors with $T_A = -55\text{ °C}$ or below,
- b) the condition $-40\text{ °C} / 85\text{ °C}$ shall be applied for capacitors with T_A above -55 °C .

9.3.6 Final inspection, measurements and requirements

The capacitors shall be examined in accordance with IEC 60068-2-82:2019, 8.5.

The whisker shall not exceed the limit specified in the detail specification.

9.4 Component solvent resistance

9.4.1 Initial measurements

The measurements specified in the relevant specification shall be made.

9.4.2 Test procedure

The components shall be subjected to IEC 60068-2-45, Test XA, with the following details:

- a) solvent to be used: IPA (IEC 60068-2-45:1980/AMD1:1993, 3.1.2);
- b) solvent temperature: $23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$, unless otherwise specified in the detail specification;
- c) conditioning: method 2, (without rubbing);
- d) recovery time: 48 h, unless otherwise stated in the detail specification.

9.4.3 Final inspection, measurements and requirements

The measurements specified in the relevant specification shall then be made and the specified requirements be met.

9.5 Solvent resistance of marking

9.5.1 Test procedure

The components shall be subjected to IEC 60068-2-45, Test XA, with the following details:

- a) solvent to be used: IPA (IEC 60068-2-45:1980/AMD1:1993, 3.1.2);

- b) solvent temperature: 23 °C ± 5 °C;
- c) conditioning: method 1 (with rubbing);
- d) rubbing material: cotton wool;
- e) recovery time: not applicable, unless otherwise stated in the detail specification.

9.5.2 Final inspection, measurements and requirements

After the test the marking shall be legible.

10 Tests related to safety

10.1 Passive flammability

10.1.1 Test procedure

The test shall be made in accordance with IEC 60695-11-5.

The capacitor under test shall be held in the flame in the position which best promotes burning (if this position is not given in the detail specification it shall be evaluated by pre-testing). Each specimen shall be exposed only once to the flame.

The smallest, a medium (in the case of more than four case sizes), and the biggest case size shall be tested. Of each case size, three specimens of the maximum and three specimens of the minimum capacitance shall be tested, resulting in six specimens per case size.

For time of exposure to flame and burning time, see Table 7. If applicable, the detail specification shall specify the category of passive flammability.

10.1.2 Final inspection, measurements and requirements

The burning time of any specimen shall not exceed the time specified in Table 7.

Burning droplets or glowing parts falling down shall not ignite the tissue paper.

Table 7 – Severities and requirements

Category of flammability	Severities Flame exposure time, in seconds, for capacitor volume ranges				Maximum burning time s
	Volume ≤ 250 mm ³	Volume > 250 mm ³ ≤ 500 mm ³	Volume > 500 mm ³ ≤ 1 750 mm ³	Volume > 1 750 mm ³	
A	15	30	60	120	3
B	10	20	30	60	10
C	5	10	20	30	30

10.2 Pressure relief (for aluminum electrolytic capacitors)

10.2.1 General

Unless otherwise specified in the relevant specification, one of the following tests shall be used to test the pressure relief device of the capacitors.

10.2.2 AC test

Applied voltage: alternating voltage with RMS value not exceeding 0,7 times the rated direct voltage.

Frequency of the applied voltage: 50 Hz or 60 Hz.

Series resistor: $R = 0,5$ times the impedance of the capacitor at the test frequency.

10.2.3 DC test

Applied voltage: direct voltage applied in the reverse direction, of an amplitude necessary to produce a current of 1 A to 10 A.

10.2.4 Pneumatic test

Applied pneumatic pressure: gas pressure introduced from outside shall be increased at a rate of 20 kPa/s continuously.

10.2.5 Final inspection, measurements and requirements

The measurements specified in the relevant specification shall be made.

11 Quality assessment procedures

See Annex Q.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60384-1:2021

Annex A (informative)

Guidance on pulse testing of capacitors

A.1 Overview

Existing testing methods covered by this document are suitable for capacitors operating in circuits where the applied voltage is predominantly direct voltage. There are now an increasing number of applications in which the applied voltage is in the form of pulse with or without a reversal of polarity. These pulses may be continuous, intermittent, or random in occurrence.

This annex specifies the factors affecting pulse ratings and the way in which these ratings may be checked by appropriate endurance tests. The parameters of a pulse are defined. Different combinations of these parameters can give rise to different causes of failure as follows.

Type	Cause of failure	Test
Electrolytic	Surge voltage exceeded	Surge voltage
	Reverse voltage exceeded	Reverse voltage
	Overheating (I^2R)	Pulse or AC
Metallized types	Peak current (intermittent)	Charge/discharge
	du/dt	Pulse
	Overheating (I^2R)	Pulse or AC
	Ionization	AC
All other	du/dt	Pulse
	Overheating (I^2R)	Pulse or AC
	Excess peak voltage	Surge
	Ionization	AC

A.2 Typical capacitor pulse conditions

The values listed below for typical applications show that test specifications requiring 100 000 or 1 million pulses correspond to operations of only 5 s to 50 s.

It is not possible to produce one circuit which will reproduce all of the required conditions.

It is likely, however, that circuits can be produced which will reproduce various groups of conditions. It does not appear possible at the present time to specify accelerated test conditions to simulate, for example, a five-year operation.

a) Examples for TV applications

- S-correction

Typical peak voltage:	25 V, 50 V, 180 V
Typical peak currents:	5 A to 15 A
du/dt :	about 5 V/ μ s
Frequency:	15 kHz to 20 kHz

- | | |
|-----------------|---------------|
| Reactive power: | up to 250 var |
|-----------------|---------------|
- Line tuning

Typical peak voltage:	up to 1 500 V
Typical peak current:	5 A
du/dt :	180 V/ μ s
 - Multiplier capacitors

Typical peak voltage:	10 kV DC with ripple
Typical peak current:	0,1 A
du/dt :	up to 1 000 V/ μ s
- b) Examples for power electronics
- | | |
|------------------------|-------------------------------|
| Typical peak voltages: | 60 V to 100 V |
| Typical peak currents: | 40 A to 100 A |
| du/dt : | 1 V/ μ s to 20 V/ μ s |
| Frequencies: | 50 Hz to 20 kHz |
| Reactive power: | up to 500 var |
- c) Example for DC/DC convertors
- | | |
|-----------------------|----------------|
| Typical peak voltage: | 30 V |
| Typical peak current: | 6 A |
| du/dt : | 600 V/ μ s |
| Frequency: | up to 20 kHz |
- d) Examples for switch-mode power supplies
- | | |
|------------------------|------------------|
| Typical peak voltages: | 15 V to 400 V |
| Typical peak currents: | 2 A to 10 A |
| Frequencies: | 100 Hz to 40 kHz |
- e) Examples for lasers and pulse light sources
- | | |
|------------------------|----------------------|
| Typical peak voltages: | 1 kV to 3 kV |
| Typical peak current: | 1 000 A |
| du/dt : | about 500 V/ μ s |
| Frequencies: | 1 kHz to 5 kHz |

A.3 Effect of inductance on pulse testing

Proposed pulse test methods are likely to consist of test circuits involving repetitive charge and discharge of capacitors in resistive circuits. This will result in conventional exponential current and voltage characteristics.

In many applications, however, inductive effects are of considerable importance and have a major influence on the suitability of the capacitor for the application.

These are particularly important at high values of du/dt . If the conditions for critical damping exist ($R^2 = 4 \times L/C$), the effect is a minor modification of the shape of the charge or discharge curve which will have little effect on the severity of the test.

If, however, $R^2 < 4 \times L/C$, there can be overshoot with or without damped oscillations.

These can result in overstress and increased power dissipation.

Annex Q (informative)

Quality assessment procedures

Q.1 General

Q.1.1 Scope of this annex

This generic specification and related sectional and detail specifications can be used for the purpose of a full quality assessment system. The following types of approval are provided.

- a) Qualification approval (QA) is applicable to an identified component or range of components manufactured to similar design and production processes, for which a detail specification exists. Such a detail specification shall be based on this generic specification and a relevant sectional specification and shall give provisions for a QA.

QA is granted to a manufacturer according to the provisions of Clause Q.2 when it has been established that the components meet the requirements of the detail specification.

The test schedules specified in the detail specification for the initial product qualification approval and for the product quality conformance inspections apply directly to the component or range to be qualified.

- b) Capability approval (CA) is applicable to an identified component manufacturing process and set of design rules for which an applicable sectional specification exists. Such a sectional specification shall be based on this generic specification and shall give provisions for a CA.

CA is granted to a manufacturer according to the provisions of Clause Q.3 when it has been established that his capability for manufacturing processes and quality control methods covering a specific component technology meet the requirements of the relevant specifications.

There are different detail specifications used under CA. At least one detail specification is released for the capability qualifying components (CQCs), identifying the component's purpose and specifying the relevant tests and requirements. Other detail specifications are released for the deliverable components and thus may cover standard catalogue components or customer specific components.

- c) Technology approval (TA) is appropriate when the complete technological process (design, process realization, product manufacture, test and shipment) covers the qualification aspects common to all components determined by the technology. It incorporates the most recent principles and techniques in quality management and provides for the use of statistical methods and tools, continuous improvement and procedural flexibility.

TA is applicable to an identified electronic component manufacturing activity for which a technology approval schedule (TAS) exists.

TA is granted to a manufacturer according to the provisions of Clause Q.4, when it has been demonstrated that the quality management system established for his electronic component manufacturing activity complies with the contents of his/her technology approval declaration document (TADD), and meets the requirements of the TAS.

The identification of an electronic component manufacturing activity shall be based on component(s) or range(s) of components manufactured to similar design and production processes, for which detail specification(s) exist(s). Such detail specification(s) shall be based on this generic specification and relevant sectional specification(s) and shall give relevant provisions for a technology approval. Such applied detail specifications shall be referenced in the TA.

A prerequisite for obtaining any of these approvals is that a manufacturer has obtained the approval of manufacturer in accordance with the provisions of the relevant certification body.

Q.1.2 Quality assessment definitions

Q.1.2.1 Primary stage of manufacture

The primary stage of manufacture shall be specified in the sectional specification.

Examples of the primary stage of manufacture are:

- For film capacitors:
the winding of the capacitor element or the equivalent operation.
- For multilayer ceramic capacitors:
the first common firing of the dielectric-electrode assembly.
- For electrolytic capacitors with non-solid electrolyte:
the capacitor manufacturer's evaluation of the formed anode foil.

Q.1.2.2 Structurally similar components

The grouping of structurally similar components for the initial product qualification approval testing or for the product quality conformance testing under QA, CA or TA shall be specified in the relevant sectional specification.

Q.1.2.3 Assessment level

An assessment level specifies the severity of the test schedules, the sampling plans and the number of permissible non-conforming items in each test group. Assessment levels EZ and DZ meet the requirements of the zero defect approach and align the assessment procedures and levels with the current industry practices, for example by setting the number of permitted non-conformities (acceptance number) to zero. The sectional specifications shall specify the requirements to the test schedules for use in all related detail specifications.

NOTE 1 A variety of assessment levels existed historically, e.g. with different numbers of permissible non-conformities per test. Only the assessment levels EZ and DZ are used in recent specifications.

The sampling plans and inspection levels for assessment levels EZ and DZ shall be selected from those given in IEC 61193-2, except for those elements of the test schedule which are based on fixed sample sizes, irrespective of the size of the lot being inspected.

NOTE 2 The assessment of a quality level close or equal to zero defects by sampling only would lead to an unreasonable increase of inspection efforts. Hence zero acceptance number sampling plans can only apply to the inspection of products that are manufactured under suitable process control with the target of a zero-defect quality level before sampling inspection.

Q.1.2.4 Failure rate level determination (if applied)

The determination of failure rate level and certification shall be described in the relevant specification.

Q.1.3 Rework

Rework is the rectification of a processing error by means not differing from those used in the current process, or by an explicitly permitted rework process prior to release of the component.

Rework shall not be carried out if prohibited by the relevant sectional or detail specification.

Applicable rework procedures shall be permitted by the relevant sectional or detail specification and shall be fully described in the relevant documentation produced by the manufacturer. All rework shall be carried out under supervision of the designated management representative (DMR) prior to the formation of the inspection lot offered for inspection to the requirements of the detail specification.

Q.1.4 Alternative test methods

The test and measurement methods given by the relevant specification are intended to unify test and measurement procedures. They are not necessarily the only methods which can be used except when specifically designated as referee or reference methods.

An approved manufacturer shall demonstrate to the certification body (CB) that any alternative method he uses will give results equivalent to those obtained by the specified method.

In case of dispute about the result and criteria, the specified methods take precedence over any alternative method.

Q.1.5 Certified test records of released lots

When certified test records are specified in the relevant specification and are requested by a customer, the following information shall be given as a minimum.

- a) Attributes information (that is the number of components tested and the number of non-conforming components) for tests in the subgroups covered by periodic inspection without reference to the parameter for which rejection was made.
- b) Variables information (that is average and range for the change in capacitance and number of tested components) for periodic tests specified in the relevant sectional specification.

NOTE Under CA a certified test record refers only to tests carried out on capability qualifying components.

Q.1.6 Unchecked parameters

Only those parameters of a component which have been specified in the detail specification and which were subject to testing shall be assumed to be within the specified limits. It cannot be assumed that any unspecified parameter will remain unchanged from one component to another.

A new, more extensive specification shall be used if control of any additional parameter is required. Then the additional test method shall be fully described with specification of sampling plans, inspection levels and requirements and applied in a relevant test schedule.

Q.1.7 Delayed delivery

Components are considered to meet the stated requirements for a period of two years after manufacture and lot release when stored under appropriate conditions, unless otherwise specified in the relevant specification.

Components held for a period exceeding that retention period shall prior to delivery be re-examined for solderability and for electrical characteristics as specified in the relevant specification. The sampling and procedure applied for re-examination shall be approved by the certification body (CB).

Components are qualified for another retention period, if all relevant requirements were met in the re-examination.

Q.1.8 Repair

Repair consists of rendering an approved component, which has been damaged or has become defective after its release, usable.

Components which have been repaired shall not be released under any specified quality assessment system.

Q.1.9 Registration of approvals

Approvals shall be based on a published detail specification complying with this generic specification and a relevant sectional specification.

The achieved approvals shall be entered in a relevant and published register of approvals, for example in the approvals section "online certificates" of the website www.iecq.org. Such entries shall contain all necessary details on the approval, including the applied specifications and the scope of the approval, for example designation, variant(s) and range(s) of the approved component(s).

Q.1.10 Manufacture outside geographical limits

See the requirements of the specified quality assessment system (if any).

Q.2 Qualification approval (QA) procedures

Q.2.1 Eligibility for qualification approval

A qualification approval may be granted to a manufacturer holding a manufacturer's approval.

A component is eligible for QA if the manufacturing process, including the specified primary stage of manufacture, is carried out under direct supervision of the relevant designated management representative (DMR).

Q.2.2 Application for qualification approval

The manufacturer shall comply with the specified quality assessment system (if any).

Q.2.3 Subcontracting

The relevant specification may restrict subcontracting in accordance with the specified quality assessment system (if any).

If subcontracting of the primary stage of manufacture and/or subsequent stages is employed, it shall be in accordance with the specified quality assessment system (if any).

Q.2.4 Test procedure for the initial product qualification approval

The detail specification shall specify the test schedule and the requirements for the initial product qualification approval testing.

The sampling and formation of inspection lots shall be specified in the sectional specification or in the detail specification. The sampling plan for the initial product qualification approval testing is based on the fixed sample size procedure, with the number of permissible non-conforming specimen set to zero (e.g. assessment level EZ).

The specimen for an inspection lot shall be collected at random over a short time within an inspection period, not including any major change of the manufacturing process.

Q.2.5 Granting of qualification approval

Qualification approval shall be granted when the procedures in accordance with the specified quality assessment system (if any) have been completed satisfactorily.

Q.2.6 Maintenance of qualification approval

A QA shall be maintained by regular quality conformance inspections in order to demonstrate the compliance with the requirements for quality conformance specified in the detail specification.

Q.2.7 Quality conformance inspection

The test schedule and the requirements for the product quality conformance inspection shall be specified in the detail specification.

The sampling and formation of inspection lots shall be specified in the sectional specification or in the detail specification. The sampling plans and inspection levels shall be selected from those given in IEC 61193-2, for the part of the product quality conformance inspection schedule based on variable sample sizes, as used for the lot-by-lot testing. The sampling plan for the periodic product quality conformance inspection testing is based on the fixed sample size procedure. The number of permissible nonconforming specimen for each test group of both test schedules is set to zero (e.g. assessment level EZ).

The specimen for an inspection lot shall be collected at random over a short time within an inspection period, not including any major change of the manufacturing process.

Utilization of the switching rule for reduced inspection in Group C of the test schedule is permitted in all subgroups except endurance, unless otherwise specified in the relevant specification.

Q.3 Capability approval (CA) procedures

Q.3.1 General

Capability approval covers a manufacturing process and quality control methods (including design aspects as applicable) for a specific component technology with clearly defined scope and limits of the employed manufacturing capability.

The capability shall be demonstrated on capability qualifying components (CQCs), which serve as specimen for initial qualification testing and for subsequent quality conformance inspections. There shall be a detail specification for a CQC, based on this generic specification and on a sectional specification, giving the provisions for a CA.

A detailed process control plan (PCP) shall be used for inspections to be carried out during the manufacturing process applied to the manufacturing of components for release.

There shall be specific detail specifications for standard catalogue components and for customer specific components to be released under capability approval. They shall be based on this generic specification and on the same sectional specification supporting the detail specification for the CQC.

Q.3.2 Eligibility for capability approval

The manufacturer shall comply with the requirements of the specified quality assessment system (if any).

A component manufacturer is eligible for CA if the manufacturing process, including the specified primary stage of manufacture, is carried out under direct supervision of the relevant designated management representative (DMR).

Q.3.3 Application for capability approval

The manufacturer shall comply with the requirements of the specified quality assessment system (if any), and with the requirements of the relevant sectional specification.

Q.3.4 Subcontracting

The relevant specification may restrict subcontracting in accordance with the rules of the specified quality assessment system (if any).

If subcontracting of the primary stage of manufacture and/or subsequent stages is employed, it shall be in accordance with the specified quality assessment system (if any).

Q.3.5 Description of the capability

The manufacturer shall describe the capability relevant to the manufacturing technology and range of products involved in a capability manual (CM), which shall meet the requirements of the specified quality assessment system (if any). The CM shall state the limits of the covered technology, and design rules, if applicable.

The CM may be subject to confidentiality, hence the manufacturer shall provide an abstract of the description of capability suitable for publication.

Q.3.6 Demonstration and verification of capability

The verification of the claimed capability shall demonstrate compliance with the contents of the CM and utilize capability qualifying components (CQCs) and the process control plan (PCP), as required by the specified quality assessment system (if any).

The CQCs shall be used to demonstrate the limits of capability and compliance with the relevant detail specification.

Q.3.7 Granting of capability approval

Capability approval shall be granted when the procedures in accordance with the specified quality assessment system (if any) have been completed satisfactorily and the requirements of the relevant sectional specification have been met.

Q.3.8 Maintenance of capability approval

A capability approval shall be maintained in accordance with the specified quality assessment system (if any) and the respective descriptions of the CM by regular quality conformance inspections on the CQCs in order to demonstrate the compliance with the requirements for quality conformance specified in the relevant detail specification.

Q.3.9 Quality conformance inspection

Quality conformance inspections shall be executed in accordance with the provisions of the specified quality assessment system (if any) and the respective descriptions of the CM.

The test schedule and the requirements for the quality conformance inspection shall be specified in the relevant detail specification(s) for deliverable components, for example the specific detail specifications for standard catalogue components or for customer specific components.

The sampling and formation of inspection lots shall be specified in the sectional specification or in the detail specification. The sampling plans and inspection levels shall be selected from those given in IEC 61193-2, except for those elements of the test schedule which are based on fixed sample sizes.

The specimen for an inspection lot shall be collected at random over a short time within an inspection period, not including any major change of the manufacturing process.

Q.4 Technology approval (TA) procedure

Q.4.1 General

Technology approval is a method of approving a complete technological process covering the approval aspects common to all products as determined by the technology under consideration. It extends the existing suite of approval concepts (QA and CA) by adding the following principles as mandatory aspects:

- a) a formal system for quality management, actively involving all employees in the commitment to quality;
- b) use of in-process control methods, for example SPC, to be defined in a technology approval schedule (TAS);
- c) a strategy for continuous quality improvement;
- d) monitoring the overall technologies and operations associated with the design and manufacturing processes as well as the components themselves;
- e) procedural flexibility due to the underlying quality assurance management system and market sector requirements;
- f) acceptance of a manufacturer's operational documentation to provide means for rapid approval or extension of approval.

Q.4.2 Eligibility for technology approval

A TA may be granted to a manufacturer holding an approval of manufacturer to the specified quality assessment system (if any).

Prerequisite to a TA is a technology approval schedule (TAS) covering the entire scope of technology for which approval is intended, written in accordance with the requirements of the specified quality assessment system (if any).

Q.4.3 Application of technology approval

The procedure and requirements for an application for TA are given in the specified quality assessment system (if any).

Q.4.4 Subcontracting

The TAS or the relevant specification may restrict subcontracting in accordance with the rules of the specified quality assessment system (if any).

Q.4.5 Description of technology

The manufacturer shall describe the implementation of the TAS in his organization in a technology approval declaration document (TADD) which shall meet the requirements of the specified quality assessment system (if any). The TADD shall describe the relevant scope of technology and relate to, but not exceed the range of activities covered by the TAS.

Q.4.6 Demonstration and verification of the technology

For verification of the operational and technological processes, the manufacturer shall demonstrate compliance with the contents of the TADD, as required in the specified quality assessment system (if any).

For manufacturing verification, characterization and evaluation of process performance shall be performed on components, for which a detail specification exists. Such detail specification shall be based on this generic specification and a sectional specification and shall give provisions for a TA.

Q.4.7 Granting of technology approval

TA shall be granted by the certification body (CB) when the requirements of the specified quality assessment system (if any) have been met.

Q.4.8 Maintenance of technology approval

A TA shall be maintained in accordance with the provisions of the specified quality assessment system (if any).

Q.4.9 Quality conformance inspection

The quality conformance inspection shall be carried out in accordance with the relevant TAS.

The quality conformance inspection of the manufacturing shall be performed on components for which a detail specification has been registered in the TADD. The test schedule and the requirements for the quality conformance inspection shall be specified in the detail specification.

The sampling and formation of inspection lots shall be specified in the sectional specification or in the detail specification. The sampling plans and inspection levels shall be selected from those given in IEC 61193-2, except for those elements of the test schedule which are based on fixed sample sizes.

The specimen for an inspection lot shall be collected at random over a short time within an inspection period, not including any major change of the manufacturing process.

Utilization of the switching rule for reduced inspection in Group C of the test schedule is permitted in all subgroups except endurance, unless otherwise specified in the relevant specification.

Q.5 Rules for the preparation of detail specifications for capacitors and resistors for electronic equipment for use within quality assessment systems

Q.5.1 Drafting

The drafting of a complete detail specification, if required, shall begin only when all the following conditions have been met.

- a) The generic specification has been approved.
- b) The sectional specification, when appropriate, has been circulated for approval as a Final Draft International Standard (FDIS).
- c) The associated blank detail specification has been circulated for approval as an FDIS.
- d) There is evidence that at least three national committees have formally approved, as their own national standard, specifications covering a component of closely similar performance.

When a national committee formally asserts that substantial or significant use is made within its country of a part described by some other national standard, this assertion may count towards the foregoing requirement.

Q.5.2 Reference standard

Detail specifications shall use the standard of preferred values, ratings and characteristics and severities for environmental tests, etc., which are given in the appropriate generic or sectional specifications.

Q.5.3 Circulation

The detail specification should not be circulated as an FDIS until the sectional and blank detail specifications have been approved for publication.

Q.6 Layout of the first page of a PCP/CQC specification

Manufacturer's name	
Location	
Capability approval number	PCP/CQC specification number
Issue	
Capability manual reference number	Date
Description of PCP/CQC	
Purpose of PCP/CQC	
Drawing reference	
Part identity	

Q.7 Requirements for capability approval test report**Q.7.1 General**

Capability approval is described in Q.1.1.b).

The test report shall include the information given in Q.7.2, Q.7.3 and Q.7.4.

Q.7.2 Requirements

The test report shall be dated and include the following general information:

- manufacturer's name and address;
- place of manufacture, if different from above;
- generic and sectional specification number, issue and amendment date;
- the issue number and date of the description of capability;
- reference to PCP/CQC specification;
- reference to the test program for capability approval, as applicable;
- a list of test equipment used together with appropriate uncertainties of measurement.

Q.7.3 Summary of test information (for each CQC)

The test report shall include the following summary of test information:

- tests;
- number of specimens tested;
- number of nonconforming items allowed;
- number of nonconforming items found.

Q.7.4 Measurement record

A record of the results of the measurements is taken before and after the various mechanical, environmental, and endurance tests for which post-test limits or final measurements are specified.

Q.8 Guidance on the extension of endurance tests on fixed capacitors

Q.8.1 Overview

The regular repetition of endurance tests under the quality conformance inspection within a quality system offers the opportunity to collect not only their results for the certified test records (CTR), but to accumulate them, wherever possible, for the evaluation of reliability data. As the usual duration of endurance tests on capacitors is 1 000 h or 2 000 h, interested parties may wish to extend these tests to evaluate the long-term behaviour of the components concerned and to improve the base for the reliability evaluation. In the following, guidance is given on the performance and evaluation of such extended endurance tests.

Q.8.2 Guidelines

The following guidelines apply.

- a) Test conditions should preferably be the same as for the standard endurance test. If, for any good reason, different test conditions are chosen, they should be clearly indicated.
- b) For final measurements, the same characteristic should be measured as for the standard endurance test.
- c) The preferred duration for such extended endurance tests is 8 000 h.
- d) The extended test is for information only on long-term behaviour and reliability. The measured values are therefore noted for variable analyses or other reliability evaluation without being linked to the failure criteria as specified.
- e) Intermediate measurements (between 2 000 h and 8 000 h) may be made.

- f) If agreed between the parties concerned, the results of the test may be included in the certified test record (CTR) of released lots.
- g) The "translation" of the results of accumulated tests into reliability data is normally the responsibility of the manufacturer. If somebody else wants to use these accumulated test results for his own reliability evaluation, an appropriate acceleration factor for the components concerned shall be taken into account.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60384-1:2021

Annex X

(informative)

Cross reference for references to the previous edition of this document

The drafting of this document has resulted in a new structure. Table X.1 indicates the new clause and subclause numbers with respect to IEC 60384-1:2016 (5th edition).

Table X.1 – Reference to IEC 60384-1 for clauses/subclauses or annexes

IEC 60384-1:2016 5 th edition Clause/Subclause or Annex	IEC 60384-1:20xx 6 th edition Clause/Subclause or Annex	Notes
1	1	Scope and Object are merged into one clause in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2
1.1		
1.2	2	In accordance with ISO/IEC Directives, Part 2
2.1	4.1 / 3.2 / 3.3	In accordance with the change of clause numbers
2.2	3.1	In accordance with ISO/IEC Directives, Part 2
2.3	4.2	In accordance with the change of clause numbers
2.4	4.3	In accordance with the change of clause numbers
3	11	In accordance with the change of clause numbers
4.1 to 4.3	5.1 to 5.3	In accordance with the change of clause numbers
4.4	7.1	In accordance with the change of clause numbers
4.5 to 4.11	6.1 to 6.7	In accordance with the change of clause numbers
4.12 to 4.13	7.2 to 7.3	In accordance with the change of clause numbers
4.14 to 4.15	9.1 to 9.2	In accordance with the change of clause numbers
4.16	8.1	In accordance with the change of clause numbers
4.17 to 4.19	7.4 to 7.6	In accordance with the change of clause numbers
4.20	7.9	In accordance with the change of clause numbers
4.21 to 4.22	8.2 to 8.3	In accordance with the change of clause numbers
4.23	8.5	In accordance with the change of clause numbers
4.24	6.8	In accordance with the change of clause numbers
4.25	5.4	In accordance with the change of clause numbers
4.26	6.9	In accordance with the change of clause numbers
4.27	6.11	In accordance with the change of clause numbers
4.28	10.2	In accordance with the change of clause numbers
4.29	8.7	In accordance with the change of clause numbers
4.30	8.6	In accordance with the change of clause numbers
4.31 to 4.32	9.4 to 9.5	In accordance with the change of clause numbers
4.33	5.5	In accordance with the change of clause numbers
4.34	7.7	In accordance with the change of clause numbers
4.35	7.8	In accordance with the change of clause numbers
4.36	6.12	In accordance with the change of clause numbers
4.37	8.8	In accordance with the change of clause numbers
4.38	10.1	In accordance with the change of clause numbers
4.39	6.10	In accordance with the change of clause numbers
4.40	6.13	In accordance with the change of clause numbers

IEC 60384-1:2016 5 th edition Clause/Subclause or Annex	IEC 60384-1:20xx 6 th edition Clause/Subclause or Annex	Notes
4.41	9.3	In accordance with the change of clause numbers
Annex A	-	Deleted
Annex B	Q.5	In accordance with the change of clause numbers
Annex C	Q.6	In accordance with the change of clause numbers
Annex D	Q.7	In accordance with the change of clause numbers
Annex E	Annex A	In accordance with the change of clause numbers
Annex F	Q.8	In accordance with the change of clause numbers
Annex G	8.4	In accordance with the change of clause numbers
Annex H	8.9	In accordance with the change of clause numbers
Annex Q	Q.1 to Q.4	There is no change
None	Annex X	Addition

Table X.2 indicates the new figure and table numbers with respect to IEC 60384-1:2016 (5th edition).

Table X.2 – Reference to IEC 60384-1 for figures and tables

IEC 60384-1:2016 5 th edition Figure/Table	IEC 60384-1:20xx 6 th edition Figure/Table	Notes
None	Figure 1	In accordance with the change of clause numbers
Figure 3 to Figure 8	Figure 6 to Figure 11	
Figure 9	Figure 20	
Figure 10	Figure 21	
Figure 14	Figure 16	
Figure 15	Figure 4	
Figure 16	Figure 5	
Figure 17	Figure 15	
Figure 18	Figure 18	
Figure 19	Figure 19	
None	Figure 17	Addition
For the table numbers, there is no change.		

Bibliography

IEC 60027 (all parts), *Letter symbols to be used in electrical technology*

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

IEC 60384-2, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 2: Sectional specification – Fixed metalized polyethylene terephthalate film dielectric DC capacitors*

IEC 60384-3, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 3: Sectional specification – Surface mount fixed tantalum electrolytic capacitors with solid (MnO₂) electrolyte*

IEC 60384-3-1, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 3-1: Blank detail specification: Surface mount fixed tantalum electrolytic capacitors with manganese dioxide solid electrolyte – Assessment level EZ*

IEC 60384-3-101, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 3-101: Detail specification – Fixed tantalum chip capacitors for surface mounting with solid electrolyte and porous anode, style I – Assessment level E*

IEC 60384-26, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 26: Sectional specification – Fixed aluminum electrolytic capacitors with conductive polymer solid electrolyte*

IEC 60469:2013, *Transitions, pulses and related waveforms – Terms, definitions and algorithms*

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

ISO 80000-1, *Quantities and units – Part 1: General*

ISO 9000, *Quality management systems – Fundamentals and vocabulary*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60384-1:2021

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	85
INTRODUCTION	87
1 Domaine d'application	89
2 Références normatives	89
3 Termes et définitions	90
4 Exigences générales	96
4.1 Symboles, unités et abréviations	96
4.2 Valeurs préférentielles et exigences techniques supplémentaires	97
4.3 Marquage	99
5 Dispositions générales relatives aux essais et procédures de mesure	99
5.1 Généralités	99
5.2 Conditions atmosphériques normalisées	100
5.3 Séchage	101
5.4 Stockage	101
5.5 Montage (pour les condensateurs pour montage en surface uniquement)	102
6 Essais et mesurages électriques	105
6.1 Résistance d'isolement	105
6.2 Tension de tenue	108
6.3 Capacité	112
6.4 Tangente de l'angle de perte et résistance-série équivalente (RSE)	112
6.5 Courant de fuite	113
6.6 Impédance	114
6.7 Fréquence de résonance propre et inductance	115
6.8 Variation de la capacité avec la température	118
6.9 Surtension	121
6.10 Essai aux surintensités	122
6.11 Essais de charge et de décharge et essai de courant d'appel	124
6.12 Absorption diélectrique	126
6.13 Surtension transitoire (pour condensateurs électrolytiques en aluminium à électrolyte non solide)	127
7 Essais et mesurages mécaniques	130
7.1 Examen visuel et contrôle des dimensions	130
7.2 Sortie de l'armature extérieure	130
7.3 Robustesse des sorties	131
7.4 Vibrations	132
7.5 Secousses (chocs répétitifs)	133
7.6 Chocs	133
7.7 Essai de cisaillement	134
7.8 Essai de pliage du substrat	134
7.9 Étanchéité des boîtiers	134
8 Essais d'environnement et climatiques	134
8.1 Variations rapides de température	134
8.2 Séquence climatique	135
8.3 Chaleur humide, essai continu	136
8.4 Essai continu de chaleur humide avec application de tension (pour les condensateurs à film métallisé uniquement)	137

8.5	Endurance	137
8.6	Essai de stabilité thermique	139
8.7	Caractéristiques à haute et basse températures	140
8.8	Essai continu de chaleur humide accéléré	140
8.9	Essai continu de chaleur humide accéléré (pour les condensateurs céramiques multicouches uniquement).....	141
9	Essais relatifs à l'assemblage des composants.....	142
9.1	Résistance à la chaleur de brasage	142
9.2	Brasabilité.....	142
9.3	Essai sur le développement des trichites	143
9.4	Résistance au solvant des composants.....	144
9.5	Résistance au solvant du marquage.....	145
10	Essais relatifs à la sécurité.....	145
10.1	Inflammabilité passive.....	145
10.2	Décharge de pression (pour les condensateurs électrolytiques en aluminium)	146
11	Procédures d'assurance de la qualité	146
Annexe A (informative) Recommandations relatives à l'essai en impulsion des condensateurs		147
A.1	Présentation	147
A.2	Conditions typiques en impulsions pour les condensateurs	147
A.3	Influence de l'inductance sur les essais en impulsions	148
Annexe Q (informative) Procédures d'assurance de la qualité.....		150
Q.1	Généralités	150
Q.2	Procédures d'homologation (QA)	153
Q.3	Procédures d'agrément de savoir-faire.....	155
Q.4	Procédure d'agrément de technologie	156
Q.5	Règles pour l'établissement des spécifications particulières pour des condensateurs et des résistances pour équipements électroniques, destinés à être utilisés dans les systèmes d'assurance de la qualité	158
Q.6	Disposition de la première page d'une spécification PCP/CQC.....	159
Q.7	Exigences pour le rapport d'essai d'agrément de savoir-faire.....	159
Q.8	Recommandations relatives à l'extension des essais d'endurance sur les condensateurs fixes	160
Annexe X (informative) Renvoi pour références à la précédente édition du présent document.....		161
Bibliographie.....		163
Figure 1 – Système de spécifications pour condensateurs fixes		88
Figure 2 – Puissance réactive en fonction de la fréquence.....		98
Figure 3 – Relation entre la plage des températures de catégorie et la tension appliquée.....		99
Figure 4 – Substrat approprié pour les essais mécaniques.....		104
Figure 5 – Substrat approprié pour les essais électriques		105
Figure 6 – Circuit d'essai de tension de tenue.....		109
Figure 7 – Schéma de principe du circuit de mesure de l'impédance.....		114
Figure 8 – Disposition de montage des condensateurs pour utilisation générale		116
Figure 9 – Disposition de montage des condensateurs pour utilisation sur circuit imprimé.....		116

Figure 10 – Schéma typique d'un ondemètre-oscillateur à absorption	117
Figure 11 – Schéma de principe du circuit de mesure	118
Figure 12 – Circuit à relais	121
Figure 13 – Circuit à thyristors	121
Figure 14 – Forme d'onde de la tension aux bornes du condensateur	122
Figure 15 – Essai aux surintensités	123
Figure 16 – Forme d'onde de la tension et du courant	125
Figure 17 – Circuit d'essai d'absorption diélectrique	127
Figure 18 – Circuit d'essai de la surtension transitoire	128
Figure 19 – Forme d'onde de la tension	129
Figure 20 – Circuit d'essai	131
Figure 21 – Circuit d'essai pour les condensateurs électrolytiques	139
Tableau 1 – Conditions d'arbitrage	101
Tableau 2 – Tension de mesure de la résistance d'isolement	105
Tableau 3 – Points de mesure	108
Tableau 4 – Force de traction	131
Tableau 5 – Couple	132
Tableau 6 – Nombre de cycles	136
Tableau 7 – Sévérités et exigences	146
Tableau X.1 – Référence aux articles/paragraphes ou aux annexes de l'IEC 60384-1	161
Tableau X.2 – Référence aux figures/tableaux de l'IEC 60384-1	162

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60384-1:2021

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CONDENSATEURS FIXES UTILISÉS DANS LES ÉQUIPEMENTS
ÉLECTRONIQUES –****Partie 1: Spécification générique****AVANT-PROPOS**

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

L'IEC 60384-1 a été établie par le Comité d'études 40 de l'IEC: Condensateurs et résistances pour équipements électroniques. Il s'agit d'une Norme internationale.

La sixième édition annule et remplace la cinquième édition parue en 2016. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) le document a été entièrement restructuré pour se conformer aux Directives ISO/IEC, Partie 2; une nouvelle catégorisation des méthodes d'essai a été introduite et les méthodes d'essai ont été réorganisées selon ces nouvelles catégories; les tableaux, figures et références ont été révisés en conséquence;
- b) l'Annexe X a été ajoutée à des fins de comparaison avec l'édition précédente.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
40/2848/FDIS	40/2859/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à son approbation.

La version française de la norme n'a pas été soumise au vote.

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sur www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60384, publiées sous le titre général *Condensateurs fixes utilisés dans les équipements électroniques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

INTRODUCTION

Le système de spécifications pour des condensateurs fixes utilisés dans des équipements électroniques est structuré dans un système hiérarchique constitué des types de spécifications ci-dessous. Voir Figure 1.

Spécification générique

La spécification générique couvre tous les sujets, principalement les sujets communs à la famille de condensateurs fixes utilisés dans des équipements électroniques, tels que la terminologie, les méthodes de mesure et les essais. Lorsque des conditions ou des paramètres relatifs aux dispositions spécifiques à la sous-famille particulière ou au type particulier de condensateur fixe sont exigés, il est exigé que ces derniers soient donnés par une des spécifications subordonnées.

Pour le domaine d'application des condensateurs fixes, la référence numérique à la spécification générique est l'IEC 60384-1.

Spécification intermédiaire

Les spécifications intermédiaires couvrent tous les sujets s'ajoutant à ceux indiqués dans la spécification générique et qui sont spécifiques à un sous-groupe défini de condensateurs fixes. Ces sujets sont normalement les valeurs préférentielles des dimensions et des caractéristiques, les méthodes d'essai supplémentaires et les dispositions applicables aux méthodes d'essai données dans la spécification générique, les exigences relatives à l'échantillonnage et à la préparation des éprouvettes, les sévérités d'essai recommandées et les critères d'acceptation préférentiels. La spécification intermédiaire présente également la structure et le domaine d'application des programmes d'essai qui doivent être appliqués dans toutes les spécifications particulières subordonnées.

Pour le domaine d'application des condensateurs fixes, les références numériques aux spécifications intermédiaires vont de l'IEC 60384-2 pour les condensateurs à film de polyester à actuellement l'IEC 60384-26 pour les condensateurs électrolytiques en aluminium à électrolyte solide en polymère conducteur. La variété de spécifications intermédiaires peut être adaptée aux différentes technologies de condensateurs fixes.

Spécification particulière

Les spécifications particulières donnent, directement ou en faisant référence à d'autres spécifications, toutes les informations nécessaires pour décrire complètement un type et une plage donnés de condensateurs fixes, y compris les exigences relatives à toutes les valeurs des dimensions et des caractéristiques. Elles donnent également toutes les informations exigées pour l'assurance de la qualité du type et de la plage de condensateurs fixes couverts dans un système approprié d'assurance de la qualité, y compris les exigences relatives à toutes les sévérités d'essai et à tous les critères d'acceptation appliqués, et les programmes d'essai réalisés.

Les spécifications particulières peuvent être soit des spécifications du système IEC, soit une autre spécification liée à l'IEC, soit une spécification du fabricant ou de l'utilisateur.

Pour le domaine d'application des condensateurs fixes, les références numériques aux spécifications particulières sont par exemple l'IEC 60384-3-101, pour une spécification particulière se rapportant à la spécification intermédiaire IEC 60384-3 et à la spécification particulière-cadre auxiliaire IEC 60384-3-1.

Spécification particulière-cadre

Dans le système hiérarchique de spécifications, une spécification intermédiaire est complétée par une ou plusieurs spécifications particulières-cadres utilisées pour assurer une présentation uniforme des spécifications particulières.

La spécification particulière-cadre fournit au rédacteur des spécifications un modèle de disposition à adopter et un modèle d'informations à fournir, ainsi que des recommandations pour l'établissement de spécifications particulières en respectant les exigences des spécifications génériques ou intermédiaires supérieures.

Les spécifications particulières-cadres ne sont pas considérées comme des spécifications applicables parce qu'elles ne décrivent pas de composants particuliers.

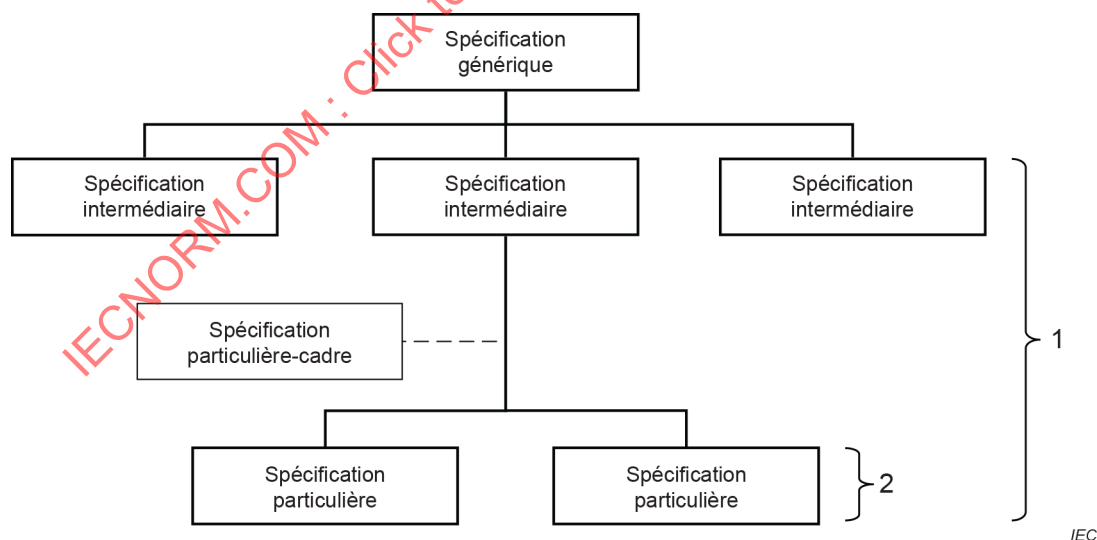
La présence d'un système de spécifications hiérarchiques établi, avec des spécifications particulières-cadres, permet d'établir des spécifications particulières même en dehors du comité d'études de l'IEC concerné.

Pour le domaine d'application des condensateurs fixes, les références numériques aux spécifications particulières-cadres sont par exemple l'IEC 60384-3-1, pour une spécification particulière-cadre se rapportant à la spécification intermédiaire IEC 60384-3.

Spécification applicable

Dans ce système, le terme "spécification applicable" couvre des spécifications subordonnées comprenant des exigences spécifiques, le cas échéant.

Une spécification générique ou intermédiaire peut utiliser un résumé et des références universelles à des spécifications subordonnées de n'importe quel niveau hiérarchique en employant l'expression "spécification applicable".



Légende

- 1 Indique la plage de "Spécifications applicables" pour la spécification générique supérieure, le cas échéant.
- 2 Indique la plage de "Spécifications applicables" pour la spécification intermédiaire supérieure, le cas échéant.

Figure 1 – Système de spécifications pour condensateurs fixes

CONDENSATEURS FIXES UTILISÉS DANS LES ÉQUIPEMENTS ÉLECTRONIQUES –

Partie 1: Spécification générique

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60384 est une spécification générique qui s'applique aux condensateurs fixes utilisés dans les équipements électroniques.

Elle établit des définitions, des procédures de contrôle et des méthodes d'essai normalisées à utiliser dans les spécifications intermédiaires et particulières des composants électroniques, pour les systèmes d'assurance de la qualité ou pour tout autre usage.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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).

IEC 60062, *Codes de marquage des résistances et des condensateurs*

IEC 60063, *Séries de valeurs normales pour résistances et condensateurs*

IEC 60068-1:2013, *Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et lignes directrices*

IEC 60068-2-1, *Essais d'environnement – Partie 2-1: Essais – Essai A: Froid*

IEC 60068-2-2:2007, *Essais d'environnement – Partie 2-2: Essais – Essai B: Chaleur sèche*

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

IEC 60068-2-13, *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique – Partie 2-13: Essais – Essai M: Basse pression atmosphérique*

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

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

IEC 60068-2-20, *Essais d'environnement – Partie 2-20: Essais – Essais Ta et Tb: Méthodes d'essai de la brasabilité et de la résistance à la chaleur de brasage des dispositifs à broches*

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

IEC 60068-2-27, *Essais d'environnement – Partie 2-27: Essais – Essai Ea et guide: Chocs*

IEC 60068-2-30, *Essais d'environnement – Partie 2-30: Essais – Essai Db: Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 h + 12 h)*

IEC 60068-2-45:1980, *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique – Partie 2-45: Essais – Essai XA et guide: Immersion dans les solvants de nettoyage*
IEC 60068-2-45:1980/AMD1:1993

IEC 60068-2-58, *Essais d'environnement – Partie 2-58: Essais – Essai Td: Méthodes d'essai de la soudabilité, résistance de la métallisation à la dissolution et résistance à la chaleur de brasage des composants pour montage en surface (CMS)*

IEC 60068-2-67, *Essais d'environnement – Partie 2-67: Essais – Essai Cy: Essai continu de chaleur humide, essai accéléré applicable en premier lieu aux composants*

IEC 60068-2-69, *Essais d'environnement – Partie 2-69: Essais – Essai Te/Tc: Essai de brasabilité des composants électroniques et cartes imprimées par la méthode de la balance de mouillage (mesure de la force)*

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

IEC 60068-2-82:2019, *Essais d'environnement – Partie 2-82: Essais – Essai Xw1: Méthodes de vérification des trichites pour les composants et les pièces utilisés dans les ensembles électroniques*

IEC 60294, *Mesure des dimensions d'un composant cylindrique à sorties axiales*

IEC 60695-11-5, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-5: Flammes d'essai – Méthode d'essai au brûleur-aiguille – Appareillage, dispositif d'essai de vérification et lignes directrices*

IEC 60717, *Méthode pour la détermination de l'encombrement des condensateurs et résistances à sorties unilatérales*

IEC 61193-2, *Quality assessment systems – Part 2: Selection and use of sampling plans for inspection of electronic components and packages (disponible en anglais seulement)*

IEC 61249-2-7, *Matériaux pour circuits imprimés et autres structures d'interconnexion – Partie 2-7: Matériaux de base renforcés, plaqués et non plaqués – Feuille stratifiée tissée de verre E avec de la résine époxyde, d'inflammabilité définie (essai de combustion verticale), plaquée cuivre*

ISO 3, *Nombres normaux – Séries de nombres normaux*

3 Termes et définitions

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

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

NOTE Dans la version anglaise, les termes sont énumérés par ordre alphabétique.

3.1**condensateur pour courant alternatif**

condensateur conçu essentiellement pour fonctionner sous des tensions alternatives

3.2**condensateur bipolaire**

<condensateur électrolytique> condensateur prévu pour supporter une tension alternative et/ou une inversion de la polarité de la tension continue appliquée

3.3**catégorie d'inflammabilité passive**

catégorie indiquant la durée maximale d'inflammation autorisée après une durée d'application de flamme spécifiée

3.4**plage des températures de catégorie**

plage des températures ambiantes pour laquelle le condensateur a été conçu pour fonctionner de manière continue

Note 1 à l'article: La plage des températures est limitée par la température de catégorie inférieure et la température de catégorie supérieure (voir 3.10 et 3.41).

3.5**tension de catégorie**

U_C

tension maximale pouvant être appliquée de manière continue à un condensateur utilisé à sa température de catégorie supérieure (3.41)

3.6**condensateur pour courant continu**

condensateur conçu essentiellement pour fonctionner sous des tensions continues

Note 1 à l'article: Il peut ne pas convenir pour une utilisation sur des sources de courant alternatif.

3.7**famille**

<composants électroniques> groupe de composants qui présentent principalement un attribut physique particulier et/ou réalisent une fonction définie

3.8**classe**

caractéristiques générales supplémentaires concernant l'application prévue du composant

3.9**condensateur isolé**

condensateur dont toutes les bornes d'une section peuvent être portées à un potentiel différent (mais non inférieur à la tension assignée) de celui de toute surface conductrice avec laquelle le boîtier est susceptible d'entrer en contact en utilisation normale

3.10**température de catégorie inférieure**

LCT

température ambiante minimale pour laquelle un condensateur a été conçu en vue d'un fonctionnement permanent

Note 1 à l'article: Dans certains essais, la température de catégorie inférieure est abrégée T_A .

3.11

température maximale de stockage

température ambiante maximale que le condensateur supporte sans dommage en conditions de non-fonctionnement

3.12

température maximale

<d'un condensateur> température du point le plus chaud de la surface externe

Note 1 à l'article: Les bornes sont considérées comme faisant partie de la surface externe.

3.13

température minimale de stockage

température ambiante minimale que le condensateur supporte sans dommage en conditions de non-fonctionnement

3.14

température minimale

<d'un condensateur> température du point le plus froid de la surface externe

Note 1 à l'article: Les bornes sont considérées comme faisant partie de la surface externe.

3.15

capacité nominale

C_N

valeur de capacité pour laquelle a été conçu le condensateur et qui est habituellement marquée sur celui-ci

3.16

inflammabilité passive

aptitude d'un condensateur à brûler avec une flamme par suite de l'application d'une source de chaleur externe

3.17

condensateur polarisé

<condensateur électrolytique> condensateur conçu pour être utilisé sous une tension unidirectionnelle reliée conformément à la polarité indiquée

3.18

condensateur pour impulsions

condensateur pour utilisation avec des impulsions de courant ou de tension

Note 1 à l'article: Les définitions de l'IEC 60469 s'appliquent.

3.19

circuit équivalent en impulsion

<d'un condensateur> circuit équivalent d'un condensateur composé d'un condensateur idéal en série avec l'inductance parasite et la résistance série équivalente (RSE)

Note 1 à l'article: Pour le fonctionnement en impulsion, la résistance série équivalente est similaire, mais non identique, à la RSE mesurée sous une tension sinusoïdale. La RSE en impulsions dépend des fréquences harmoniques contenues dans l'impulsion et de la variation des pertes selon la fréquence.

3.20

charge assignée en alternatif

charge alternative sinusoïdale maximale qui peut être appliquée en permanence aux bornes d'un condensateur à toute température comprise entre la température de catégorie inférieure (3.10) et la température assignée (3.24)

3.21**charge assignée en impulsions**

charge maximale en impulsions qui peut être appliquée aux bornes d'un condensateur à une certaine fréquence de répétition des impulsions à toute température comprise entre la température de catégorie inférieure (3.10) et la température assignée (3.24)

3.22**courant ondulé assigné**

valeur efficace du courant alternatif maximal admissible d'une fréquence spécifiée, sous lequel le condensateur peut fonctionner de façon permanente à une température spécifiée

Note 1 à l'article: Dans la mesure où le courant ondulé génère une tension ondulée à travers le condensateur, il convient que la somme de la tension continue et de la valeur de crête de la tension alternative appliquée au condensateur ne dépasse pas la tension assignée ou, selon le cas, la tension corrigée en fonction de la température.

3.23**tension ondulée assignée**

valeur efficace de la tension alternative maximale admissible d'une fréquence spécifiée superposée à la tension continue à laquelle le condensateur peut fonctionner de façon permanente à une température spécifiée

Note 1 à l'article: Il convient que la somme de la tension continue et de la valeur de crête de la tension alternative appliquées au condensateur ne dépasse pas la tension assignée ou, selon le cas, la tension corrigée en fonction de la température.

3.24**température assignée**

température ambiante maximale à laquelle la tension assignée peut être appliquée de manière continue

3.25**tension assignée**

U_R

3.25.1**tension continue assignée**

tension continue maximale pouvant être appliquée en permanence à un condensateur utilisé à la température assignée (3.24).

Note 1 à l'article: La tension continue maximale est la somme de la tension continue et de la valeur de crête de la tension alternative ou de la valeur de crête de la tension d'impulsion appliquées au condensateur.

3.25.2**tension alternative assignée**

tension alternative efficace maximale pouvant être appliquée en permanence à un condensateur utilisé à la température assignée (3.24) et à une fréquence donnée

3.25.3**tension assignée en impulsions**

valeur de crête de la tension d'impulsion dans une forme d'onde d'impulsion donnée, pouvant être appliquée en permanence à un condensateur utilisé à la température assignée (3.24)

3.26**tension inverse**

<condensateur polarisé> tension appliquée aux bornes du condensateur dans le sens inverse de polarité

Note 1 à l'article: La tension inverse s'applique aux condensateurs polarisés uniquement.

3.27

autocicatrisation

processus par lequel les propriétés électriques d'un condensateur sont, après une perforation locale du diélectrique, rapidement et essentiellement rétablies aux valeurs existant avant la perforation

3.28

modèle

subdivision d'un type (3.39), généralement basée sur des facteurs dimensionnels, qui peut inclure plusieurs variantes, généralement d'ordre mécanique

3.29

sous-famille

<composants électroniques> groupe de composants d'une famille (3.7), fabriqués par des méthodes technologiques similaires

3.30

condensateur pour montage en surface

condensateur fixe dont les petites dimensions et la nature ou la forme des bornes rendent approprié son montage dans des circuits hybrides et en surface des cartes imprimées

3.31

rapport de surtension

quotient de la tension instantanée maximale qui peut être appliquée aux bornes du condensateur, pour une durée spécifiée, à toute température à l'intérieur de la plage des températures de catégorie (3.4) par, selon le cas, la tension assignée (3.25) ou la tension corrigée en fonction de la température (3.36)

3.32

tangente de l'angle de perte

$\tan \delta$

rapport de la perte de puissance du condensateur à la puissance réactive du condensateur, lorsqu'une tension sinusoïdale de fréquence spécifiée est appliquée à ses bornes

3.33

caractéristiques capacité/température

variation maximale de capacité qui se produit sur une plage donnée de températures à l'intérieur de la plage des températures de catégorie (3.4) du condensateur

Note 1 à l'article: Cette caractéristique s'applique principalement aux condensateurs dont les variations de capacité en fonction de la température, variations linéaires ou non linéaires, ne peuvent pas être exprimées avec précision et certitude.

Note 2 à l'article: Cette caractéristique s'exprime normalement en pourcentage de la valeur de capacité à la température de référence de 20 °C.

3.34

coefficient de température de la capacité

α

rapport de la variation de capacité, mesurée aux extrémités d'une plage spécifiée de températures, à la variation de température la provoquant

Note 1 à l'article: Cette propriété s'applique aux condensateurs dont les variations de capacité en fonction de la température sont linéaires ou approximativement linéaires, et peut être énoncée avec une certaine précision.

Note 2 à l'article: Ce coefficient s'exprime normalement en millionièmes par Kelvin ($10^{-6}/K$).

3.35**dérive de capacité après cycle thermique**

variation irréversible maximale de capacité observée à la température ambiante pendant ou après l'exécution d'un nombre spécifié de cycles de température

Note 1 à l'article: Cette propriété s'applique aux condensateurs dont les variations de capacité en fonction de la température sont linéaires ou approximativement linéaires, et peut être énoncée avec une certaine précision.

Note 2 à l'article: Cette dérive s'exprime généralement en pourcentage de la valeur de capacité à la température de référence, laquelle est normalement de 20 °C.

3.36**tension corrigée en fonction de la température**

tension maximale pouvant être appliquée de façon permanente aux bornes d'un condensateur à toute température comprise entre la température assignée (3.24) et la température de catégorie supérieure (3.41)

Note 1 à l'article: Se reporter à 4.2.6.

3.37**échauffement**

élévation de la température du condensateur par rapport à la température ambiante résultant des pertes internes dues au fonctionnement sous tension alternative, en impulsions ou dans des conditions de charge/décharge

3.38**constante de temps**

τ

produit de la résistance d'isolement par la capacité

Note 1 à l'article: La constante de temps s'exprime normalement en secondes.

3.39**type**

ensemble de composants de conception et de techniques de fabrication identiques, permettant de les prendre en compte soit en vue de procéder à une homologation, soit dans le cadre d'un contrôle de la conformité de la qualité

Note 1 à l'article: Ces composants font généralement l'objet d'une seule spécification particulière.

Note 2 à l'article: Des composants décrits dans plusieurs spécifications particulières peuvent, dans certains cas, être considérés comme appartenant à un même type.

3.40**condensateur non isolé**

condensateur dont au moins une des bornes d'une section ne peut pas être portée à un potentiel différent (mais non inférieur à la tension assignée) de celui de toute surface conductrice avec laquelle le boîtier est susceptible d'entrer en contact en utilisation normale

3.41**température de catégorie supérieure****UCT**

température ambiante maximale pour laquelle un condensateur a été conçu pour fonctionner de manière continue

Note 1 à l'article: Dans certains essais, la température de catégorie supérieure est abrégée T_B .

3.42**dommage visible**

défaut détecté lors d'un examen visuel, susceptible de réduire l'aptitude du condensateur à l'emploi pour lequel il a été prévu

4 Exigences générales

4.1 Symboles, unités et abréviations

4.1.1 Généralités

Il convient que les unités, les symboles graphiques et les symboles littéraux proviennent, dans la mesure du possible, des publications suivantes:

- IEC 60027 (toutes les parties),
- IEC 60050 (toutes les parties),
- IEC 60617,
- ISO 80000-1.

Si d'autres rubriques sont exigées, il convient qu'elles soient établies conformément aux principes énoncés dans les publications référencées ci-dessus.

4.1.2 Symboles littéraux

Pour les besoins du présent document et des spécifications subordonnées, les symboles littéraux suivants s'appliquent.

C_N	capacité nominale
DA	dielectric absorption (absorption diélectrique)
du/dt	pente de la tension d'une impulsion
f_r	fréquence de résonance propre
I_{leak}	Courant de fuite
k_0	caractéristiques des impulsions maximales admissibles
L	inductance propre
R_{INS}	résistance d'isolement
T_A	température de catégorie inférieure
$\tan \delta$	tangente de l'angle de perte
T_B	température de catégorie supérieure
T_C	température de catégorie
T_{op}	température de fonctionnement
T_R	température assignée
U_C	tension de catégorie
U_{op}	tension de fonctionnement
U_R	tension assignée
U_{RS}	surtension
Z	impédance
α	coefficient de température de la capacité
τ	constante de temps ($= C_N \times R_{INS}$)

4.1.3 Termes abrégés

Pour les besoins du présent document et des spécifications subordonnées, les termes abrégés suivants s'appliquent.

CA	capability approval (agrément de savoir-faire)
CB	certification body (organisme de certification)
CM	capability manual (manuel de savoir-faire)
CQC	capability qualifying components (composants pour agrément de savoir-faire)
RCE	rapport certifié d'essais
DMR	designated management representative (responsable désigné)
RSE	résistance-série équivalente
FET	field effect transistor (transistor à effet de champ)
IPA	isopropyl alcohol (alcool isopropylique)
LCT	lower category temperature (température de catégorie inférieure)
PCP	plan de contrôle de processus
QA	qualifying approval (homologation)
CMS	composant pour montage en surface
SPC	statistical process control (contrôle statistique des procédés)
TA	technology approval (agrément de technologie)
TADD	technology approval declaration document (document de déclaration d'agrément de technologie)
TAS	technology approval schedule (programme d'agrément de technologie)
UCT	upper category temperature (température de catégorie supérieure)

4.2 Valeurs préférentielles et exigences techniques supplémentaires

4.2.1 Généralités

Chaque spécification intermédiaire doit spécifier les valeurs préférentielles appropriées à la sous-famille; pour la capacité nominale, voir également 4.2.2.

4.2.2 Valeurs préférentielles de la capacité nominale

Les valeurs préférentielles de la capacité nominale doivent être issues des séries spécifiées dans l'IEC 60063.

4.2.3 Valeurs préférentielles de la tension assignée

Les valeurs préférentielles de la tension assignée doivent être les valeurs de la série R10 de l'ISO 3. Il s'agit de: 1,0 – 1,25 – 1,6 – 2,0 – 2,5 – 3,15 – 4,0 – 5,0 – 6,3 – 8,0 et leurs multiples décimaux ($\times 10^n$, n : nombre entier).

4.2.4 Charge assignée en alternatif

La charge assignée en alternatif peut s'exprimer comme étant:

- une tension alternative assignée aux basses fréquences;
- un courant alternatif assigné aux fréquences élevées;
- une puissance réactive assignée aux fréquences intermédiaires (var).

La puissance réactive en fonction de la fréquence est représentée à la Figure 2.

Pour un type particulier de condensateur, il peut être nécessaire de spécifier une ou plusieurs des caractéristiques ci-dessus.

Les condensateurs couverts par le domaine d'application du présent document ont normalement une puissance réactive inférieure à 500 var à une fréquence comprise entre 50 Hz et 60 Hz. Les fréquences basses peuvent être 50 Hz à 60 Hz, 100 Hz à 120 Hz ou 400 Hz. Les tensions efficaces peuvent atteindre 600 V à une fréquence comprise entre 50 Hz et 60 Hz. Cependant, il peut être exigé que des condensateurs pour filtres, pour circuits d'émetteur ou de convertisseur fonctionnent dans une large plage de fréquences sous une puissance allant jusqu'à 10 kvar aux plus hautes fréquences avec des tensions efficaces jusqu'à 1 000 V.

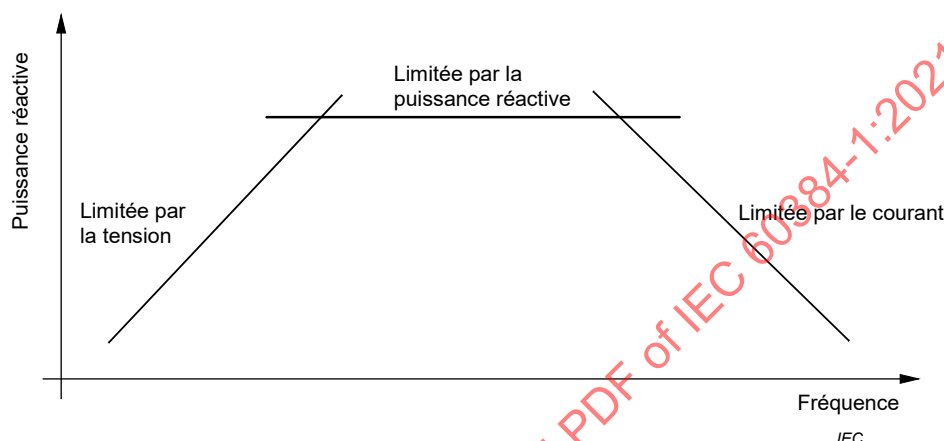


Figure 2 – Puissance réactive en fonction de la fréquence

4.2.5 Charge assignée en impulsions

La charge assignée en impulsions peut s'exprimer par les paramètres a) et b) et un ou plusieurs des autres paramètres ci-après :

- a) courant de crête par F ou du/dt (V/ μ s);
- b) durées relatives des périodes de charge et de décharge;
- c) courant;
- d) tension de crête;
- e) tension inverse de crête;
- f) fréquence de répétition des impulsions;
- g) puissance active maximale.

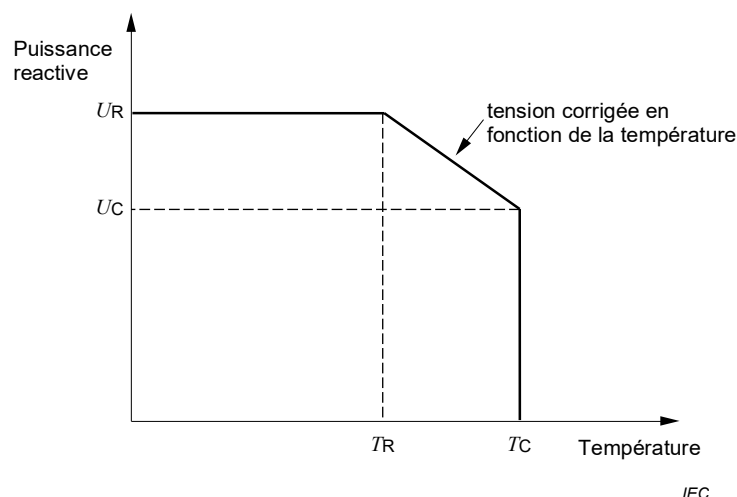
Ces paramètres sont fixés pour des impulsions périodiques.

Dans le cas d'impulsions intermittentes, il convient de spécifier le cycle de service. Dans le cas d'impulsions aléatoires, il convient de fixer le nombre total d'impulsions attendues pendant une période donnée.

Il convient de calculer le courant efficace en impulsions conformément à 3.2.17.5 de l'IEC 60469:2013. Dans le cas d'impulsions intermittentes ou aléatoires, il convient de choisir l'intervalle de temps de sorte qu'il corresponde à l'échauffement maximal.

4.2.6 Tension corrigée en fonction de la température

Il convient que les informations sur la relation entre la tension appliquée et la température à des températures comprises entre la température assignée et la température de catégorie supérieure soient données, le cas échéant, dans la spécification applicable (voir Figure 3).



Légende

U_R est la tension assignée

U_C est la tension de catégorie

T_R est la température assignée

T_C est la température de catégorie

Figure 3 – Relation entre la plage des températures de catégorie et la tension appliquée

4.3 Marquage

4.3.1 Généralités

La spécification intermédiaire doit indiquer les critères d'identification et les autres informations devant être portées sur le condensateur et/ou l'emballage.

L'ordre de priorité du marquage des petits condensateurs doit être spécifié.

4.3.2 Codage

Lorsqu'un code est utilisé pour le marquage de la valeur de la capacité, de la tolérance ou de la date de fabrication, le code employé doit être choisi parmi ceux donnés dans l'IEC 60062.

5 Dispositions générales relatives aux essais et procédures de mesure

5.1 Généralités

La spécification intermédiaire et/ou la spécification particulière-cadre doivent indiquer les essais à effectuer, les mesurages à effectuer avant et après chaque essai ou chaque sous-groupe d'essais et l'ordre dans lequel ces essais doivent être effectués. Les étapes de chaque essai doivent être effectuées dans l'ordre indiqué. Les conditions de mesure doivent être les mêmes pour les mesurages initiaux et finaux.

Si les spécifications nationales d'un système d'assurance de la qualité incluent des méthodes différentes de celles indiquées dans les spécifications ci-dessus, elles doivent être décrites de façon détaillée.

Les limites données dans toutes les spécifications sont des limites absolues. Le principe prévoyant la prise en compte de l'incertitude de mesure doit être appliqué.

5.2 Conditions atmosphériques normalisées

5.2.1 Conditions atmosphériques normalisées d'essai

Sauf spécification contraire, tous les essais et mesurages doivent être effectués dans les conditions atmosphériques normalisées d'essai fixées au 4.3 de l'IEC 60068-1:2013.

- température: 15 °C à 35 °C,
- humidité relative: 25 % à 75 %,
- pression atmosphérique: 86 kPa à 106 kPa.

Avant les mesurages, le condensateur doit être stocké à la température de mesure pendant un temps suffisant pour lui permettre d'atteindre cette température en tout point. La période spécifiée pour la reprise à la fin d'un essai est normalement suffisante.

Lorsque des mesurages sont effectués à une température différente de la température spécifiée, les résultats doivent, si nécessaire, être corrigés pour la température spécifiée. La température ambiante pendant les mesurages doit être indiquée dans le rapport d'essai. En cas de conflit, les mesurages doivent être répétés en utilisant une des températures d'arbitrage (conformément à 5.2.3) et d'autres conditions spécifiées dans le présent document.

Lorsque des essais sont effectués en séquence, les mesurages finaux d'un essai peuvent être pris comme mesurages initiaux de l'essai ci-dessous.

Pendant les mesurages, le condensateur ne doit pas être exposé aux courants d'air, au rayonnement solaire direct ou à d'autres influences susceptibles d'introduire des erreurs.

5.2.2 Conditions de reprise

Sauf spécification contraire, la reprise doit s'effectuer dans les conditions atmosphériques normalisées d'essai (5.2.1).

S'il est nécessaire de procéder à la reprise dans des conditions bien contrôlées, les conditions de reprise contrôlées du 4.4.2 de l'IEC 60068-1:2013 doivent être utilisées.

Sauf indication contraire dans la spécification applicable, une durée de 1 h à 2 h doit être utilisée.

La définition de la reprise est telle que donnée au 3.4 de l'IEC 60068-1:2013, et elle est davantage restreinte pour les condensateurs, comme suit:

Lorsqu'une période de reprise est spécifiée comme étant, par exemple, de 1 h à 2 h, cela signifie que le mesurage (ou autre action ultérieure) sur un lot de condensateurs peut débuter après 1 h et doit être terminé avant 2 h à partir du début de la période de reprise.

La méthode préférentielle pour spécifier une période de reprise se présente sous la forme "x h à y h".

5.2.3 Conditions d'arbitrage

Pour les besoins d'arbitrage, une des conditions atmosphériques normalisées pour les essais d'arbitrage du 4.2 de l'IEC 60068-1:2013, présentées dans le Tableau 1, doit être choisie.

Tableau 1 – Conditions d'arbitrage

Température °C	Humidité relative %	Pression atmosphérique kPa
20 ± 1	63 à 67	86 à 106
23 ± 1	48 à 52	86 à 106
25 ± 1	48 à 52	86 à 106
27 ± 1	63 à 67	86 à 106

5.2.4 Conditions de référence

Pour les références, les conditions atmosphériques normalisées de référence du 4.1 de l'IEC 60068-1:2013 s'appliquent:

- température: 20 °C,
- pression atmosphérique: 101,3 kPa.

5.3 Séchage

Sauf indication contraire dans la spécification applicable, le condensateur doit être conditionné pendant (96 ± 4) h par un chauffage dans un four à circulation d'air porté à une température de (55 ± 2) °C et dont l'humidité relative ne dépasse pas 20 %.

Le condensateur doit ensuite être mis à refroidir dans un dessiccateur contenant un dessiccant approprié, tel que de l'alumine activée ou du gel de silice, et doit y être maintenu depuis la sortie du four jusqu'au début des essais spécifiés.

5.4 Stockage

5.4.1 Stockage à haute température

5.4.1.1 Mesurage initial

Les mesurages précisés dans la spécification applicable doivent être effectués.

5.4.1.2 Procédure d'essai

Les condensateurs doivent être soumis à l'essai Bb de l'IEC 60068-2-2, en utilisant les sévérités suivantes:

- température de catégorie supérieure,
- durée: (96 ± 4) h.

Les éprouvettes d'essai peuvent être introduites dans la chambre d'essai à n'importe quelle température, de la température du laboratoire à la température de catégorie supérieure.

5.4.1.3 Inspection finale, mesurages et exigences

Après une reprise d'au moins 16 h, les mesurages doivent être effectués comme cela est indiqué dans la spécification applicable.

5.4.2 Stockage à basse température

5.4.2.1 Mesurage initial

Les mesurages précisés dans la spécification applicable doivent être effectués.

5.4.2.2 Procédure d'essai

Les condensateurs doivent être soumis à l'essai Ab de l'IEC 60068-2-1. Les condensateurs doivent être placés à -40 °C pendant une durée de 4 h après que la stabilité thermique a été atteinte, ou pendant 16 h, selon la plus courte des deux durées.

Les éprouvettes d'essai peuvent être introduites dans la chambre d'essai à n'importe quelle température, de la température du laboratoire à -40 °C.

5.4.2.3 Inspection finale, mesurages et exigences

Après une reprise d'au moins 16 h, les mesurages doivent être effectués comme cela est indiqué dans la spécification applicable.

5.5 Montage (pour les condensateurs pour montage en surface uniquement)

5.5.1 Substrat

Les condensateurs pour montage en surface doivent être montés sur un substrat approprié, la méthode de montage dépendant de la construction du condensateur. Le matériau du substrat doit être normalement une carte imprimée feuilletée en tissu de verre époxyde (comme défini dans l'IEC 61249-2-7) d'épaisseur $(1,6 \pm 0,20)$ mm ou $(0,8 \pm 0,10)$ mm, ou un substrat d'alumine de 90 % à 98 % d'épaisseur $(0,635 \pm 0,05)$ mm ou plus. Il ne doit pas affecter le résultat des essais ou des mesurages. La spécification particulière doit indiquer le matériau qui doit être utilisé pour les mesurages électriques.

Le substrat doit comporter des zones de report métallisées convenablement espacées pour permettre le montage des condensateurs pour montage en surface et leur raccordement électrique. Les détails doivent être indiqués dans la spécification particulière.

Des exemples de substrats destinés aux essais électriques et mécaniques sont donnés respectivement à la Figure 4 et la Figure 5.

Si une autre méthode de montage est utilisée, il convient de décrire clairement la méthode dans la spécification particulière.

5.5.2 Brasage à la vague

Lorsque la spécification particulière indique un brasage à la vague, une colle appropriée, dont les propriétés peuvent être données dans la spécification particulière, doit être utilisée pour fixer le composant sur le substrat avant le brasage.

De petits points de colle doivent être appliqués entre les conducteurs du substrat à l'aide d'un dispositif approprié garantissant que les résultats sont reproductibles.

Les condensateurs pour montage en surface doivent être placés sur les points de colle à l'aide d'une petite pince. Pour s'assurer qu'il n'y a pas de colle sur les conducteurs, les condensateurs pour montage en surface ne doivent plus être déplacés.

Le substrat avec les condensateurs pour montage en surface doit être chauffé dans un four à 100 °C pendant 15 min.

Le substrat doit être brasé dans un appareil de brasure à la vague. L'appareil doit être ajusté pour que sa température de préchauffage soit comprise entre 80 °C et 100 °C, comporter un bain de brasage à (260 ± 5) °C et présenter un temps de brasage de $(5 \pm 0,5)$ s.

Le substrat doit être nettoyé pendant 3 min dans un solvant approprié (voir 3.1.2 de l'IEC 60068-2-45:1980/AMD1:1993).

5.5.3 Brasage par fusion

Quand la spécification particulière indique un brasage par fusion, la procédure de montage ci-dessous s'applique.

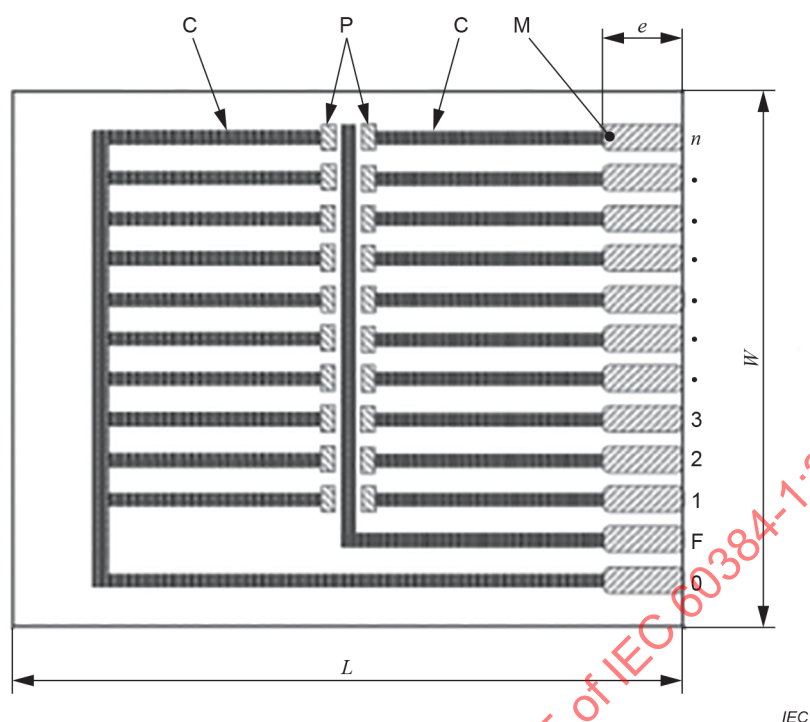
- a) La brasure utilisée sous forme de pâte ou de préforme doit être un eutectique Sn/Pb comportant au moins 2 % d'argent avec un flux tel qu'indiqué dans l'IEC 60068-2-20. D'autres brasures telles que 60/40 ou 63/37 peuvent être utilisées lorsque la constitution des condensateurs pour montage en surface comporte une couche barrière. La brasure sans plomb utilisée sous forme de pâte ou de préforme doit être Sn96,5Ag3,0Cu0,5 ou une brasure dérivée avec un flux tel qu'indiqué dans l'IEC 60068-2-58, ou tel que défini dans la spécification applicable.
- b) Le condensateur pour montage en surface doit être ensuite placé sur les zones de report métallisées du substrat d'essai, de sorte qu'il y ait contact entre le condensateur pour montage en surface et les zones métallisées du substrat.
- c) Le substrat doit alors être placé dans ou sur un système de chauffage approprié (brasure fondue, plaque chaude, étuve tunnel, etc.). La température de l'unité doit être maintenue entre 215 °C et 260 °C, jusqu'à ce que la brasure fonde et fusionne une nouvelle fois pour former une liaison par brasure homogène, mais pendant moins de 10 s.

Il convient de retirer le flux à l'aide d'un solvant approprié (voir 3.1.2 de l'IEC 60068-2-45:1980/AMD1:1993). Il convient de procéder de façon à éviter toute contamination. Assurer le maintien d'une propreté suffisante dans les chambres d'essai et pendant les mesurages après essais.

La spécification particulière peut exiger une plage de températures plus restreinte.

Si une brasure en phase vapeur est appliquée, la même méthode peut être utilisée avec des températures adaptées.

Un substrat approprié pour les essais mécaniques est représenté à la Figure 4. Noter que ce substrat peut ne pas convenir pour les mesurages de l'impédance. Un substrat approprié pour les essais électriques est représenté à la Figure 5.



Légende

C pistes conductrices, typiquement couvertes d'épargne de soudure

P plages de brasage, aux dimensions indiquées dans la spécification applicable

M zone de contact pour un connecteur encartable ou pour la fixation des fils d'essai individuels

F piste conductrice facultative

L longueur du substrat, $L \geq 100$ mm

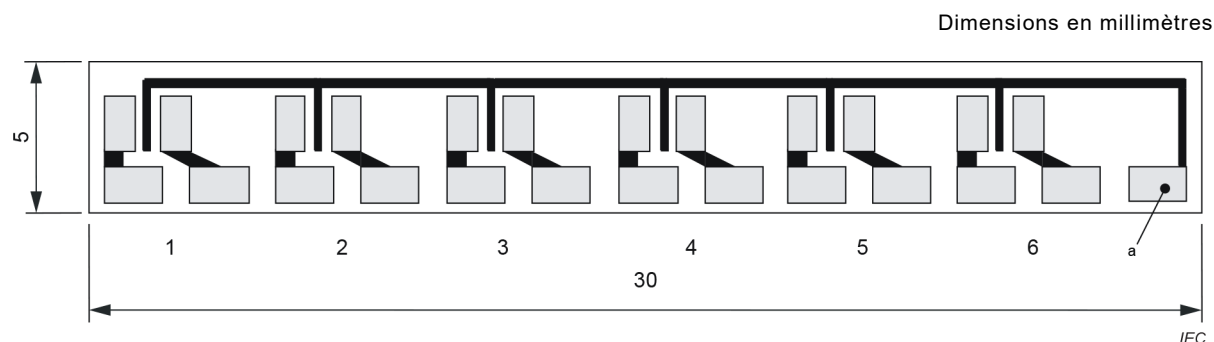
W largeur du substrat, qui dépend de la conception de l'équipement d'essai et du nombre prévu n de spécimens à soumettre à essai en parallèle

e longueur des plages de connecteur, par exemple 15 mm

n nombre de spécimens

La spécification applicable doit indiquer un espacement minimal des spécimens, qui doit être appliqué si $n > 1$

Figure 4 – Substrat approprié pour les essais mécaniques



Légende

- Zones brasables
- Zones non brasables (couvertes par un vernis-laque non brasable)

Toutes les dimensions sont exprimées en millimètres. Tolérances: moyennes.

Matériau: substrat en alumine 90 % à 98 %

Épaisseur: (0,635 0,05) mm, ou plus

Il convient de choisir les dimensions non indiquées en fonction de la conception et de la taille des éprouvettes à soumettre aux essais.

^a Ce conducteur peut être omis ou utilisé comme électrode de garde.

Figure 5 – Substrat approprié pour les essais électriques

6 Essais et mesurages électriques

6.1 Résistance d'isolement

6.1.1 Préconditionnement

Avant d'effectuer ce mesurage, les condensateurs doivent être complètement déchargés.

6.1.2 Conditions de mesure

Sauf indication contraire dans la spécification applicable, la résistance d'isolement doit être mesurée sous la tension spécifiée dans le Tableau 2.

La résistance d'isolement doit être mesurée après que la tension a été appliquée pendant (60 ± 5) s, sauf indication contraire dans la spécification particulière.

Tableau 2 – Tension de mesure de la résistance d'isolement

Caractéristiques assignées de tension du condensateur V	Tension de mesure V
U_R ou $U_C < 10$	U_R ou $U_C \pm 10 \%$
$10 \leq U_R$ ou $U_C < 100$	10 ± 1^a
$100 \leq U_R$ ou $U_C < 500$	100 ± 15
$500 \leq U_R$ ou U_C	500 ± 50
^a Lorsqu'il peut être démontré que la tension n'a pas d'influence sur le résultat de la mesure, ou qu'une relation connue existe, les mesurages peuvent être effectués à des tensions pouvant atteindre, selon le cas, la tension assignée ou la tension de catégorie. En cas de litige, la tension de 10 V doit être utilisée, sauf indication contraire dans la spécification intermédiaire.	

U_R est la tension assignée utilisée pour définir la tension de mesure à utiliser dans des conditions atmosphériques normalisées d'essai.

U_C est la tension de catégorie utilisée pour définir la tension de mesure à utiliser lorsque l'essai est effectué à la température de catégorie supérieure.

6.1.3 Points d'essai

La résistance d'isolement doit être mesurée entre les points de mesure définis dans le Tableau 3, indiqués dans la spécification applicable.

L'essai A, entre sorties, s'applique à tous les condensateurs, isolés et non isolés.

L'essai B, isolation interne, s'applique aux condensateurs isolés en boîtier métallique non isolé et aux condensateurs multiples isolés et non isolés.

L'essai C, isolation externe, s'applique aux condensateurs isolés en boîtier non métallique ou en boîtier métallique isolé. Pour cet essai, la tension de mesure doit être appliquée en utilisant l'une des trois méthodes ci-dessous, comme cela est indiqué dans la spécification applicable.

6.1.4 Méthodes d'essai

6.1.4.1 Méthode de la feuille métallique

Une feuille métallique doit être enroulée étroitement autour du corps du condensateur.

Pour les condensateurs à sorties axiales, cette feuille doit dépasser d'au moins 5 mm à chaque extrémité, à condition qu'un espace minimal de 1 mm puisse être maintenu entre la feuille métallique et les sorties. Si cet espace minimal ne peut être assuré, la dimension de la feuille doit être réduite d'autant qu'il sera nécessaire pour ménager un espace de 1 mm.

Pour les condensateurs à sorties unilatérales, une distance minimale de 1 mm doit être maintenue entre le bord de la feuille et chaque sortie.

6.1.4.2 Méthode pour les condensateurs comportant des dispositifs de montage

Le condensateur doit être monté de façon normale sur une plaque métallique dépassant d'au moins 12,7 mm, dans toutes les directions, la face de montage du condensateur.

6.1.4.3 Méthode du bloc métallique en V

Le condensateur doit être calé dans le fond d'un bloc métallique en V ouvert à 90° de dimensions telles que le corps du condensateur ne dépasse pas les extrémités du bloc.

La force appliquée pour caler le condensateur doit être telle qu'elle assure un contact adéquat entre le condensateur et le bloc.

Le condensateur doit être placé conformément aux dispositions suivantes:

- a) condensateurs cylindriques: le condensateur doit être placé dans le bloc de telle sorte que la sortie la plus éloignée de l'axe du condensateur soit au plus près de l'une des faces du bloc;
- b) condensateurs rectangulaires: le condensateur doit être placé dans le bloc de telle sorte que la sortie la plus proche du bord du condensateur soit au plus près de l'une des faces du bloc.

Pour les condensateurs cylindriques et rectangulaires à sorties axiales, tout décentrement éventuel des sorties au point où elles sortent du corps du condensateur doit être ignoré.

6.1.5 Compensation de température

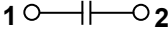
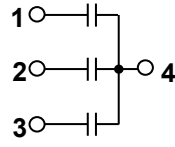
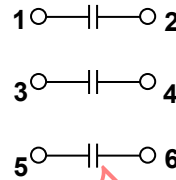
Lorsque cela est indiqué dans la spécification particulière, la température à laquelle le mesurage est réalisé doit être notée. Si cette température diffère de 20 °C, une correction doit être apportée à la valeur mesurée en multipliant la valeur par le facteur de correction approprié indiqué dans la spécification intermédiaire.

6.1.6 Conditions devant être indiquées dans la spécification applicable

La spécification applicable doit indiquer:

- a) les points de mesure et la tension de mesure correspondant à chacun de ces points;
- b) la méthode d'application de la tension (l'une de celles décrites en 6.1.4);
- c) le temps d'électrification, s'il est différent de 1 min;
- d) toute précaution spéciale à prendre pendant les mesurages;
- e) tous les facteurs de correction exigés pour les mesurages à l'intérieur de la plage des températures couverte par les conditions atmosphériques normalisées d'essai;
- f) la température de mesure, si elle est différente des conditions atmosphériques normalisées d'essai;
- g) la valeur minimale de la résistance d'isolement pour les différents points de mesure (voir le Tableau 3).

Tableau 3 – Points de mesure

Essai	Applicabilité:	1: Condensateurs simples	2: Condensateurs multiples dont tous les éléments ont une sortie commune	3: Condensateurs multiples dont les éléments n'ont pas de sortie commune
		par exemple 	par exemple 	par exemple 
A. Entre sorties ^a	Tous condensateurs	1a: Entre sorties (1-2)	2a: Entre la sortie commune et chacune des autres sorties (1-4, 2-4, 3-4)	3a: Entre les sorties de chaque élément (1-2, 3-4, 5-6)
B. Isolation interne	Condensateurs simples et multiples isolés en boîtier métallique non isolé (1b, 2b, 3b)	1b: Entre les sorties reliées entre elles et le boîtier [(1 à 2)- boîtier]	2b: Entre toutes les sorties reliées entre elles et le boîtier [(1 à 4)- boîtier]	3b: Entre toutes les sorties reliées entre elles et le boîtier [(1 à 6)- boîtier]
	Condensateurs multiples isolés et non isolés (2c et 3c)		2c: Entre la sortie non commune de chaque élément et toutes les autres sorties reliées entre elles par exemple [2-(1, 3, 4)]	3c: Entre les sorties de chacun des éléments pris deux à deux, les deux sorties de chaque élément étant reliées entre elles par exemple [(1 à 2)- (3 à 6)]
C. Isolation externe	Condensateurs isolés en boîtier non métallique ou en boîtier métallique isolé	1c: Entre les deux sorties reliées entre elles et, selon le cas, la feuille métallique, la plaque métallique ou le bloc métallique en V [(1 à 2)- gabarit métallique]	2d: [(1 à 4)- gabarit métallique]	3d: [(1 à 6)- gabarit métallique]
			Entre toutes les sorties reliées entre elles et, selon le cas: la feuille métallique, la plaque métallique ou le bloc métallique en V	
^a Lorsqu'un condensateur a plus de deux sorties, les points de mesure sont les deux sorties isolées l'une de l'autre par l'élément diélectrique du condensateur. Par exemple, pour un condensateur de traversée coaxiale, il convient que les points de mesure soient l'une des sorties reliées au conducteur central et au boîtier métallique coaxial ou à la face de montage.				

6.2 Tension de tenue

6.2.1 Généralités

L'essai spécifié en 6.2.3 est un essai en courant continu. Lorsqu'un essai en courant alternatif est appliqué, le circuit d'essai doit être indiqué dans la spécification applicable.

6.2.2 Circuit d'essai (pour l'essai entre sorties)

Les éléments du circuit d'essai doivent être tels que les conditions concernant les courants de charge et de décharge et la constante de temps à la charge, indiqués dans la spécification applicable, sont maintenues.

La Figure 6 spécifie les caractéristiques d'un circuit d'essai approprié.

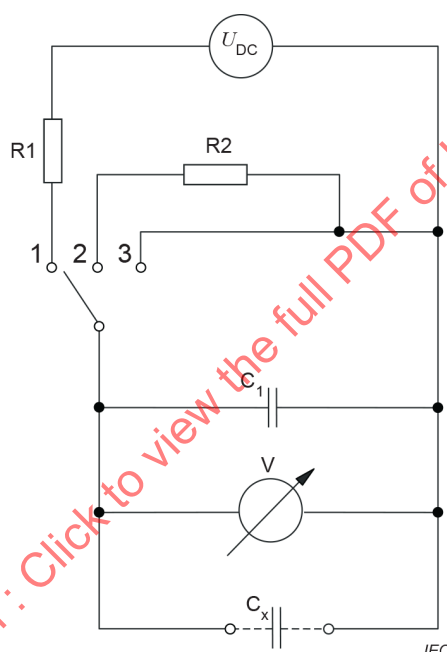
La résistance du voltmètre ne doit pas être inférieure à 10 000 Ω/V .

La résistance R_1 comprend la résistance interne de la source de tension.

Les résistances R_1 et R_2 doivent avoir une valeur suffisante pour limiter le courant de charge et de décharge à la valeur indiquée dans la spécification applicable.

La capacité du condensateur C_1 doit être au moins 10 fois plus grande que la capacité du condensateur en essai.

Le cas échéant, la constante de temps $R_1 \times (C_X + C_1)$ doit être inférieure ou égale à la valeur indiquée dans la spécification applicable.



Légende

1, 2 et 3	bornes de commutation
C_X	Spécimen
C_1	capacité de C_1 devant être au moins 10 fois plus grande que la capacité du spécimen
U_{DC}	Tension d'essai
R_1 et R_2	résistances
A	ampèremètre
V	voltmètre

Figure 6 – Circuit d'essai de tension de tenue

Le condensateur C_1 peut être omis pour l'essai de certains types de condensateurs. Il convient que cela soit fixé dans la spécification intermédiaire.

6.2.3 Essai

6.2.3.1 Généralités

L'essai comprend, selon le cas, une ou plusieurs parties, conformément au Tableau 3 et aux exigences de la spécification applicable.

L'application répétée de l'essai de tension de tenue peut endommager le condensateur de façon irréversible, et il convient de l'éviter dans la mesure du possible.

6.2.3.2 Essai A – Entre sorties

6.2.3.2.1 Points d'essai

La tension d'essai est appliquée aux points 1a, 2a, 3a du Tableau 3, selon les exigences de la spécification applicable.

6.2.3.2.2 Procédure

Le commutateur étant placé en position 2, relier les deux bornes représentées à la Figure 6 à une source de tension continue réglable de puissance suffisante et réglée à la valeur de la tension d'essai exigée.

Relier le condensateur à soumettre aux essais (C_X) au circuit d'essai, comme indiqué à la Figure 6.

Placer le commutateur en position 1 de façon à charger les condensateurs C_1 et C_X à travers R_1 .

Le commutateur reste dans cette position pendant le temps spécifié après que la tension d'essai a été atteinte.

Décharger les condensateurs C_1 et C_X à travers R_2 en plaçant le commutateur en position 2. Dès que le voltmètre est revenu à zéro, mettre les condensateurs en court-circuit en plaçant le commutateur en position 3 et déconnecter le condensateur C_X .

6.2.3.3 Essai B – Isolation interne

6.2.3.3.1 Points d'essai

La tension d'essai est appliquée aux points 1b, 2b, 2c, 3b, 3c du Tableau 3, selon les exigences de la spécification applicable.

6.2.3.3.2 Procédure

La tension d'essai spécifiée est appliquée instantanément à travers la résistance interne de l'alimentation pendant le temps indiqué dans la spécification applicable. Pour le point 2c, utiliser le circuit d'essai et la procédure indiquée pour l'essai entre sorties (6.2.2 et 6.2.3.2).

6.2.3.4 Essai C – Isolation externe (applicable uniquement aux condensateurs isolés dans un boîtier non métallique ou dans un boîtier métallique isolé)

6.2.3.4.1 Points d'essai

La tension d'essai est appliquée aux points 1c, 2d ou 3d du Tableau 3 en utilisant, pour l'application de la tension, l'une des trois méthodes ci-dessous, selon les exigences de la spécification applicable.

6.2.3.4.2 Méthode de la feuille métallique

Une feuille métallique doit être enroulée étroitement autour du corps du condensateur.

Pour les condensateurs à sorties axiales, cette feuille doit dépasser d'au moins 5 mm à chaque extrémité, à condition qu'un espace minimal de 1 mm/kV puisse être maintenu entre la feuille métallique et les sorties. Si cet espace ne peut être maintenu, le dépassement de la feuille doit être réduit autant qu'il est nécessaire pour établir l'espace de 1 mm/kV de tension d'essai.

Pour les condensateurs à sorties unilatérales, une distance minimale de 1 mm/kV doit être maintenue entre le bord de la feuille et chaque sortie.

En aucun cas, la distance entre la feuille et les sorties ne doit être inférieure à 1 mm.

6.2.3.4.3 Méthode pour les condensateurs comportant des dispositifs de montage

Le condensateur doit être monté de façon normale sur une plaque métallique dépassant d'au moins 12,7 mm, dans toutes les directions, la face de montage du condensateur.

6.2.3.4.4 Méthode du bloc métallique en V

Le condensateur doit être calé dans le fond d'un bloc métallique en V ouvert à 90° de dimensions telles que le corps du condensateur ne dépasse pas les extrémités du bloc.

La force appliquée pour caler le condensateur doit être telle qu'elle assure un contact adéquat entre le condensateur et le bloc.

Le condensateur doit être placé conformément aux dispositions suivantes:

- a) condensateurs cylindriques: le condensateur doit être placé dans le bloc de telle sorte que la sortie la plus éloignée de l'axe du condensateur soit au plus près de l'une des faces du bloc;
- b) condensateurs rectangulaires: le condensateur doit être placé dans le bloc de telle sorte que la sortie la plus proche du bord du condensateur soit au plus près de l'une des faces du bloc.

Pour les condensateurs cylindriques et rectangulaires à sorties axiales, tout décentrement éventuel de la sortie au point où elle sort du corps du condensateur doit être ignoré.

6.2.3.4.5 Procédure

La tension d'essai spécifiée est appliquée instantanément à travers la résistance interne de la source d'alimentation et pendant le temps indiqué dans la spécification applicable.

6.2.4 Exigences

Pour chacun des points d'essai spécifiés, il ne doit y avoir aucun signe de claquage ni de contournement pendant la période d'essai.

6.2.5 Conditions devant être indiquées dans la spécification applicable

La spécification applicable doit indiquer:

- a) les points d'essai (voir Tableau 3) et la tension d'essai correspondant à chacun de ces points;
- b) pour l'essai d'isolation externe (essai C), la méthode d'application de la tension d'essai (l'une de celles décrites en 6.2.3.4);
- c) la durée d'application de la tension;

- d) le courant maximal de charge et de décharge;
- e) le cas échéant, la valeur maximale de la constante de temps à la charge ($R_1 \times (C_1 + C_X)$).

6.3 Capacité

6.3.1 Fréquence de mesure et tension de mesure

Sauf indication contraire dans la spécification applicable, la capacité doit être mesurée à l'une des fréquences suivantes:

- condensateurs électrolytiques: 100 Hz ou 120 Hz;
- autres condensateurs: $C_N \leq 1 \text{ nF}$: 100 kHz, 1 MHz ou 10 MHz
(la référence doit être 1 MHz);
- $1 \text{ nF} < C_N \leq 10 \text{ }\mu\text{F}$: 1 kHz ou 10 kHz
(la référence doit être 1 kHz);
- $C_N > 10 \text{ }\mu\text{F}$: 50 Hz (60 Hz) ou 100 Hz (120 Hz).

La tolérance sur toutes les fréquences dans le cadre des mesurages ne doit pas dépasser $\pm 20 \%$.

Sauf indication contraire dans la spécification applicable, la tension de mesure ne doit pas être supérieure à 3 % d' U_R ou 5 V, selon la plus faible des deux valeurs.

6.3.2 Equipement de mesure

L'exactitude de l'équipement de mesure doit être telle que l'erreur n'excède pas:

- a) pour les mesures absolues de capacité: 10 % de la tolérance de capacité ou 2 % de la mesure absolue, la plus petite de ces deux valeurs étant applicable;
- b) pour les mesures de variation de capacité: 10 % de la variation maximale de capacité spécifiée.

Dans aucun des deux cas a) et b) ci-dessus, il est nécessaire que l'exactitude soit meilleure que l'erreur absolue minimale de mesure (par exemple 0,5 pF) indiquée dans la spécification applicable.

6.3.3 Conditions devant être indiquées dans la spécification applicable

La spécification applicable doit indiquer:

- a) la température de mesure si elle diffère des conditions atmosphériques normalisées d'essai;
- b) les fréquences de mesure et la plage de capacité à laquelle elles s'appliquent, si elles sont différentes de celles qui sont spécifiées en 6.3.1;
- c) l'erreur absolue de mesure, lorsque cela est applicable (par exemple 0,5 pF);
- d) la tension de mesure, si elle diffère de celle qui est spécifiée en 6.3.1;
- e) le cas échéant, la tension de polarisation appliquée.

6.4 Tangente de l'angle de perte et résistance-série équivalente (RSE)

6.4.1 Tangente de l'angle de perte

6.4.1.1 Fréquence de mesure

La tangente de l'angle de perte doit être mesurée dans les mêmes conditions que celles indiquées pour le mesurage de la capacité à une ou plusieurs fréquences prises dans la liste de 6.3.1 et précisées dans la spécification applicable.

6.4.1.2 Exactitude de mesure

Sauf indication contraire dans la spécification intermédiaire, la méthode de mesure doit être telle que l'erreur ne dépasse pas 10 % de la valeur spécifiée ou 0,000 3, selon la plus grande des deux valeurs.

6.4.2 Résistance-série équivalente (RSE)

6.4.2.1 Fréquence de mesure

Sauf indication contraire dans la spécification applicable, la résistance-série équivalente doit être mesurée à l'une des fréquences suivantes:

50 Hz, 60 Hz, 100 Hz, 120 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz, 1 MHz et 10 MHz.

6.4.2.2 Exactitude de mesure

Sauf indication contraire dans la spécification applicable, l'exactitude de l'équipement de mesure doit être telle que l'erreur ne dépasse pas 10 % de l'exigence.

6.4.2.3 Conditions devant être indiquées dans la spécification applicable

La spécification applicable doit indiquer:

- a) la fréquence de mesure;
- b) l'erreur absolue de mesure;
- c) la tension de mesure, si différente de celle spécifiée en 6.3.1;
- d) la tension de polarisation appliquée, si applicable;
- e) la température à laquelle les mesurages doivent être effectués, si différente de celle des conditions atmosphériques normalisées d'essai.

6.5 Courant de fuite

6.5.1 Préconditionnement

Avant d'effectuer ce mesurage, les condensateurs doivent être complètement déchargés.

6.5.2 Méthode d'essai

Le courant de fuite doit être mesuré, sauf indication contraire dans la spécification applicable, sous la tension continue (U_R ou U_C) appropriée à la température de l'essai, après une période d'électrisation ne dépassant pas 5 min. Il n'est pas nécessaire d'appliquer la tension pendant la totalité des 5 min si le courant de fuite spécifié est atteint dans un temps plus court.

6.5.3 Source d'alimentation

Dans le cadre d'un essai, une source d'alimentation stable telle qu'une alimentation stabilisée doit être utilisée.

6.5.4 Exactitude de mesure

L'erreur de mesure ne doit pas être supérieure à ± 5 % ou 0,1 μA , selon la plus grande des deux valeurs.

6.5.5 Circuit d'essai

Lorsque la spécification applicable ne le précise pas, la résistance de protection doit être de 1 000 Ω avec une tolérance de ± 10 %.

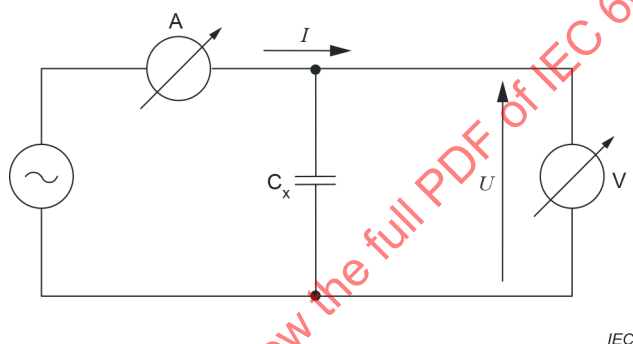
6.5.6 Conditions devant être indiquées dans la spécification applicable

La spécification applicable doit indiquer:

- la limite du courant de fuite à la température de référence de 20 °C, et à d'autres températures spécifiées;
- si nécessaire, le facteur de correction, lorsque les mesurages sont effectués à une température située dans la plage des températures correspondant aux conditions atmosphériques normalisées d'essai, mais différente de 20 °C;
- le temps d'électrification, s'il diffère de 5 min;
- si une résistance de protection doit ou ne doit pas être placée en série avec le condensateur pour limiter le courant de charge, comme cela est défini en 6.5.5, et ses valeurs nominales, si elles diffèrent de 1 000 Ω.

6.6 Impédance

L'impédance doit être mesurée par la méthode utilisant un voltmètre et un ampèremètre, conformément au circuit de la Figure 7, ou circuit équivalent.



Légende

C_x spécimen

U tension de mesure

I courant de mesure

A ampèremètre

V voltmètre

Figure 7 – Schéma de principe du circuit de mesure de l'impédance

L'impédance Z_X du condensateur C_X est donnée par $Z_X = \frac{U}{I}$.

Il convient que la fréquence de la tension de mesure soit, de préférence, choisie parmi les valeurs suivantes:

50 Hz, 60 Hz, 100 Hz, 120 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz, 1 MHz et 10 MHz.

Sauf indication contraire dans la spécification applicable, l'exactitude de l'équipement de mesure doit être telle que l'erreur ne dépasse pas 10 % de l'exigence.

Aux fréquences supérieures à 120 Hz, des précautions sont nécessaires pour éviter des erreurs survenant du fait de courants vagabonds. Il convient que le courant traversant le condensateur soit limité, de telle sorte que le résultat de mesure ne soit pas modifié de façon significative par l'échauffement du condensateur.

La spécification applicable doit indiquer:

- a) la fréquence de mesure;
- b) la ou les températures auxquelles les mesurages doivent être effectués;
- c) les limites de l'impédance ou du rapport des impédances mesuré à des températures différentes.

6.7 Fréquence de résonance propre et inductance

6.7.1 Fréquence de résonance propre (f_r)

6.7.1.1 Généralités

Pour ce mesurage, trois méthodes sont décrites. La première méthode est d'application générale, les autres méthodes peuvent convenir particulièrement pour le mesurage de certains types de condensateurs de faible capacité.

Sauf indication contraire dans la spécification applicable, l'exactitude de l'équipement de mesure doit être telle que l'erreur ne dépasse pas 10 % de l'exigence.

6.7.1.2 Méthode 1

La plus basse fréquence à laquelle l'impédance passe par un minimum doit être déterminée en utilisant la méthode de mesure de l'impédance de 6.6 et une source de fréquence variable. Cette fréquence est la fréquence de résonance propre.

Lorsqu'il est difficile de déterminer de façon précise la fréquence à laquelle l'impédance passe par un minimum, un phasemètre peut être utilisé pour comparer la phase de la tension aux bornes du condensateur avec la phase de la tension aux bornes d'une résistance faiblement inductive placée en série avec le condensateur. La fréquence de résonance est alors la fréquence à laquelle il n'y a pas de différence de phase. Un Q-mètre peut être utilisé pour cet usage.

6.7.1.3 Méthode 2

6.7.1.3.1 Généralités

Pour cette méthode de mesure, un ondemètre-oscillateur à absorption (ondemètre à absorption) doit être utilisé.

6.7.1.3.2 Montage des condensateurs équipés de sorties pour utilisation générale

Quatre condensateurs de valeurs presque égales et de configuration semblable doivent être brasés en série à angle droit pour former une boucle fermée. Les fils doivent avoir la longueur spécifiée et aucun autre câblage ni aucune autre connexion ne doivent être employés (voir Figure 8). Cette boucle doit être couplée de façon aussi lâche que possible à un ondemètre-oscillateur à absorption et la fréquence de résonance doit ensuite être déterminée.

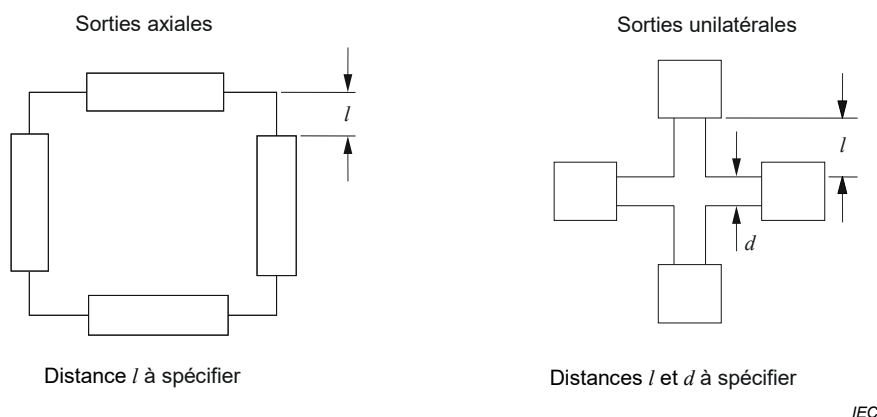


Figure 8 – Disposition de montage des condensateurs pour utilisation générale

6.7.1.3.3 Montage des condensateurs équipés de sorties pour utilisation sur circuit imprimé

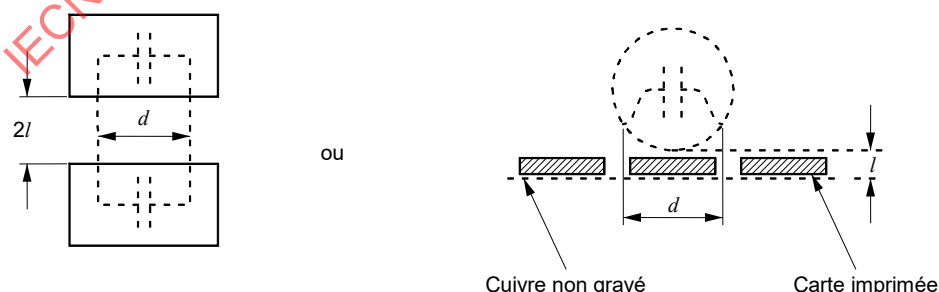
Pour déterminer la fréquence de résonance dans les conditions de montage du condensateur sur un circuit imprimé et lorsque la configuration du boîtier et/ou des sorties n'autorise pas la formation correcte d'une boucle de quatre condensateurs, la boucle doit être constituée de deux condensateurs (presque) identiques ayant des sorties droites de longueur spécifiée (voir Figure 9).

Le second condensateur peut être remplacé par son image dans une plaque conductrice servant de miroir, de la façon décrite ci-dessous.

Un support de circuit imprimé dont le cuivre n'est pas gravé et dont les bords ont une dimension au moins trois fois supérieure à la dimension maximale du condensateur, est percé en son centre pour que le condensateur puisse être monté normalement.

La spécification applicable doit préciser les détails du montage. Le condensateur est brasé de telle sorte qu'il soit court-circuité par la feuille de cuivre. Le condensateur est ensuite couplé à la bobine d'exploration de l'ondemètre et le mesurage est effectué comme en 6.7.1.3.5.

Pour les condensateurs en boîtier métallique, il peut être nécessaire d'utiliser des dispositions spéciales pour le couplage. Il convient que ces dispositions soient précisées dans la spécification applicable.



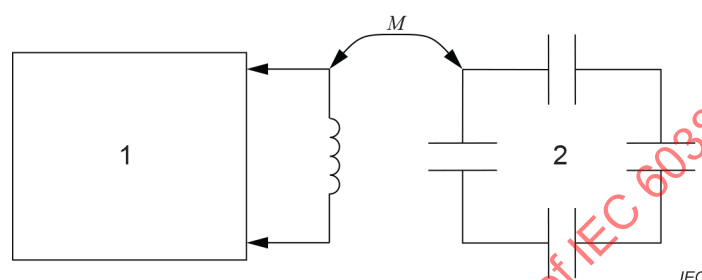
Distances l et d à spécifier, où l doit être mesurée à partir du plan d'appui.

Figure 9 – Disposition de montage des condensateurs pour utilisation sur circuit imprimé

6.7.1.3.4 Description de la méthode

L'ondemètre-oscillateur à absorption est un oscillateur L-C à fréquence variable dont l'inductance est constituée d'une bobine d'exploration extérieure. Lorsque la bobine d'exploration est couplée à un autre circuit résonant, la puissance est absorbée, provoquant une variation de la tension moyenne de grille (grille de transistor à effet de champ). Cette tension qui est contrôlée baisse donc brutalement (creux de tension) à la fréquence de résonance du circuit couplé. Ce circuit couplé est constitué de quatre condensateurs montés comme décrit en 6.7.1.3.2 et connectés en série pour réduire à sa valeur minimale l'inductance mutuelle.

Un schéma typique représentant l'utilisation d'un ondemètre-oscillateur à absorption est donné à la Figure 10.



Légende

1 ondemètre-oscillateur à absorption (ondemètre à absorption)

2 circuit résonant couplé

M facteur de couplage

Figure 10 – Schéma typique d'un ondemètre-oscillateur à absorption

6.7.1.3.5 Utilisation de l'ondemètre-oscillateur à absorption

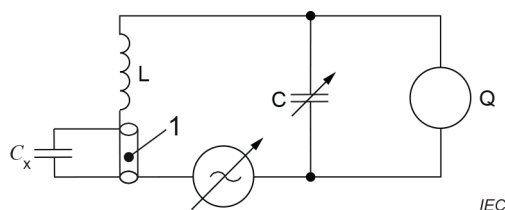
La bobine d'exploration de l'ondemètre étant proche des condensateurs en mesure, la fréquence de résonance est atteinte progressivement en partant d'une fréquence plus basse. Il convient de vérifier toute baisse brutale en éloignant l'ondemètre des condensateurs (en réduisant la puissance absorbée), afin de s'assurer que cette baisse brutale n'est pas due à un effet propre à l'ondemètre. Il convient de mesurer la fréquence de résonance avec un couplage aussi faible que possible pour éviter la dérive de l'oscillateur.

6.7.1.3.6 Exigences

La fréquence de résonance ne doit pas dépasser les limites indiquées dans la spécification applicable.

6.7.1.4 Méthode 3

Cette méthode convient particulièrement aux condensateurs de faible capacité et de fréquence de résonance propre comprise dans la plage de fonctionnement du Q-mètre. En utilisant un Q-mètre et le circuit indiqué à la Figure 11, la fréquence la plus basse à laquelle la même fréquence de résonance est obtenue doit être déterminée, que la barrette de court-circuit du condensateur soit en place ou non. Il peut être indiqué que cette fréquence est égale à la fréquence de résonance propre du condensateur.



Légende

- 1 barrette de court-circuit
- C_x capacité du condensateur en essai
- C condensateur variable
- L inductance
- Q Q-mètre

Figure 11 – Schéma de principe du circuit de mesure

6.7.2 Inductance

L'inductance en série L_X d'un condensateur est calculée à partir de la fréquence de résonance propre mesurée du condensateur f_r , en utilisant la formule suivante:

$$L_X = \frac{1}{4\pi^2 \times f_r^2 \times C_X}$$

où C_X est la capacité du condensateur mesurée conformément à 6.3 et aux exigences de la spécification intermédiaire applicable.

6.7.3 Conditions devant être indiquées dans la spécification applicable

La spécification applicable doit indiquer:

- a) la méthode préférentielle;
- b) la longueur des fils du condensateur devant être employée pour le mesurage;
- c) tout dispositif spécial de montage;
- d) les limites de l'inductance en série ou de la fréquence de résonance propre.

6.8 Variation de la capacité avec la température

6.8.1 Méthode statique

6.8.1.1 Mesurage initial

Les mesurages de la capacité doivent être effectués dans les conditions indiquées dans la spécification applicable.

6.8.1.2 Procédure d'essai

Le condensateur doit être maintenu successivement à chacune des températures suivantes:

- a) $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$;
- b) température de catégorie inférieure (LCT) $\pm 3 ^\circ\text{C}$;
- c) températures intermédiaires, si cela est exigé par la spécification particulière;
- d) $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$;
- e) températures intermédiaires, si cela est exigé par la spécification particulière;

- f) température de catégorie supérieure (UCT) ± 2 °C;
- g) (20 ± 2) °C.

Si cela est exigé pour un type particulier de condensateur, la spécification applicable doit indiquer si le choc thermique doit être évité ou si une vitesse maximale de variation de la température doit être spécifiée.

Lorsque cet essai est référencé, la spécification applicable doit indiquer:

- le temps de trempage à chaque température;
- à quel moment la valeur de capacité doit être mesurée;
- le nombre de cycles à effectuer.

6.8.1.3 Méthode de mesure

Les mesurages de la capacité doivent être effectués à chacune des températures spécifiées ci-dessus, une fois que le condensateur a atteint une stabilité thermique.

L'état de stabilité thermique est considéré comme atteint lorsque deux mesures de capacité effectuées à un intervalle d'au moins 5 min ne diffèrent pas d'une valeur supérieure à l'erreur pouvant être attribuée à l'appareil de mesure.

Le mesurage des températures réelles doit être effectué avec une précision compatible avec les exigences de la spécification particulière.

Pendant les mesurages, s'assurer de l'absence de condensation ou de givre sur la surface des condensateurs

6.8.1.4 Procédure réduite

Dans le cas d'essais de conformité de la qualité lot par lot, la spécification particulière peut préciser une procédure réduite, par exemple les mesurages d), f) et g) de 6.8.1.2 correspondant à la plage des températures comprises entre 20 °C et la température de catégorie supérieure.

6.8.2 Méthode dynamique

En variante à la méthode statique de 6.8.1, une méthode dynamique utilisant une table traçante peut être employée. Les condensateurs doivent être soumis à une variation lente de température.

Un dispositif thermosensible doit être incorporé dans un condensateur fictif qui doit être placé dans le condensateur en essai, de manière telle que la température enregistrée corresponde à la température interne du condensateur en essai. La capacité doit être mesurée en utilisant un pont, ou un comparateur, automatique.

La sortie du pont ou du comparateur doit être reliée à l'entrée "Y" de la table traçante.

La sortie du dispositif thermosensible doit être reliée à l'entrée "X" de la table traçante.

La température doit varier assez lentement pour obtenir une courbe régulière et sans boucle aux températures de catégorie inférieure ou supérieure. La température doit varier successivement de 20 °C à la température de catégorie inférieure (LCT), puis de là jusqu'à la température de catégorie supérieure (UCT), et enfin redescendre à 20 °C. Deux cycles doivent être effectués.

Cette méthode peut n'être utilisée que dans le cas où il peut être démontré que ses résultats sont identiques à ceux de la méthode utilisant des températures stabilisées.

En cas de litige, la méthode statique doit être utilisée.

6.8.3 Méthodes de calcul

6.8.3.1 Généralités

Les éléments suivants s'appliquent:

C_0 est la capacité mesurée au point d) de 6.8.1.2;

T_0 est la température mesurée au point d) de 6.8.1.2;

C_i est la capacité mesurée à la température d'essai, autre qu'aux points a), d) et g) de 6.8.1.2;

T_i est la température d'essai mesurée.

6.8.3.2 Caractéristiques capacité/température

La variation de capacité en fonction de la température doit être calculée pour toutes les valeurs de C_i , comme indiqué ci-dessous.

$$\frac{\Delta C}{C_0} = \frac{C_i - C_0}{C_0}$$

La variation de capacité s'exprime normalement en pourcentage.

6.8.3.3 Coefficient de température de la capacité et dérive de capacité après cycle thermique

Le coefficient de température de la capacité et la dérive de capacité après cycle thermique doivent être calculés comme suit:

a) Coefficient de température de la capacité (α)

Le coefficient de température de la capacité (α) doit être calculé pour toutes les valeurs de C_i , comme suit:

$$\alpha_i = \frac{C_i - C_0}{C_0(T_i - T_0)} \times 10^6$$

Le coefficient de température s'exprime normalement en millionnièmes par Kelvin ($10^{-6}/K$).

b) Dérive de capacité après cycle thermique

La dérive de capacité après cycle thermique doit être calculée pour les points de mesure a), d) et g) de 6.8.1.2, de la manière précisée ci-dessous, comme exigé dans la spécification applicable.

$$\delta_{da} = \frac{C_0 - C_a}{C_0}$$

$$\delta_{gd} = \frac{C_g - C_0}{C_0}$$

$$\delta_{ga} = \frac{C_g - C_a}{C_0}$$

où

δ_{da} est la dérive de capacité après cycle thermique entre a) et d) de 6.8.1.2;

δ_{gd} est la dérive de capacité après cycle thermique entre g) et d) de 6.8.1.2;

δ_{ga} est la dérive de capacité après cycle thermique entre a) et g) de 6.8.1.2.

La plus grande de ces valeurs est la "dérive de capacité après cycle thermique".

La dérive de capacité s'exprime normalement en pourcentage.

6.9 Surtension

6.9.1 Mesurage initial

Les mesurages précisés dans la spécification applicable doivent être effectués.

6.9.2 Procédure d'essai

Des circuits d'essai convenables sont représentés à la Figure 12 et la Figure 13.

NOTE Le circuit utilisant des thyristors a l'avantage d'autoriser des fréquences de répétition élevées et est exempt des troubles occasionnés par des contacts encrassés ou par le rebondissement des contacts.

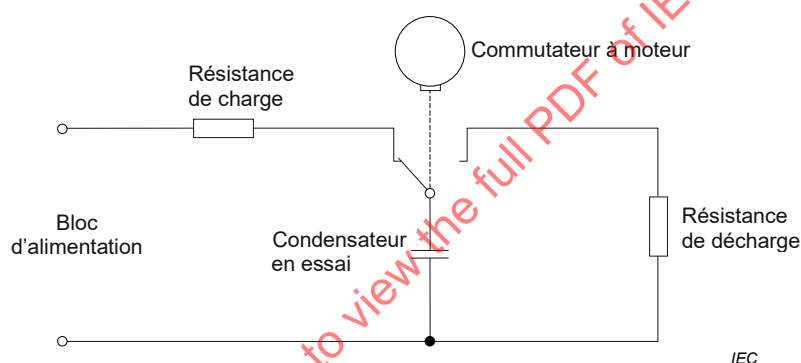


Figure 12 – Circuit à relais

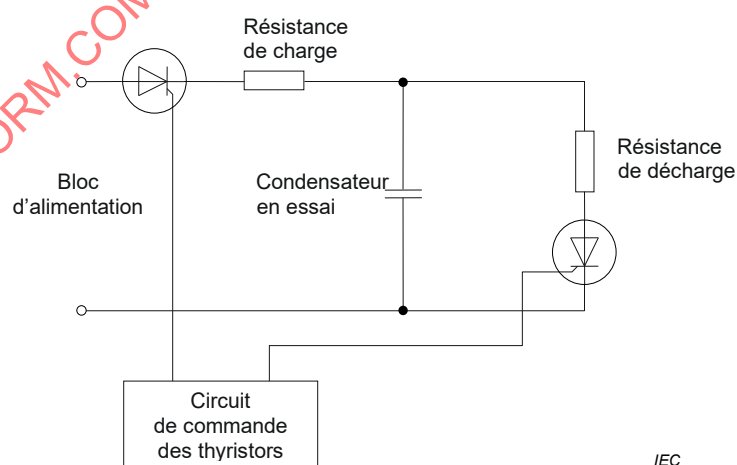
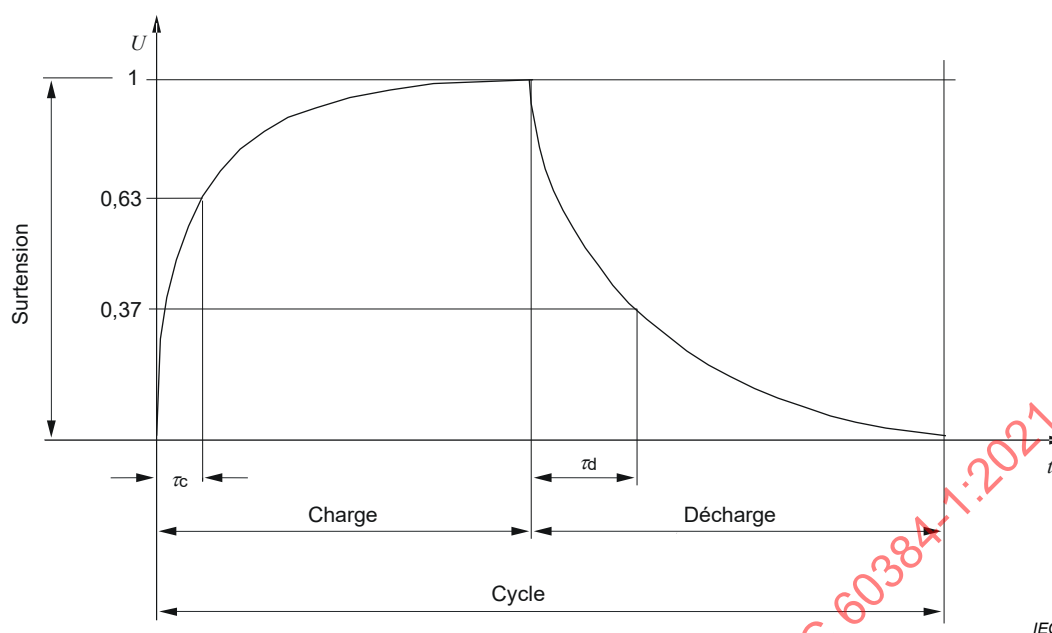


Figure 13 – Circuit à thyristors

La forme d'onde de la tension aux bornes du condensateur en essai doit être approximativement comme représentée à la Figure 14.



Légende

τ_c constante de temps à la charge

τ_d constante de temps à la décharge

Figure 14 – Forme d'onde de la tension aux bornes du condensateur

6.9.3 Inspection finale, mesurages et exigences

Les mesurages précisés dans la spécification applicable doivent être effectués.

6.9.4 Informations devant être données dans la spécification particulière applicable

Les informations suivantes doivent être fournies dans la spécification applicable:

- constante de temps à la charge résultant de la résistance interne de l'alimentation, de la résistance du circuit de charge et de la capacité du condensateur en essai;
- constante de temps à la décharge résultant de la résistance du circuit de décharge et de la capacité du condensateur en essai;
- rapport de surtension à la tension assignée ou de catégorie (selon le cas);
Il convient de spécifier le nombre de fois par heure que cette tension peut être appliquée.
- nombre de cycles de l'essai;
- durée de la période de charge;
- durée de la période de décharge;
- fréquence de répétition (cycles par seconde);
- température, si différente des conditions atmosphériques normalisées d'essai.

6.10 Essai aux surintensités

6.10.1 Mesurages initiaux

Non exigé.

6.10.2 Procédure d'essai

L'essai doit être réalisé à une température de $(23 \pm 3) ^\circ\text{C}$.

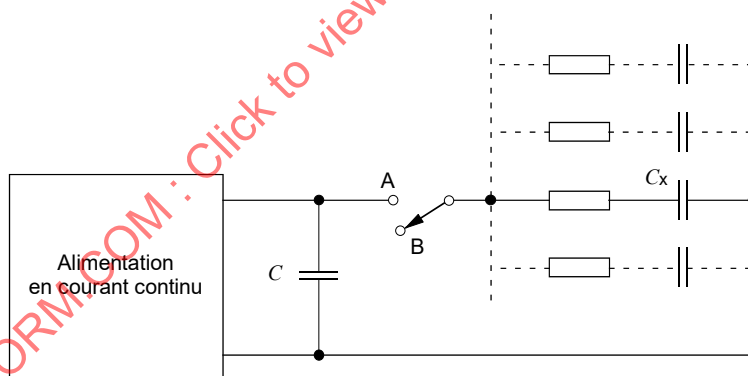
Le circuit d'essai est représenté à la Figure 15. La commutation peut être mécanique ou électronique, mais il est préférable qu'elle soit électronique. Le commutateur étant en position A, le condensateur en essai est chargé pendant 1 s à partir d'un condensateur électrolytique de faible impédance ayant une valeur de capacité d'au moins $20\,000\ \mu\text{F}$ (condensateur réservoir), à la tension assignée du condensateur en essai (U_R avec une tolérance de 2 %) à partir d'une alimentation stabilisée capable de fournir 10 A. L'impédance du circuit à travers lequel le condensateur en essai est chargé doit satisfaire aux exigences de 6.10.3. Après un temps de charge de 1 s, le condensateur en essai doit être déchargé pendant 1 s avec le commutateur en position B à travers un circuit dont la résistance est supérieure à $0,05\ \Omega$, mais inférieure à $0,2\ \Omega$.

La tension appliquée au condensateur en essai doit être surveillée. Les quatre charges et décharges ci-dessous du condensateur en essai doivent être réalisées dans les mêmes conditions.

Les condensateurs peuvent être soumis aux essais en parallèle si:

- la valeur totale de leur capacité est inférieure à 2 % de la capacité du condensateur réservoir; et
- toutes les conditions spécifiées ci-dessus sont respectées pour chaque condensateur en essai.

Le fusible peut être un fil conçu pour fonctionner entre 0,5 A et 2,0 A ou un circuit électronique conçu pour agir dans la même plage de courant.



Légende

- C_x capacité du condensateur en essai
- C capacité du condensateur électrolytique de faible impédance supérieure ou égale à $20\,000\ \mu\text{F}$ (condensateur réservoir)
- A, B positions de commutation

Figure 15 – Essai aux surintensités

6.10.3 Exigences pour le circuit de charge

La procédure d'essai en 6.10.2 doit être réalisée avec un condensateur de $47\ \mu\text{F}$ avec une tolérance de $\pm 10\%$ et une tension assignée de 35 V en position d'essai, ou dans une position d'essai quelconque, si des dispositions sont prises pour l'essai des condensateurs en parallèle. Le contrôle de la tension aux bornes du condensateur en essai doit démontrer que la tension

de crête aux bornes du condensateur pendant la charge est U_R avec une tolérance de $^{+5}_{-2}$ %, et que 90 % de la tension de crête mesurée est obtenue en un temps inférieur ou égal à 60 μ s après la fermeture du commutateur et sans surtensions transitoires indésirables dues aux rebondissements des contacts ou à l'inductance du circuit. Lorsque ces dispositions pour l'essai des condensateurs en parallèle sont prises, cette exigence doit être vérifiée pour chaque condensateur en essai.

Il est peu probable que cette exigence soit satisfaite, sauf si la résistance en courant continu du circuit de charge y compris les fils, fusibles, fixations et la résistance en série du condensateur réservoir est inférieure à 0,5 Ω .

6.10.4 Éléments non conformes

Un condensateur doit être considéré comme un élément non conforme si le fusible grille ou si le circuit électronique agit à toute charge ou décharge du condensateur.

6.11 Essais de charge et de décharge et essai de courant d'appel

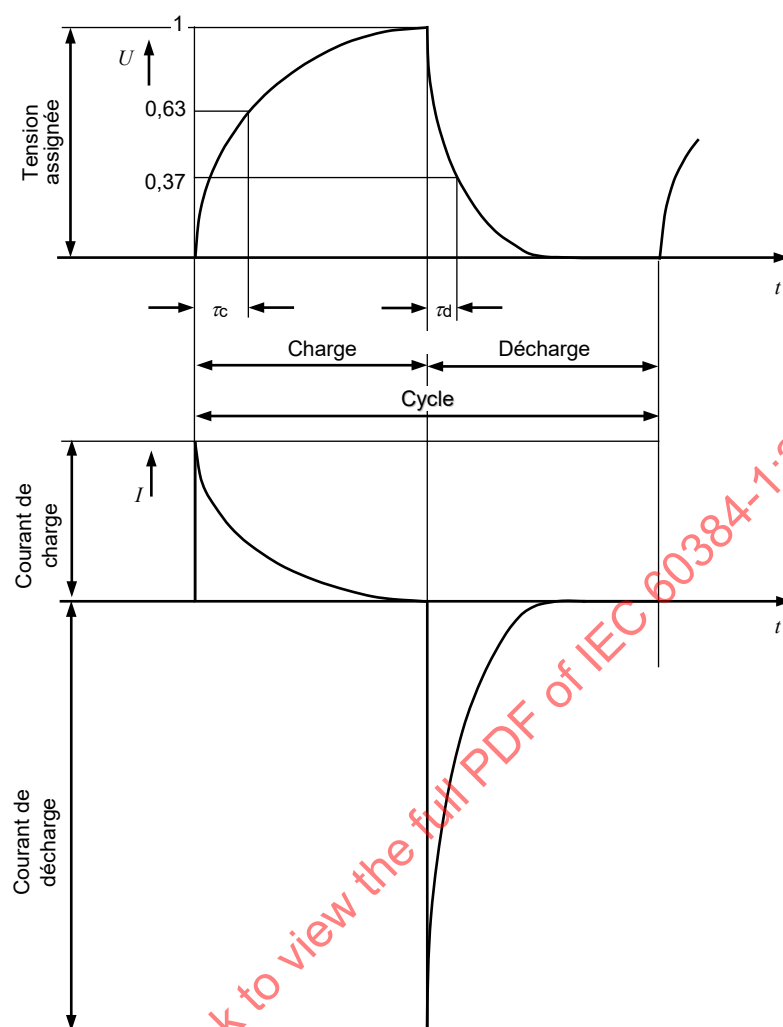
6.11.1 Mesurage initial

Les mesurages précisés dans la spécification applicable doivent être effectués.

6.11.2 Procédure d'essai

Des circuits d'essai convenables sont donnés en 6.9.2, à la Figure 12 et la Figure 13.

Les formes d'ondes de la tension aux bornes du condensateur en essai et du courant le traversant sont approximativement comme représentées à la Figure 16.



IEC

Légende τ_c constante de temps à la charge τ_d constante de temps à la décharge**Figure 16 – Forme d'onde de la tension et du courant****6.11.3 Charge et décharge**

Les informations suivantes doivent être fournies dans la spécification applicable:

- constante de temps à la charge résultant de la résistance interne de l'alimentation, de la résistance du circuit de charge et de la capacité du condensateur en essai;
- constante de temps à la décharge résultant de la résistance du circuit de décharge et de la capacité du condensateur en essai;
- tension devant être appliquée pendant la période de charge, si différente de la tension assignée;
- nombre de cycles de l'essai;
- durée de la période de charge;
- durée de la période de décharge;
- fréquence de répétition (cycles par seconde);
- température, si différente des conditions atmosphériques normalisées d'essai.

6.11.4 Courant d'appel

Les informations suivantes doivent être fournies dans la spécification applicable:

- a) valeur crête du courant de charge;
- b) tension devant être appliquée pendant la période de charge, si différente de la tension assignée;
- c) nombre de cycles de l'essai;
- d) durée de la période de charge en millisecondes;
- e) durée de la période de décharge;
- f) fréquence de répétition;
- g) température, si différente des conditions atmosphériques normalisées d'essai.

6.11.5 Inspection finale, mesurages et exigences

Les mesurages précisés dans la spécification applicable doivent être effectués.

6.12 Absorption diélectrique

6.12.1 Procédure d'essai

Le condensateur en essai doit être placé dans une cage de Faraday pour réduire l'effet des champs électriques. Le circuit d'essai est représenté à la Figure 17.

Pour le mesurage de la tension, un électromètre ou un autre instrument approprié ayant une résistance d'entrée minimale de 10 000 MΩ doit être utilisé.

La résistance de tous les gabarits, de tous les commutateurs, etc., utilisés ne doit pas affecter la résistance d'entrée du système de mesure.

Le condensateur doit ensuite être chargé à la tension continue assignée pendant (60 ± 1) min. Le courant de surtension initial pendant la charge ne doit pas être supérieur à 50 mA.

A la fin de cette période, le condensateur doit être isolé de l'alimentation et doit être déchargé à travers une résistance de 5 Ω avec une tolérance de ± 5 % pendant (10 ± 1) s, sans que le du/dt spécifié ne soit dépassé.

La résistance de décharge doit être isolée du condensateur à la fin des 10 s de décharge. La tension résiduelle ou regagnée aux bornes du condensateur (tension de rétablissement) doit être mesurée.

NOTE La tension de rétablissement est la tension maximale apparaissant aux sorties du condensateur durant une période de 15 min.

L'absorption diélectrique doit être calculée avec la formule suivante:

$$DA = \frac{U_1}{U_2} \times 100 \times \frac{C_X + C_0}{C_X}$$

où

DA est le pourcentage d'absorption diélectrique;

U_1 est la tension de rétablissement;

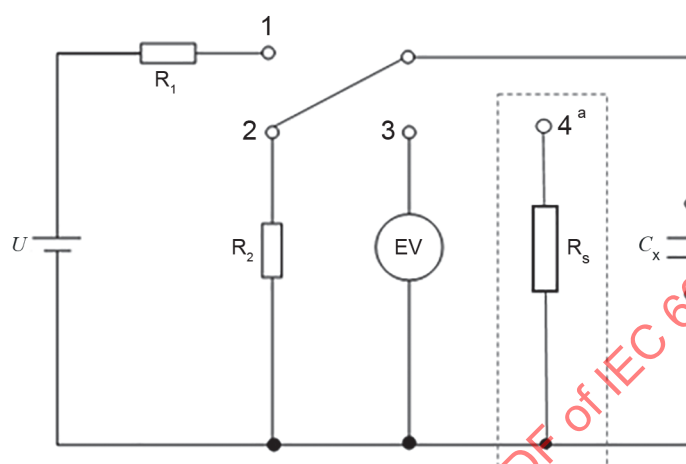
U_2 est la tension de charge;

C_X est la capacité du condensateur en essai;

C_0 est la capacité d'entrée du système de mesure.

Si C_0 est inférieure à 10 % de C_X , la formule ci-dessus peut être simplifiée selon:

$$DA = \frac{U_1}{U_2} \times 100$$



IEC

Légende

1, 2, 3 et 4 bornes de commutation

C_x capacité du condensateur en essai

S commutateur

U source de tension en courant continu

R_1 résistance de protection

R_2 résistance de décharge

R_s résistance de décharge (si nécessaire)

EV voltmètre électronique

^a Pour les condensateurs haute tension ou tout appareil similaire, un circuit de décharge peut être ajouté pour empêcher un accident dû à un choc électrique.

Figure 17 – Circuit d'essai d'absorption diélectrique

6.12.2 Exigence

L'absorption diélectrique calculée ne doit pas être supérieure à la limite indiquée dans la spécification particulière.

6.13 Surtension transitoire (pour condensateurs électrolytiques en aluminium à électrolyte non solide)

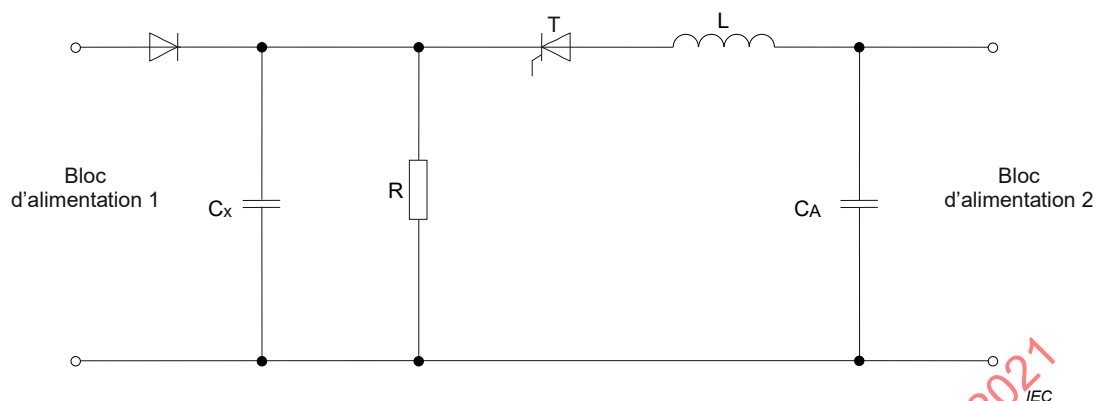
6.13.1 Mesurage initial

Les mesurages indiqués dans la spécification particulière doivent être effectués.

6.13.2 Procédure d'essai

Le ou les condensateurs doivent alors être conditionnés à la température d'essai pour avoir une tension U_R avec une tolérance de ± 1 % fournie par une alimentation stabilisée. A la fin de cette période, l'essai peut commencer, mais pas plus tard que 48 h après le conditionnement.

Un exemple de circuit d'essai est représenté à la Figure 18.



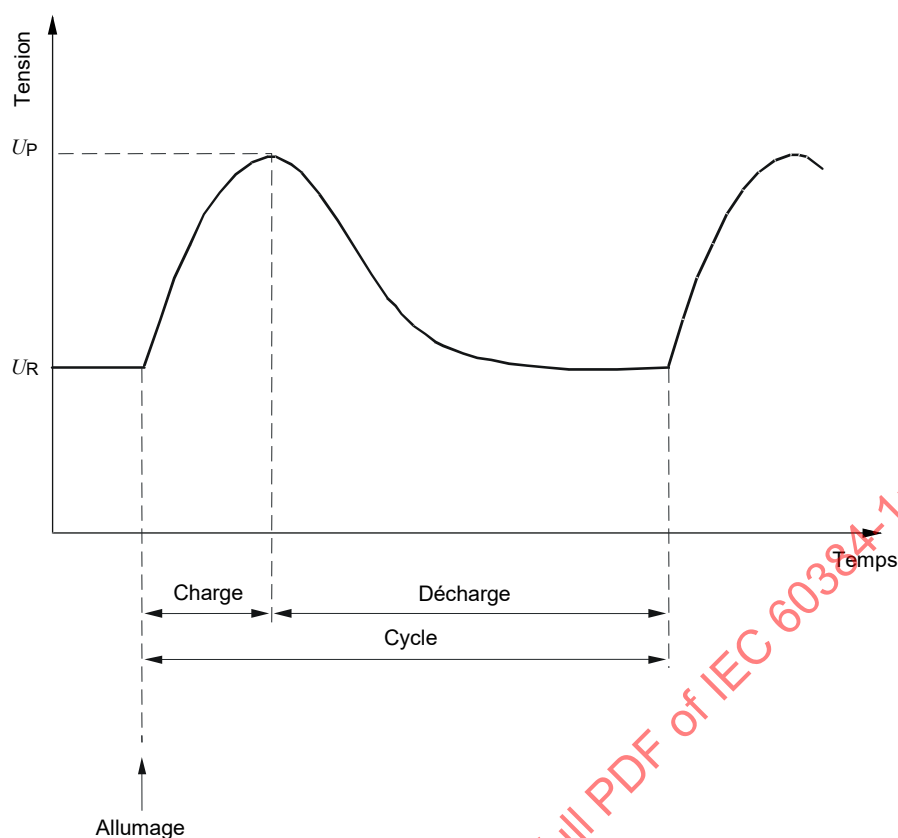
Légende

- C_X condensateur en essai
- C_A condensateur réservoir pour donner un temps de charge maximal
- R résistance pour donner un temps de charge maximal
- L inductance pour donner un temps de charge maximal
- T thyristor

Figure 18 – Circuit d'essai de la surtension transitoire

Le condensateur en essai C_X est chargé à partir du bloc d'alimentation 1 et le condensateur réservoir auxiliaire C_A est chargé à une tension supérieure à la tension d'essai U_P à partir du bloc d'alimentation 2. En allumant le thyristor T , le condensateur réservoir C_A est déchargé à travers l'inductance L pour charger le condensateur en essai C_X à la tension U_P . En éteignant le thyristor, le condensateur en essai C_X est déchargé à travers la résistance R de la tension U_P jusqu'à la tension U_R .

La forme d'onde de la tension aux bornes du condensateur en essai doit être approximativement comme représentée à la Figure 19.

**Légende** U_P tension de crête transitoire U_R tension assignée**Figure 19 – Forme d'onde de la tension****6.13.3 Inspection finale, mesurages et exigences**

Les mesurages précisés dans la spécification applicable doivent être effectués.

6.13.4 Conditions devant être indiquées dans la spécification applicable

La spécification applicable doit indiquer:

- la durée de la période de conditionnement;
- la valeur de crête de la tension transitoire U_P ;
- les valeurs de C_A , de L et de R pour donner un temps de charge maximal de 15 ms;
- la durée de chaque cycle d'essai;
- le nombre de cycles d'essai;
- la température, si différente des conditions atmosphériques normalisées d'essai.

7 Essais et mesurages mécaniques

7.1 Examen visuel et contrôle des dimensions

7.1.1 Examen visuel

L'examen visuel doit montrer que l'état de la pièce, l'exécution et la finition sont satisfaisants (voir 3.42).

Le marquage doit être lisible à l'examen visuel et doit être conforme aux exigences de la spécification particulière.

7.1.2 Dimensions (calibrage)

Les dimensions indiquées dans la spécification particulière, appropriées au calibrage, doivent être vérifiées, et elles doivent être conformes aux valeurs précisées dans la spécification particulière.

Lorsque cela est applicable, les mesurages doivent être effectués conformément à l'IEC 60294 ou à l'IEC 60717.

7.1.3 Dimensions (détail)

Toutes les dimensions précisées dans la spécification particulière doivent être vérifiées et doivent être conformes aux valeurs indiquées.

7.2 Sortie de l'armature extérieure

L'indication correcte de la sortie reliée à l'armature métallique extérieure doit être vérifiée par une méthode ne détériorant pas le condensateur.

Une méthode adéquate est représentée à la Figure 20.

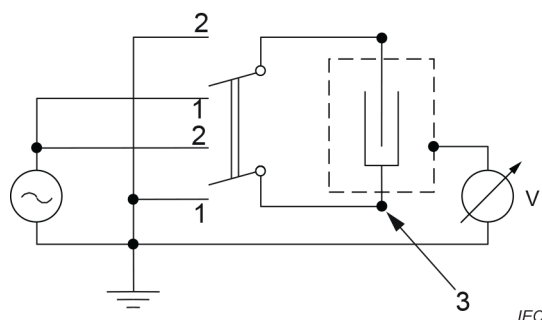
La fréquence du générateur peut être comprise entre 50 Hz et quelques milliers de Hertz et doit être choisie de telle sorte que le mesurage ait un résultat net, la valeur la plus appropriée dépendant du type de condensateur en essai.

La tension doit être de l'ordre de 10 V.

Le voltmètre doit avoir une impédance d'entrée de 1 M Ω ou plus.

La capacité parasite du câblage doit être faible.

Lorsque le commutateur est en position 1, la déviation du voltmètre doit être notablement plus faible que celle produite lorsque le commutateur est en position 2.

**Légende**

- 1, 2 bornes de commutation
 3 sortie de l'armature extérieure
 V voltmètre

Figure 20 – Circuit d'essai**7.3 Robustesse des sorties****7.3.1 Généralités**

Les condensateurs doivent être soumis aux essais U_{a1} , U_b , U_c et U_d de l'IEC 60068-2-21, selon le cas.

7.3.2 Essai U_{a1} – Traction

La force appliquée doit être:

- pour les sorties autres que des fils: 20 N.
- pour les fils de sortie: voir Tableau 4.

Tableau 4 – Force de traction

Section nominale (S) ^a mm ²	Diamètre correspondant (d) pour les fils de section circulaire mm	Force avec une tolérance de ± 10 % N
$S \leq 0,05$	$d \leq 0,25$	1
$0,05 < S \leq 0,1$	$0,25 < d \leq 0,35$	2,5
$0,1 < S \leq 0,2$	$0,35 < d \leq 0,5$	5
$0,2 < S \leq 0,5$	$0,5 < d \leq 0,8$	10
$0,5 < S \leq 1,2$	$0,8 < d \leq 1,25$	20
$1,2 < S$	$1,25 < d$	40

^a Pour les fils de section circulaire, méplats ou broches: la section nominale est égale à la valeur calculée à partir de la ou des dimensions nominales données dans la spécification applicable. Pour les fils à âme divisée, la section nominale est obtenue en prenant la somme des sections des différents brins du conducteur indiqué dans la spécification applicable.

7.3.3 Essai U_b – Pliage (sur la moitié de l'échantillon)

Méthode 1: deux pliages doivent être successivement effectués dans chaque direction. Cet essai ne doit pas être appliqué aux sorties décrites comme rigides dans la spécification particulière.

7.3.4 Essai Uc – Torsion (autre moitié de l'échantillon)

La méthode 1, sévérité 2 (deux rotations successives de 180°) doit être utilisée.

Cet essai ne doit pas être appliqué aux sorties décrites comme rigides dans la spécification particulière et aux composants à sorties unilatérales prévus pour être utilisés sur un câblage imprimé.

7.3.5 Essai Ud – Couple

Cet essai doit être appliqué aux condensateurs pour des bornes à vis ou à goujons filetés, et aux dispositifs de montage incorporés. Le couple et la sévérité doivent être choisis dans le Tableau 5.

Tableau 5 – Couple

Diamètre nominal du filetage mm	Couple	
	Nm	
	Sévérité 1	Sévérité 2
2,6	0,4	0,2
3	0,5	0,25
3,5	0,8	0,4
4	1,2	0,6
5	2,0	1,0
6	2,5	1,25
8	5,0	2,5
10	7,0	3,5
12	12	6

7.3.6 Examen visuel

Après chacun de ces essais, les condensateurs doivent être examinés visuellement. Aucun dommage visible ne doit être constaté.

7.4 Vibrations

7.4.1 Mesurage initial

Les mesurages précisés dans la spécification applicable doivent être effectués.

7.4.2 Procédure d'essai

Les condensateurs doivent être soumis à l'essai Fc de l'IEC 60068-2-6, en utilisant la méthode de montage et le degré de sévérité indiqués dans la spécification applicable.

7.4.3 Essai électrique (mesurage intermédiaire)

Lorsque cela est précisé dans la spécification particulière, un mesurage électrique doit être réalisé au cours des 30 dernières minutes de l'essai de vibration dans chacune des directions du mouvement, pour déceler les contacts intermittents, les courts-circuits ou les circuits ouverts.

La méthode de mesure doit être précisée dans la spécification particulière.