

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Fixed electric double-layer capacitors for use in electric and electronic equipment –

Part 1: Generic specification

Condensateurs électriques fixes à double couche utilisés dans les équipements électriques et électroniques –

Partie 1: Spécification générique

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62391-1:2022



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2022 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 Secretariat
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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 Products & Services Portal - products.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 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 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 Products & Services Portal - products.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 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Fixed electric double-layer capacitors for use in electric and electronic equipment –
Part 1: Generic specification**

**Condensateurs électriques fixes à double couche utilisés dans les équipements électriques et électroniques –
Partie 1: Spécification générique**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.060.10

ISBN 978-2-8322-5729-6

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

CONTENTS

FOREWORD.....	7
1 Scope.....	9
2 Normative references	9
3 Terms and definitions	10
4 General requirements	15
4.1 Unit and symbols	15
4.2 Preferred values and class.....	15
4.2.1 General	15
4.2.2 Preferred values of nominal capacitance	15
4.2.3 Class	15
4.3 Marking.....	15
4.3.1 General	15
4.3.2 Coding.....	15
5 General provisions for tests and measurement procedures	16
5.1 General.....	16
5.2 Test and measurement requirements	16
5.2.1 Test conditions	16
5.2.2 Measurement conditions	16
5.2.3 Voltage treatment	16
5.2.4 Thermal treatment	16
5.3 Drying.....	16
5.4 Storage.....	17
5.4.1 Storage at high temperature.....	17
5.4.2 Storage at low temperature.....	17
6 Electrical tests and measurements	17
6.1 Measurement method 1 for capacitance and internal resistance (constant current discharge).....	17
6.1.1 Basic circuit for measuring	17
6.1.2 Measuring equipment	18
6.1.3 Measurement procedure	19
6.1.4 Calculation methods for capacitance	21
6.1.5 Calculation methods for internal resistance.....	22
6.1.6 Conditions to be prescribed in the detail specification.....	23
6.2 Measurement method 2 for capacitance and internal resistance.....	23
6.2.1 Constant resistance charging method for capacitance measurement	23
6.2.2 AC internal resistance measurement method	24
6.3 Leakage current.....	24
6.3.1 Measurement method	24
6.3.2 Items to be specified in the detail specification	26
6.4 Maintain voltage.....	26
6.4.1 Measurement method	26
6.4.2 Calculation of voltage maintenance rate	27
6.4.3 Conditions to be prescribed in the detail specification.....	27
7 Mechanical tests and measurements	27
7.1 Visual examination and check of dimensions	27
7.1.1 Visual examination	27

7.1.2	Dimensions (gauging)	27
7.1.3	Dimensions (detail)	28
7.2	Robustness of terminations	28
7.2.1	Test Ua1 – Tensile	28
7.2.2	Test Ub – Bending (half of the sample)	28
7.2.3	Test Uc – Torsion (remaining sample)	28
7.2.4	Test Ud – Torque (for terminations with threaded studs or screws and for integral mounting devices)	28
7.2.5	Visual examination	29
7.3	Vibration	29
7.3.1	Initial measurement	29
7.3.2	Test	29
7.3.3	Final measurement and requirements	29
8	Environmental and climatic tests	29
8.1	Rapid change of temperature	29
8.1.1	Initial measurement	29
8.1.2	Test	29
8.1.3	Final inspection, measurements and requirements	29
8.2	Damp heat, steady state	30
8.2.1	Initial measurement	30
8.2.2	Test	30
8.2.3	Final measurement	30
8.3	Endurance	30
8.3.1	Initial measurements	30
8.3.2	Test	30
8.3.3	Final measurement, inspection and requirements	30
8.4	Characteristics at high and low temperature	31
8.4.1	General	31
8.4.2	Test procedure	31
8.4.3	Dry heat	31
8.4.4	Cold	31
8.4.5	Final measurement and requirements	31
9	Tests related to component assembly	31
9.1	Resistance to soldering heat	31
9.1.1	Preconditioning and initial measurement	31
9.1.2	Test	31
9.1.3	Recovery	32
9.1.4	Final inspection, measurements and requirements	32
9.2	Solderability	32
9.2.1	General	32
9.2.2	Preconditioning	32
9.2.3	Capacitors with leads	32
9.2.4	Surface mount capacitors	33
9.3	Component solvent resistance	33
9.3.1	Initial measurements	33
9.3.2	Test	33
9.3.3	Requirements	33
9.4	Solvent resistance of marking	34
9.4.1	Test	34

9.4.2	Requirements	34
10	Tests related to safety	34
10.1	Passive flammability	34
10.1.1	Test procedure	34
10.1.2	Requirements	34
10.2	Pressure relief (if applicable)	35
10.2.1	Test	35
10.2.2	Requirements	35
11	Quality assessment procedures	35
Annex A	(normative) Classification according to capacitance and internal resistance	36
A.1	General	36
A.2	Classification by capacitance and internal resistance	36
Annex B	(informative) Measurement method of capacitance and low resistance by low frequency AC method (reference)	38
B.1	General	38
B.2	Measurement system	38
B.3	Calculation of capacitance	38
B.4	Measurement conditions	39
Annex C	(informative) Thermal equilibrium time of capacitors	40
C.1	General	40
C.2	Thermal equilibrium time of capacitors	40
Annex D	(informative) Charging/discharging efficiency and measurement current	42
D.1	General	42
D.2	Charging efficiency, discharging efficiency, and current	42
D.2.1	Calculation assuming full charge and discharge	42
D.2.2	Calculation assuming incomplete charging and discharging due to internal resistance	43
Annex E	(informative) Procedures for setting the measurement current of capacitor with uncertain nominal internal resistance	46
E.1	General	46
E.2	Current setting procedures for measurement of capacitor	46
E.3	Example of a current setting for determining capacitor characteristics	46
Annex F	(informative) Policy on uncertainty of measurement and inset limits	47
F.1	Objective	47
F.2	Calculation of measurement uncertainty	47
F.3	Policy	47
F.4	Calculation of inset and outset limits	47
F.5	Examples	48
F.5.1	General	48
F.5.2	Example 1: Resistor measurement	48
F.5.3	Example 2: Resistor measurement	48
F.5.4	Example 3: Transistor measurement (gain)	48
F.5.5	Example 4: Comparison between initial and final measurement results	48
Annex Q	(normative) Quality assessment procedures	49
Q.1	General	49
Q.1.1	Overview	49
Q.1.2	Applicability of qualification approval	49
Q.1.3	Applicability of capability approval	49

Q.1.4	Applicability of technology approval	50
Q.2	Primary stage of manufacture	50
Q.3	Subcontracting	50
Q.4	Structurally similar components	50
Q.5	Qualification approval procedures	50
Q.5.1	Eligibility for qualification approval	50
Q.5.2	Application for qualification approval	51
Q.5.3	Test procedure for qualification approval	51
Q.5.4	Granting of qualification approval	51
Q.5.5	Maintenance of qualification approval	51
Q.5.6	Quality conformance inspection	51
Q.6	Capability approval procedures	51
Q.6.1	General	51
Q.6.2	Eligibility for capability approval	52
Q.6.3	Application for capability approval	52
Q.6.4	Description of capability	52
Q.6.5	Demonstration and verification of capability	53
Q.6.6	Programme for capability approval	53
Q.6.7	Capability approval test report	54
Q.6.8	Abstract of description of capability	54
Q.6.9	Modifications likely to affect the capability approval	54
Q.6.10	Initial capability approval	54
Q.6.11	Granting of capability approval	55
Q.6.12	Maintenance of capability approval	55
Q.6.13	Extension of capability approval	56
Q.6.14	Quality conformance inspection	56
Q.7	Rework and repair	56
Q.7.1	Rework	56
Q.7.2	Repair	57
Q.8	Release for delivery	57
Q.8.1	General	57
Q.8.2	Release for delivery under qualification approval before the completion of group B tests	57
Q.9	Certified test records of released lots	57
Q.10	Delayed delivery	57
Q.11	Alternative test methods	57
Q.12	Manufacture outside the geographical limits of IECQ CBs	57
Q.13	Unchecked parameters	57
Q.14	Technology approval procedures	58
Q.14.1	General	58
Q.14.2	Eligibility for technology approval	58
Q.14.3	Application of technology approval	58
Q.14.4	Description of technology	58
Q.14.5	Demonstration and verification of the technology	58
Q.14.6	Granting of technology approval	58
Q.14.7	Maintenance of technology approval	58
Q.14.8	Quality conformance inspection	58
Q.14.9	Failure rate level determination	59
Q.14.10	Outgoing quality level	59

Annex X (informative) Cross-references to IEC 62391-1:2015.....	60
Bibliography.....	61
Figure 1 – Basic circuit for measuring	18
Figure 2 – Voltage–time characteristics between capacitor terminals in capacitance and internal resistance measurement.....	19
Figure 3 – Circuit for constant resistance charging method	23
Figure 4 – Circuit for AC resistance method.....	24
Figure 5 – Circuit for measuring leakage currents	25
Figure 6 – Diagram of current and voltage changes at the time of measuring the leakage current.....	26
Figure 7 – Maintain voltage test diagram	27
Figure A.1 – Conceptual rendering orientated by characteristics in each classification.....	37
Figure B.1 – Capacitance measurement system by the low frequency AC method	38
Figure C.1 – Thermal equilibrium times of capacitors (from 85 °C to 25 °C)	40
Figure C.2 – Thermal equilibrium times of capacitors (from –40 °C to 25 °C)	41
Figure C.3 – Capacitor core temperature change with respect to time.....	41
Figure Q.1 – General scheme for capability approval	52
Table 1 – Measurement conditions for measurement method 1A.....	20
Table 2 – Measurement conditions for measurement method 1B.....	21
Table 3 – Tensile force	28
Table 4 – Torque	29
Table 5 – Severities and requirements	35
Table A.1 – Electrical performance and measurement method by class	37
Table E.1 – Example of setting current for measurement of capacitor	46
Table X.1 – Cross-references to the previous edition	60

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**FIXED ELECTRIC DOUBLE-LAYER CAPACITORS
FOR USE IN ELECTRIC AND 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 62391-1 has been prepared by IEC technical committee 40: Capacitors and resistors for electronic equipment. It is an International Standard.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2015. 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) Calculation formula of charging/discharging efficiency in Annex D were divided into two cases: "Calculation assuming full charge and discharge" and "Calculation assuming incomplete charging and discharging due to internal resistance".

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

Draft	Report on voting
40/2966/FDIS	40/2976/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.

A list of all parts in the IEC 62391 series, published under the general title *Fixed electric double-layer capacitors for use in electric and electronic equipment*, can be found on the IEC website.

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.

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.

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

FIXED ELECTRIC DOUBLE-LAYER CAPACITORS FOR USE IN ELECTRIC AND ELECTRONIC EQUIPMENT –

Part 1: Generic specification

1 Scope

This part of IEC 62391 applies to fixed electric double-layer capacitors (hereafter referred to as capacitors) mainly used in DC circuits of electric and electronic equipment.

This part of IEC 62391 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 60068-2-1:2007, *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 60068-2-14, *Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature*

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 of with leads*

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

IEC 60068-2-45:1980, *Environmental testing – 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 60068-2-69, *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 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*

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>

3.1

active flammability

flammability (self-ignition) caused by internal heating of the component

Note 1 to entry: Active flammability can be caused by sparking due to insufficient internal contact for example.

3.2

category of passive flammability

category given by the maximum burning time after a specified time of flame application

3.3

category temperature range

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

Note 1 to entry: This is given by the lower category temperature and the upper category temperature.

3.4

category voltage

U_C

maximum voltage which may be applied continuously to a capacitor at its upper category temperature

Note 1 to entry: This term is not used in the document and is given for information only.

3.5

class

classification of the capacitor by the capacitance value and the internal resistance value depending upon the application

3.6

DC capacitor

capacitor designed essentially for application with direct voltage

Note 1 to entry: A DC capacitor can be unsuitable for use on AC supplies.

Note 2 to entry: This term is not used in the document and is given for information only.

3.7

family

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

3.8

inset limits

tightened limits resulting from an allowance applied to the specified limits of a parameter to take into account all influence quantities on the indication of a measuring instrument so as to ensure that out of limit devices are not accepted due to measurement errors

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

Note 1 to entry: This term is not used in the document and is given for information only.

3.10

internal resistance

resistance component in an equivalent series circuit of capacitance and resistance of a capacitor

Note 1 to entry: The internal resistance is given in ohms (Ω).

3.11

IR drop

voltage drop between the capacitor terminals that is generated at the start of discharge and quantified by the product of the discharge current and the internal resistance of the capacitor

Note 1 to entry: This term is not used in the document and is given for information only.

3.12

leakage current

value of the current that flows through a capacitor after a charge for a fixed period of time

Note 1 to entry: Leakage current is given in amperes (A).

Note 2 to entry: Usually, it is the sum of the current for charging the capacitor, which decreases exponentially with time, and the dark current (leakage current in the original sense) of the capacitor itself.

3.13

lower category temperature

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

3.14

maintain voltage

self-discharge

voltage held while being left for a fixed period of time under no load after a charge for a fixed period of time

3.15

mass

all fixed parts of the capacitor

Note 1 to entry: This term is not used in the document and is given for information only.

3.16

maximum storage temperature

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

Note 1 to entry: This term is not used in the document and is given for information only.

[SOURCE: IEC 60384-1:2021, 3.11, modified – Note 1 to entry has been added.]

3.17

maximum temperature of a capacitor

temperature at the hottest point of its external surface

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

Note 2 to entry: This term is not used in the document and is given for information only.

3.18

measuring equipment

instruments that are necessary in order to carry out a measurement

Note 1 to entry: The definition makes it clear that items such as cables, connectors, handlers, handler cards or other fixtures used in conjunction with a measurement indicating instrument are subject to the requirements of this policy.

3.19

minimum storage temperature

minimum ambient temperature that the capacitor should withstand in the non-operating condition without damage

Note 1 to entry: This term is not used in the document and is given for information only.

3.20

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.

Note 2 to entry: This term is not used in the document and is given for information only.

3.21

nominal capacitance

C_N

designated capacitance value usually indicated on the capacitor

3.22

outset limits

relaxed limits resulting from an allowance applied to the specified limits of a parameter to take into account all influence quantities on the indication of a measuring instrument so as to ensure that in-limit devices are not rejected due to measurement errors

3.23

passive flammability

flammability caused by external heating of the component

Note 1 to entry: Passive flammability can be caused by flames, for example.

3.24

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: This term is not used in the document and is given for information only.

3.25

rated ripple voltage

RMS value of the maximum allowable alternating voltage at a specified frequency superimposed on the DC voltage at which the capacitor can 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 does not exceed the rated voltage or temperature derated voltage, as applicable.

Note 2 to entry: This term is not used in the document and is given for information only.

3.26

rated temperature

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

3.27

rated voltage

U_R

maximum DC voltage or peak value of pulse voltage that can be applied continuously or repetitively to a capacitor at any temperature between the lower category temperature and the rated temperature

3.28

reverse voltage

voltage applied to the capacitor terminations in the reverse polarity direction

Note 1 to entry: This term is not used in the document and is given for information only.

3.29

style

subdivision of a type, generally based on dimensional factors

Note 1 to entry: A style can include several variants, generally of a mechanical order.

Note 2 to entry: This term is not used in the document and is given for information only.

3.30

subfamily

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

3.31

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

3.32

surge voltage ratio

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

Note 1 to entry: The number of times per hour that this voltage can be applied is specified in the detail specification.

Note 2 to entry: This term is not used in the document and is given for information only.

3.33

temperature characteristic of capacitance

maximum reversible variation of capacitance produced over a given temperature range within the category temperature range

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: The temperature characteristic of capacitance is normally expressed as a percentage of the capacitance related to a reference temperature of 20 °C.

Note 3 to entry: This term is not used in the document and is given for information only.

3.34

temperature derated voltage

maximum voltage that can be applied continuously to a capacitor when it is at any temperature between the rated temperature and the upper category temperature

Note 1 to entry: Information on the voltage/temperature dependence at temperatures between the rated temperature and the upper category temperature is given in the detail specification.

3.35

temperature rise

increase of temperature of the capacitor relative to the ambient temperature resulting from the losses in the capacitor due to operation under charge and/or discharge conditions

Note 1 to entry: Temperature rise is affected by ambient temperature.

Note 2 to entry: This term is not used in the document and is given for information only.

3.36

time constant

product of the internal resistance (including circuit resistance) and the capacitance

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

3.37

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: In some cases, components described in several detail specifications may be considered as belonging to the same type.

[SOURCE: IEC 60384-1:2021, 3.39, modified – The Note to entry was rephrased.]

3.38

uncertainty of measurement

statement of the limits of the range within which the true value of the measurement is expected to lie in relation to the recorded result with a defined confidence level

3.39

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

Note 1 to entry: This term is not used in the document and is given for information only.

3.40

upper category temperature

highest ambient temperature including internal heating in which a capacitor is designed to operate continuously

[SOURCE: IEC 61881-3:2012, 3.17, modified – The note to entry has been deleted.]

3.41**visible damage**

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

3.42**volume**

body of the capacitor excluding terminations

4 General requirements**4.1 Unit and symbols**

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

- IEC 60027;
- IEC 60050;
- IEC 60617;
- ISO 80000-1.

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

4.2 Preferred values and class**4.2.1 General**

The preferred values appropriate to the subfamily shall be stated in the sectional specification.

NOTE It is not possible to specify the preferred values of rated voltage owing to the nature of the capacitor.

4.2.2 Preferred values of nominal capacitance

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

4.2.3 Class

The class of the capacitor shall be classified according to capacitance and internal resistance (application). See Annex A for details.

4.3 Marking**4.3.1 General**

The identification criteria and other information to be marked on the capacitor and/or packaging shall be indicated in the sectional specification.

The order of marking priority for small size capacitors shall be specified in the detail specification.

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 for taking into account measurement uncertainty is given in Annex F.

5.2 Test and measurement requirements

5.2.1 Test conditions

Unless otherwise specified, all tests shall be made 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.

5.2.2 Measurement conditions

Unless otherwise specified, all measurements shall be made under standard atmospheric conditions for testing as given in IEC 60068-1:2013, 4.3, with the following exception:

- temperature: 20 °C ± 2 °C.

All measurements shall be made after thermal equilibrium is reached, see 5.2.4.

5.2.3 Voltage treatment

The capacitor shall be charged up to U_R and be held for 30 min by means of a DC source. The capacitor shall be discharged through a suitable discharge device.

5.2.4 Thermal treatment

The capacitors shall be stored at the temperature specified in 5.2.2 for the duration required for the entire capacitor to reach this temperature (thermal equilibrium, see Annex C).

5.3 Drying

Unless otherwise specified in the detail 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 stated in the detail specification shall be made.

5.4.1.2 Test conditions

The capacitors shall be subjected to IEC 60068-2-2:2007, Test Bb, using the following severities:

- test temperature : upper category temperature;
- test duration : 96 h $\pm$ 4 h.

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

5.4.1.3 Final measurement

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

5.4.2 Storage at low temperature

5.4.2.1 Initial measurement

The measurements stated in the detail specification shall be made.

5.4.2.2 Test conditions

The capacitors shall be subjected to IEC 60068-2-1:2007, 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 down to $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5.4.2.3 Final measurement

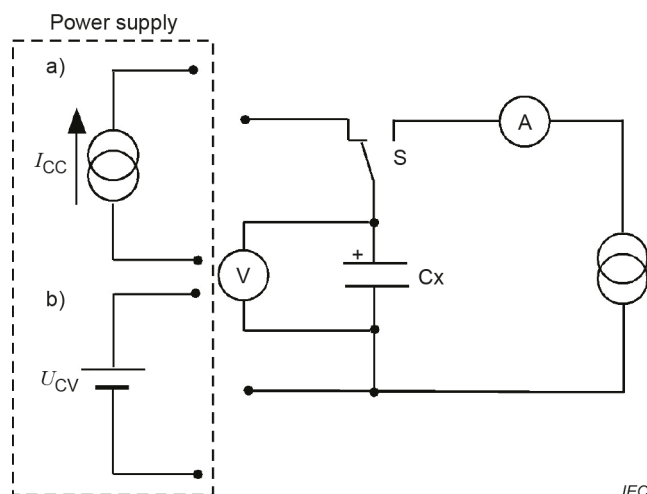
After recovery for at least 16 h, the measurements stated in the detail specification shall be made.

6 Electrical tests and measurements

6.1 Measurement method 1 for capacitance and internal resistance (constant current discharge)

6.1.1 Basic circuit for measuring

The capacitance and the internal resistance shall be measured by using the constant current charging and discharging methods. The basic circuit for measurement is given in Figure 1.



Key

I_{CC} constant-current

U_{CV} constant-voltage

(A) DC ammeter

(V) DC voltage recorder

S changeover switch

Cx capacitor under test

(⊖) constant current discharger

a) power supply for constant current charging-

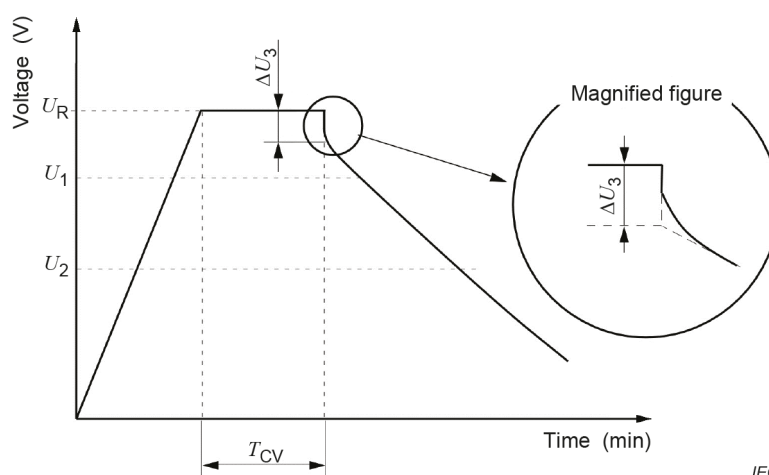
b) power supply for constant voltage charging-

Figure 1 – Basic circuit for measuring

6.1.2 Measuring equipment

The measuring equipment shall be capable of constant current charging, constant voltage charging, constant current discharging, and continuous measurement monitoring of the current and the voltage between the capacitor terminals as a function of discharging time, as shown in Figure 2. The measuring equipment shall be able to set and measure the current and the voltage with an accuracy of $\pm 1\%$ or less.

The power supply shall provide constant charge current for the capacitor charge with 95 % efficiency, and setting function of the constant voltage charge duration. The constant current discharger shall provide constant discharging current as specified in Table 1 or Table 2. The DC voltage recorder shall be capable of conducting measurements, and it shall record with a 5 mV resolution and sampling rate of 100 ms or less.

**Key**

U_R	rated voltage (V)
U_1	calculation start voltage (V)
U_2	calculation end voltage (V)
ΔU_3	voltage drop (V)
T_{CV}	constant voltage charging duration (min)

Figure 2 – Voltage–time characteristics between capacitor terminals in capacitance and internal resistance measurement

6.1.3 Measurement procedure

6.1.3.1 General

The measurement shall be carried out by analysing voltage-time characteristics between capacitor terminals.

The measurement method shall be either in accordance with 6.1.3.2 or 6.1.3.3 according to the class (refer to Annex A) and shall be specified in the detail specification.

Preconditioning of voltage treatment in accordance with 5.2.3 and thermal treatment in accordance with 5.2.4 shall be carried out, and, if specified in the detail specification, drying in accordance with 5.3 may be carried out before the measurement.

The voltage between capacitor terminals shall be measured and recorded as a function of time throughout the measurement procedure.

NOTE When the rated value of internal resistance of a capacitor is uncertain, the current for the measurement can be set according to the advisable procedures described in Annex E.

6.1.3.2 Measurement method 1A (class 1, 2, 3 and 4)

Unless otherwise specified in the detail specification, the measurement conditions shall be as shown in Table 1. The constant charging current (I_{CC}) shall be able to charge the capacitor with 95 % charging efficiency and is set using the rated voltage (U_R) and the nominal internal resistance (R_N) by $I_{CC} (= U_R / 38 R_N)$. The constant discharge currents are set for capacitance measurement and internal resistance respectively, corresponding to the nominal capacitance of the capacitor.

The measurement procedure shall be as follows:

- the capacitor shall be charged with the constant charging current;

- b) when the output voltage of the power supply reaches the specified value, the charging of the capacitor shall be continued with the constant voltage;
- c) then the capacitor shall be discharged through the constant current discharger;
- d) then the time shall be measured from the start of discharge to the point at which the voltage between the capacitor terminals becomes U_1 and U_2 , respectively (see Figure 2).

Table 1 – Measurement conditions for measurement method 1A

Measurement conditions	Class Application			
	Class 1 Memory backup	Class 2 Energy storage	Class 3 Power	Class 4 Instantaneous power
Constant current charging A	95 % charging efficiency ^a			
Constant voltage charging time min	30			
Constant discharge current for capacitance measurement ^b mA	$1 \times C_N$	$0,4 \times C_N U_R$	$4 \times C_N U_R$	$40 \times C_N U_R$
Constant discharge current for internal resistance measurement ^c mA	$10 \times C_N$	$4 \times C_N U_R$	$40 \times C_N U_R$	$400 \times C_N U_R$
U_1	$0,8 \times U_R$			
U_2	$0,4 \times U_R$			
For class 3 and class 4, measurement method 1B may be used.				
The number of significant figures for the discharge current value of 10 A or less shall be one digit; the second digit of the calculated value should be rounded down.				
The number of significant figures for the discharge current value exceeding 10 A shall be two digits; the third digit of the calculated value should be rounded down.				
NOTE C_N is the nominal capacitance in farad (F) and U_R is the rated voltage in volt (V).				
^a For the general concept of charging/discharging efficiency, see Annex D.				
^b If ΔU_3 exceeds 5 % of the charging voltage ($0,05 \times U_R$) in the initial characteristics, discharge current value may be reduced by one half, one fifth or one tenth.				
^c If ΔU_3 exceeds 20 % of the charging voltage ($0,2 \times U_R$) in the initial characteristics, discharge current value may be reduced by one half, one fifth or one tenth.				

6.1.3.3 Measurement method 1B (class 3, 4 and 5)

Unless otherwise specified in the detail specification, the measurement conditions shall be as shown in Table 2. The constant charging current (I_{cc}) shall be able to charge the capacitor with 95 % charging efficiency and is set using the rated voltage (U_R) and the nominal internal resistance (R_N) by $I_{cc} (= U_R / 38 R_N)$. The constant discharge current (I_d) shall be able to discharge the capacitor with 95 % discharging efficiency and is set using the rated voltage (U_R) and the nominal internal resistance (R_N) by $I_d (= U_R / 40 R_N)$.

The measurement procedure shall be as follows:

- a) the capacitor shall be charged with the constant charging current;
- b) when the output voltage of the power supply reaches the specified value, the charging of the capacitor shall be continued with the constant voltage;
- c) then the capacitor shall be discharged through the constant current discharger;

- d) then the time shall be measured from the start of discharge to the point at which the voltage between the capacitor terminals becomes U_1 and U_2 , respectively (see Figure 2).

Table 2 – Measurement conditions for measurement method 1B

Measurement conditions	Class Application		
	Class 3 Power	Class 4 Instantaneous power	Class 5 High power
Constant current charging A	95 % charging efficiency ^a		
Constant voltage charging time min	5		
Constant current discharging A	95 % discharging efficiency ^a		
U_1	$0,8 \times U_R$		
U_2	$0,4 \times U_R$		
For class 3 and class 4, measurement method 1A may be used.			
The number of significant figures for the discharge current value of 10 A or less shall be one digit; the second digit of the calculated value should be rounded down.			
The number of significant figures for the discharge current value exceeding 10 A shall be two digits; the third digit of the calculated value should be rounded down.			
^a For the general concept of charging/discharging efficiency, see Annex D.			

6.1.4 Calculation methods for capacitance

6.1.4.1 General

The capacitance shall be calculated by the straight-line approximation method or the energy conversion method.

6.1.4.2 Straight-line approximation method (measurement method 1A)

The capacitance C of a capacitor shall be calculated with the following formula:

$$C = \frac{I_d \times (t_2 - t_1)}{U_1 - U_2}$$

where

C is the capacitance of capacitor (F);

I_d is the discharge current (A);

U_1 is the measuring start voltage (V);

U_2 is the measuring end voltage (V);

t_1 is the time at which the terminal voltage of the capacitor reaches the value U_1 from the start of the discharge (s);

t_2 is the time at which the terminal voltage of the capacitor reaches the value U_2 from the start of the discharge (s).

6.1.4.3 Energy conversion method (measurement method 1B)

The capacitance C of a capacitor shall be calculated with the following formula:

$$C = \frac{2W}{U_1^2 - U_2^2}$$

where

C is the capacitance of the capacitor (F);

W is the total discharged energy (J) obtained by integrating the discharge energy (J) for each set sampling interval from the measured start voltage U_1 to the measured end voltage U_2 ;

U_1 is the measured start voltage (V);

U_2 is the measured end voltage (V).

6.1.5 Calculation methods for internal resistance

6.1.5.1 General

The internal resistance shall be calculated by the least square internal resistance calculation method or the intersection line internal resistance calculation method.

6.1.5.2 Intersection line internal resistance calculation method (measurement method 1A)

The internal resistance R of a capacitor shall be calculated with the following formula:

$$R = \frac{\Delta U_3}{I_d}$$

where

R is the internal resistance of the capacitor (Ω);

I_d is the discharge current (A);

ΔU_3 is the voltage drop (V).

NOTE The voltage drop is read by drawing an auxiliary line while extending the straight part of the time-varying voltages between the capacitor terminals obtained from the voltage recorder shown in Figure 2.

6.1.5.3 Least square internal resistance calculation method (measurement method 1B)

The internal resistance R of a capacitor shall be calculated by the following formula:

$$R = \frac{\Delta U_3}{I_d}$$

where

R is the internal resistance of the capacitor (Ω);

I_d is the discharge current (A);

ΔU_3 is the voltage drop (V).

Apply the straight-line approximation to the voltage drop characteristics from the calculation start voltage (U_1) to the calculation end voltage (U_2) by using the least squares method. Obtain the intercept (voltage value) of the straight-line at the discharge start time. ΔU_3 is the difference of voltages (V) between the intercept voltage value and the set value of constant voltage charging (V).

6.1.6 Conditions to be prescribed in the detail specification

The detail specification shall state:

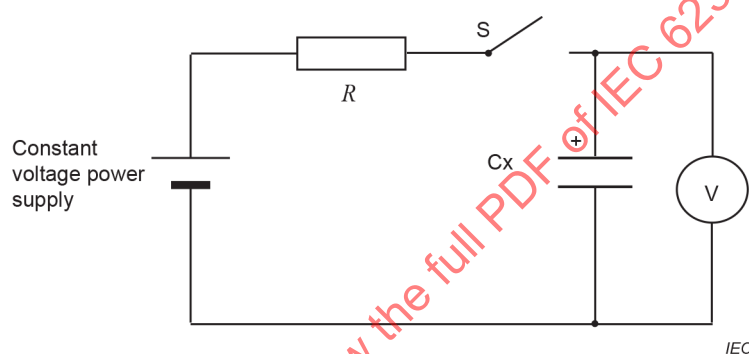
- the classification of method;
- the applied voltage other than the rated voltage;
- charging time other than 30 min (see Table 1) or 5 min (see Table 2);
- constant current discharge value other than that in Table 1 or Table 2;
- U_1 and U_2 at the time of discharge voltage drop other than those in Table 1 or Table 2.

6.2 Measurement method 2 for capacitance and internal resistance

6.2.1 Constant resistance charging method for capacitance measurement

6.2.1.1 Measurement circuit

Measurements shall be carried out using the measurement circuit shown in Figure 3.



Key

- R series resistance
- S switch
- $\textcircled{V}$ DC voltmeter
- C_x capacitor under test

Figure 3 – Circuit for constant resistance charging method

6.2.1.2 Measurement method

The measurement procedure shall be as follows:

- prior to measurement, short-circuit between capacitor terminals for 30 min or more to ensure discharge sufficiently;
- set the value of R in such a way that the time constant τ settles at 60 s to 120 s;
- measure the time constant τ when DC voltage U_R is applied, and calculate the capacitance value with the following formula:

$$C = \frac{\tau}{R}$$

where

C is the capacitance (F);

τ is the time constant: charging time up to $0,632 \times U_R$ (s);

R is the series resistance (Ω).

6.2.1.3 Conditions to be prescribed in the detail specification

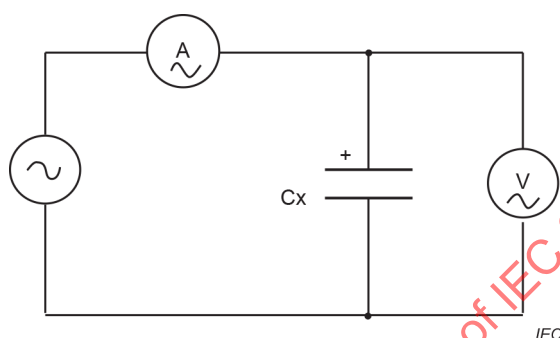
The detail specification shall prescribe:

- the applied voltage other than the rated voltage;
- the series resistance R when the time constant is other than 60 s to 120 s.

6.2.2 AC internal resistance measurement method

6.2.2.1 Measuring circuit

Measurements shall be carried out using the measuring circuit shown in Figure 4.



Key



oscillator



AC ammeter



AC voltmeter

Cx capacitor under test

Figure 4 – Circuit for AC resistance method

6.2.2.2 Measurement method

The measurement procedure shall be as follows:

- the measuring frequency shall be 1 kHz;
- the AC current shall be from 1 mA to 10 mA;
- the internal resistance R_a of a capacitor shall be calculated by the following formula:

$$R_a = \frac{U}{I}$$

where

R_a is the AC internal resistance (Ω);

U is the root-mean-square value of AC voltage (V);

I is the root-mean-square value of AC current (A).

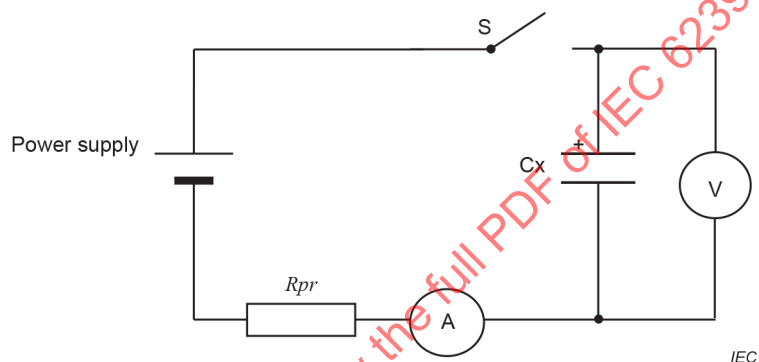
6.3 Leakage current

6.3.1 Measurement method

Measurements shall be carried out using the measuring circuit shown in Figure 5.

The measurement procedure shall be as follows.

- Before this measurement is carried out, the capacitors shall be fully discharged. The discharge procedure shall take 1 h to 24 h and shall be specified in the detail specification.
- The leakage current shall be measured, unless otherwise prescribed in the detail specification, using the direct voltage (U_R) appropriate to the test temperature. The maximum charging time is 30 min to reach 95 % of the used voltage level. The exposure time at direct voltage shall be selected from a series of 0,5 h, 1 h, 2 h, 4 h, 8 h, 12 h, 24 h or 48 h and shall be specified in the detail specification (see Figure 6).
- The leakage current is measured according to the ammeter reading after the specified exposure time has elapsed.
- A stabilized regulated power supply shall be used.
- Unless otherwise specified in the detail specification, apply the voltage to a capacitor through a protective resistor of 1 000 Ω or less. When using a protective resistor, the voltage across the capacitor at the moment of measuring the leakage current shall be 95 % or more of the level of the used voltage.



Key

R_{pr}	protective resistance
S	switch
	DC voltmeter
	DC ammeter
Cx	capacitor under test

Figure 5 – Circuit for measuring leakage currents

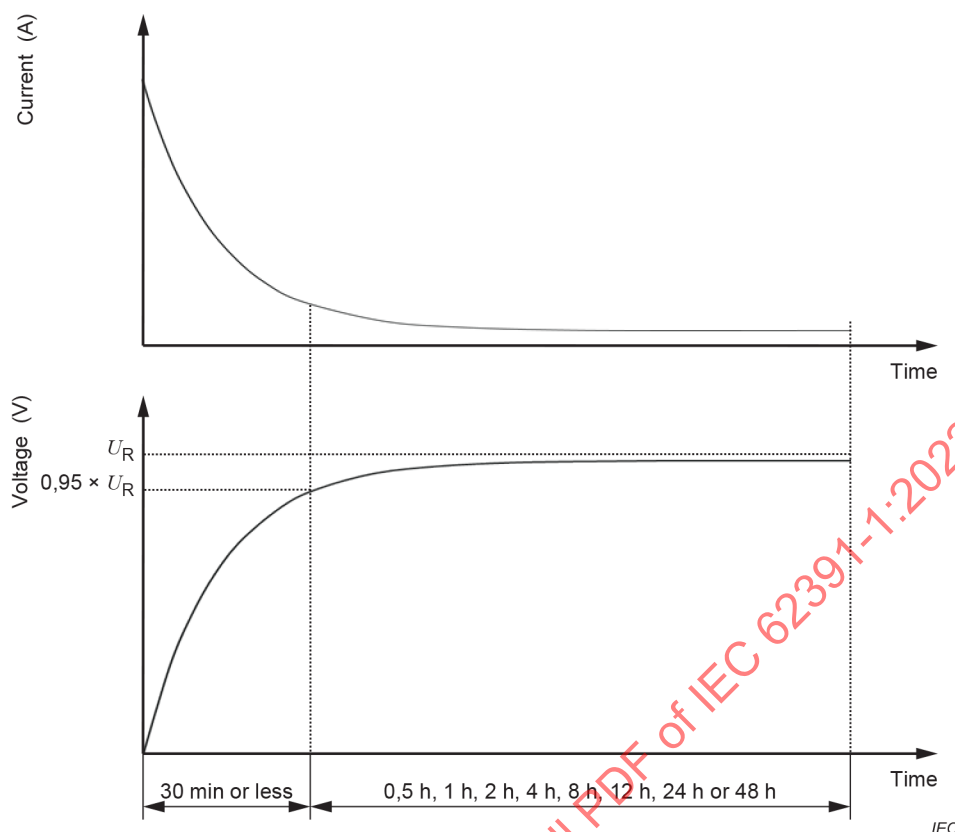


Figure 6 – Diagram of current and voltage changes at the time of measuring the leakage current

6.3.2 Items to be specified in the detail specification

The detail specification shall specify the following items:

- the leakage current limit at a reference temperature of 20 °C, and at other specified temperatures;
- 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;
- the electrification time;
- the resistance value of protective resistors other than 1 000 Ω ;
- the discharge duration.

6.4 Maintain voltage

6.4.1 Measurement method

The measurement method shall be as follows (see Figure 7).

- Before this measurement is carried out, the capacitors shall be fully discharged. The discharge procedure shall take 1 h to 24 h and shall be specified in the detail specification.
- Apply the rated voltage U_R directly to the capacitor terminals, without using a protective resistor. Unless otherwise specified by the detail specifications, the charging time shall be 8 h, including maximum 30 min charge-up time to reach 95 % of the applied voltage.
- Disconnect the capacitor terminals from the voltage source. Unless otherwise specified in the detail specification, the capacitor shall be kept under standard conditions for 16 h, 24 h, 48 h or 96 h.
- The internal resistance of the DC voltmeter used shall be 1 M Ω or higher.

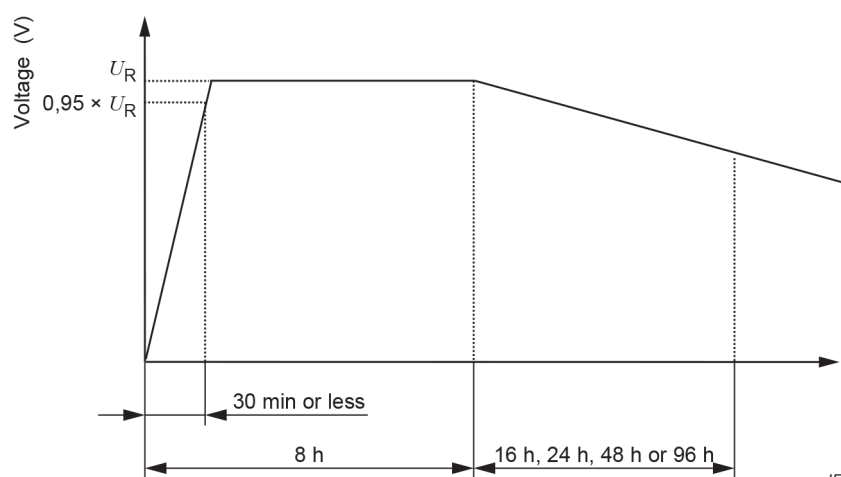


Figure 7 – Maintain voltage test diagram

6.4.2 Calculation of voltage maintenance rate

The voltage maintenance rate A shall be calculated by the following formula:

$$A = \frac{U_{\text{end}}}{U_R} \times 100$$

where

A is the voltage maintenance rate (%);

U_{end} is the voltage between open capacitor terminals after 16 h, 24 h, 48 h or 96 h have elapsed (V);

U_R is the rated voltage (V).

6.4.3 Conditions to be stated in the detail specification

The detail specification shall state:

- the discharge duration;
- an applied voltage other than the rated voltage;
- a charging time other than 8 h;
- the time period between disconnecting the capacitor from the charging voltage and the measurement.

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.

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 prescribed.

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

7.1.3 Dimensions (detail)

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

7.2 Robustness of terminations

7.2.1 Test Ua1 – Tensile

The capacitors shall be subjected to IEC 60068-2-21, Test Ua1, as applicable.

The force applied shall be:

- for terminations other than wire terminations: 20 N;
- for wire terminations: see Table 3.

Table 3 – Tensile force

Nominal cross-sectional area (S) ^a	Corresponding diameter (d) for circular section wires	Force with tolerance of ± 10 %
mm ²	mm	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 detail 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 detail specification.

7.2.2 Test Ub – Bending (half of the sample)

The capacitors shall be subjected to IEC 60068-2-21, Test Ub, as applicable.

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.

7.2.3 Test Uc – Torsion (remaining sample)

The capacitors shall be subjected to IEC 60068-2-21, Test Uc, as applicable.

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.

7.2.4 Test Ud – Torque (for terminations with threaded studs or screws and for integral mounting devices)

The capacitors shall be subjected to IEC 60068-2-21, Test Ud, as applicable.

The degree of severity to be used shall be specified in the detail specification (see Table 4).

Table 4 – Torque

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

7.2.5 Visual examination

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

7.3 Vibration

7.3.1 Initial measurement

The measurements prescribed in the detail specification shall be made.

7.3.2 Test

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

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 contact, or open- or short-circuits.

The method of measurement shall be stated 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.

7.3.3 Final measurement and requirements

After the test, the capacitors shall be visually examined. There shall be no visible damage. When capacitors are tested as specified in 7.3.2, the requirements shall be stated in the detail specification.

The measurements stated in the detail specification shall then be made.

8 Environmental and climatic tests

8.1 Rapid change of temperature

8.1.1 Initial measurement

The measurements stated in the detail specification shall be made.

8.1.2 Test

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

8.1.3 Final inspection, measurements and requirements

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

8.2 Damp heat, steady state

8.2.1 Initial measurement

The measurements stated in the detail specification shall be made.

8.2.2 Test

The capacitors shall be subjected to Test Cab of IEC 60068-2-78, using the degree of severity corresponding to the detail specification.

8.2.3 Final measurement

The measurements stated in the detail specification shall then be made.

8.3 Endurance

8.3.1 Initial measurements

The measurements stated in the detail specification shall be made.

8.3.2 Test

8.3.2.1 General

IEC 60068-2-2:2007, Test Bb, shall be applied with the following exceptions:

- capacitors may be inserted in the test chamber at any temperature between room ambient temperature and the specified test temperature;
- a specified voltage shall be applied to the capacitor during the test, but the voltage shall not be applied to the capacitor before it has reached the chamber temperature.

The capacitors shall be placed in the test chamber in such way that no capacitor is located within 5 mm of any other capacitor.

8.3.2.2 Test conditions

The test conditions shall be as follows:

- a) applied voltage: rated voltage;
- b) test temperature: upper category temperature;
- c) test duration: 1 000 h or as specified in the detail specification.

8.3.3 Final measurement, inspection and requirements

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

The capacitors shall then be visually examined.

The measurements prescribed in the detail specification shall then be carried out. A capacitor shall be considered to have failed when the requirements of the detail specification during or at the end of the test are not satisfied.

8.4 Characteristics at high and low temperature

8.4.1 General

The capacitors shall be subjected to the procedures of the dry heat and cold tests (8.4.3 and 8.4.4 respectively) with the following details.

8.4.2 Test procedure

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 stated in the detail specification.

The measurements stated in the detail specification shall be made.

8.4.3 Dry heat

The capacitors shall be subjected to IEC 60068-2-2:2007, Test Bb, using the degree of severity of the upper category temperature, for either a period of 2 h or more after thermal stability has been reached, or as stated in the detail specification (see Annex C).

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

8.4.4 Cold

The capacitors shall be subjected to IEC 60068-2-1:2007, Test Ab, using the degree of severity of the lower category temperature, for either a period of 2 h or more after thermal stability has been reached, or as stated in the detail specification (see Annex C).

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

8.4.5 Final measurement and requirements

The capacitors shall not exceed the limits stated in the detail specification.

9 Tests related to component assembly

9.1 Resistance to soldering heat

9.1.1 Preconditioning and initial measurement

When stated in the detail specification, the capacitors shall be dried using the method of 5.3.

The capacitors shall be measured as stated in the detail specification.

9.1.2 Test

Unless otherwise stated in the detail specification, one of the following tests as set out in the specifications cited in a), b) and c) below shall be applied.

The test conditions shall be defined in the detail specification.

- a) For all capacitors except those of item b) and c): 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, method 2 (reflow) or method 1 (solder bath).

9.1.3 Recovery

The period of recovery shall, unless otherwise specified by the detail specification, 2 h or more (see Annex C).

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 as stated in the detail specification and shall meet the requirements.

Surface mount capacitors shall be visually examined and measured and shall meet the requirements stated in the detail specification.

9.2 Solderability

9.2.1 General

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

9.2.2 Preconditioning

The detail specification shall prescribe 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 detail specification, the test shall be carried out with non-activated flux.

9.2.3 Capacitors with leads

9.2.3.1 General

Capacitors shall be subjected to Test Ta of IEC 60068-2-20 either using the method 1 (solder bath method), or method 2 (soldering iron method) as stated in the detail specification.

When the method 1 (solder bath method) is specified, the following requirements apply.

9.2.3.2 Test conditions

Unless otherwise stated in the detail specification, one of the following tests as set out in the specifications cited in a) and b) below shall be applied.

The test conditions shall be defined in the detail specification.

- a) For all capacitors except those of item b):

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

Depth of immersion (from the seating plane or component body): $2_{-0,5}^0$ 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 IEC 60068-2-69 is applicable only when stated in the detail specification or when agreed upon between the manufacturer and the customer.

- 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 Ta, method 1 (solder bath).

Depth of immersion (from the seating plane or component body): $3,5_{-0,5}^0$ mm;

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

9.2.3.3 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.

9.2.4 Surface mount capacitors

9.2.4.1 General

Capacitors shall be tested in accordance with Test Td of IEC 60068-2-58. The detail specification shall state the severity and attitude to be used for wetting, dewetting or resistance to dissolution of metallization.

The detail specification shall also indicate the specific areas of the specimen to be examined after wetting.

9.2.4.2 Final inspection, measurements and requirements

The surface mount capacitors shall meet the requirements as prescribed in the detail specification.

9.3 Component solvent resistance

9.3.1 Initial measurements

The measurements stated in the detail specification shall be made.

9.3.2 Test

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

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

9.3.3 Requirements

The measurements stated in the detail specification shall then be carried out and the specified requirements shall be met.

9.4 Solvent resistance of marking

9.4.1 Test

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

- a) solvent to be used: 2-propanol (IEC 60068-2-45:1980/AMD1:1993, 3.1.2);
- b) solvent temperature: $23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$;
- c) conditioning: method 1 (with rubbing);
- d) rubbing material: cotton wool;
- e) recovery time: not applicable, unless otherwise stated in the detail specification.

9.4.2 Requirements

After the test, the marking shall be legible.

10 Tests related to safety

10.1 Passive flammability

10.1.1 Test procedure

The capacitors shall be tested in accordance with the following procedure.

- a) The test shall be carried out in accordance with IEC 60695-11-5.
- b) 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 only be exposed once to the flame.
- c) 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 the time of exposure to flame and burning time, see Table 5. If applicable, the detail specification shall specify the category of passive flammability.

10.1.2 Requirements

The burning time of any specimen shall not exceed the time specified in Table 5.

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

Table 5 – Severities and requirements

Category of flammability	Severities				Maximum burning time
	Flame exposure time for capacitor volume ranges ^a				
	s				
	volume ≤ 250 mm ³	250 mm ³ < volume ≤ 500 mm ³	500 mm ³ < volume ≤ 1 750 mm ³	1 750 mm ³ < volume ≤ 12 000 mm ³	
A	15	30	60	120	3
B	10	20	30	60	10
C	5	10	20	30	30

^a Capacitors with volumes above 12 000 mm³ can be tested in accordance with IEC 60695-2-11 (test temperature 750 °C); a flammability test of the capacitor is not required if self-extinguishing materials with a minimum Glow-Wire Flammability Index (GWFI) of 750 °C are used, or as specified in the relevant specification.

10.2 Pressure relief (if applicable)

10.2.1 Test

Unless otherwise specified in the detail specification, DC voltage of an amplitude necessary to produce a current of 10 mA/F or more shall be applied to the capacitor in the forward direction.

10.2.2 Requirements

The pressure relief device shall open in such a way as to avoid any danger of explosion or fire.

11 Quality assessment procedures

See Annex Q.

Annex A (normative)

Classification according to capacitance and internal resistance

A.1 General

This annex describes classification of the capacitor, according to the capacitance value and internal resistance value depending upon the application.

A.2 Classification by capacitance and internal resistance

Measurements of capacitance and internal resistance by the constant current discharge method and the DC resistance method require lengthy measuring times depending on the product ratings, provided that the measuring conditions are standardized with the specificity of these measuring methods. Therefore, it is necessary to select efficient measuring conditions. For this reason, the following application classification into five measuring conditions has been considered (see Figure A.1).

In the meantime, it has been suggested that the same discharge current condition can be appropriate for capacitance and internal resistance for every application of the five classes. However, classification was made in terms of accuracy in measurement. The same measuring conditions may be used for capacitance and internal resistance within the scope of the capacitors for which accurate measurements can be obtained.

Class 1 (memory backup)

This class is suitable for those capacitors that are mainly used for RAM memory backup with a magnitude of discharge current from nA to μ A. The characteristics of the capacitors for this application have relatively low capacitance and high internal resistance.

Class 2 (energy storage)

This class is suitable for those energy storage capacitors that mainly require a long operating times with a magnitude of discharge current from mA to A. The capacitors for this application have high capacitance without any consideration of internal resistance. This class handles higher internal resistances compared to the power applications in class 3.

Class 3 (power)

This class is suitable for capacitors that are mainly used for driving motors, requiring power with a magnitude of discharge current from mA to A. The characteristics of the capacitors for this application have relatively high capacitance and low internal resistance.

Class 4 (instantaneous power)

This class is suitable for applications that require instantaneous power (relatively large current) even with a short operating time. The capacitors for this application have low capacitance and low internal resistance.

Class 5 (high power)

This class is suitable for applications (i.e. automotive and railway) that require high power (relatively large current) with heavy-duty charge/discharge cycles. The capacitors for this

application have a higher capacitance value and a lower internal resistance value compared to class 3 capacitors.

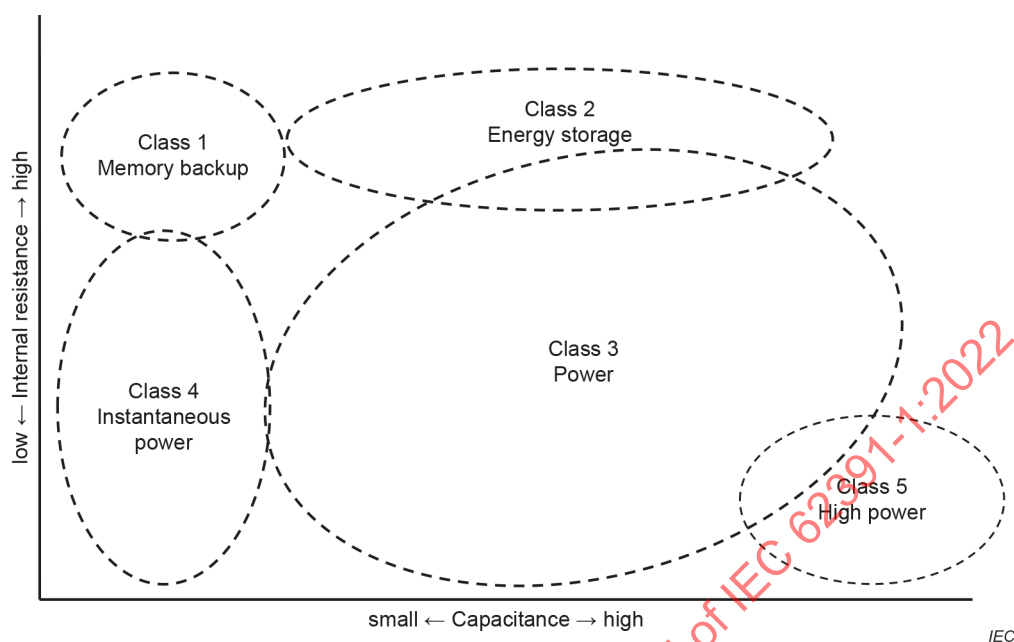


Figure A.1 – Conceptual rendering orientated by characteristics in each classification

Unless otherwise specified in the detail specifications, electrical performance and measurement methods should be selected in accordance with Table A.1, depending on the class related to the application.

Table A.1 – Electrical performance and measurement method by class

Measurement items		Sub clause No.	Class				
			Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5
Capacitance	Constant current discharge method 1A	6.1.4.2	A	A	A	A	C
	Constant current discharge method 1B	6.1.4.3	C	C	B	B	A
	Constant resistance charging method	6.2.1	B	B	B	B	C
Internal resistance	DC resistance method 1A	6.1.5.2	C	A	A	A	C
	DC resistance method 1B	6.1.5.3	C	B	B	B	A
	AC resistance method	6.2.2	A	B	B	B	C
Leakage current		6.3	C	C	C	C	C
Maintain voltage		6.4	A	C	C	C	C
Selection classification A: use as a standard method; B: use as a simplified method; C: use when necessary. Selection classification shall be specified in the detail specification. For capacitance, see Annex B.							

Annex B (informative)

Measurement method of capacitance and low resistance by low frequency AC method (reference)

B.1 General

This method is suitable for capacitors with relatively low internal resistance, and can be used as a shortcut method to reduce the measuring time.

B.2 Measurement system

The measurement system includes the components in Figure B.1. If the capacitance can be measured at a low frequency, an alternative system may be used, as follows:

- a) generate a sinusoidal voltage at the specified frequency with a frequency response analyzer and apply the voltage to a capacitor via a potentiostat (a device to automatically keep the electrode potential constant);
- b) detect the current that flows through the capacitor with a potentiostat, and convert it into a voltage value to return it to the frequency analyser;
- c) obtain the impedance $|Z|$ and phase angle φ from the voltage and current of the capacitor to be measured.



Figure B.1 – Capacitance measurement system by the low frequency AC method

B.3 Calculation of capacitance

The calculation of capacitance shall be as follows.

- a) Calculate the reactance X with the following formula:

$$X = |Z| \times \sin \varphi \quad (\text{B.1})$$

where

X is the reactance (Ω);

$|Z|$ is the impedance (Ω);

φ is the phase angle.

- b) Use the calculated reactance to calculate the capacitance C of the capacitor with the following formula:

$$C = \frac{1}{2\pi f X} \quad (\text{B.2})$$

where

C is the capacitance (F);

π is the circle ratio;

f is the measuring frequency (Hz).

B.4 Measurement conditions

The measurement conditions shall be as follows:

- a) use one of these measuring frequencies: 0,05 Hz, 0,1 Hz, 1 Hz, 10 Hz or 100 Hz;
- b) the measurement voltage shall be 3 % or less of the rated voltage;
- c) the bias voltage shall be 50 % to 95 % of the rated voltage; if no doubt arises with respect to judgment, the bias voltage may be omitted.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62391-1:2022

Annex C (informative)

Thermal equilibrium time of capacitors

C.1 General

This annex describes the thermal equilibrium time of capacitors, as a reference in determining the soaking time for pre-treatment.

C.2 Thermal equilibrium time of capacitors

Presuming that the thermal equilibrium time, which is the time required for the central portion of a capacitor to reach a temperature difference within 1 °C of the external temperature, is dependent on the external dimensions of the capacitor, the temperature changes in the central portions of the capacitors were verified.

The resultant data were obtained by verifying the thermal equilibrium time of the central portions of capacitors that were subjected to a certain environmental temperature. As a result, it was observed that the equilibrium time was proportional to the magnitudes of the external dimensions, such as diameter for cylindrical capacitors and thickness (thinnest side) for cubic capacitors. Figure C.1 shows the thermal equilibrium times of the capacitors when soaked to normal room temperature from a high temperature. Figure C.2 shows the thermal equilibrium time of the capacitors when soaked to normal room temperature from a low temperature. In these figures, the dotted straight lines indicate the presumed longest thermal equilibrium time. It is advisable to use these dotted straight lines as soaking time for pre-conditioning. Figure C.3 shows the actual measured temperature changes in the capacitors' central portions.

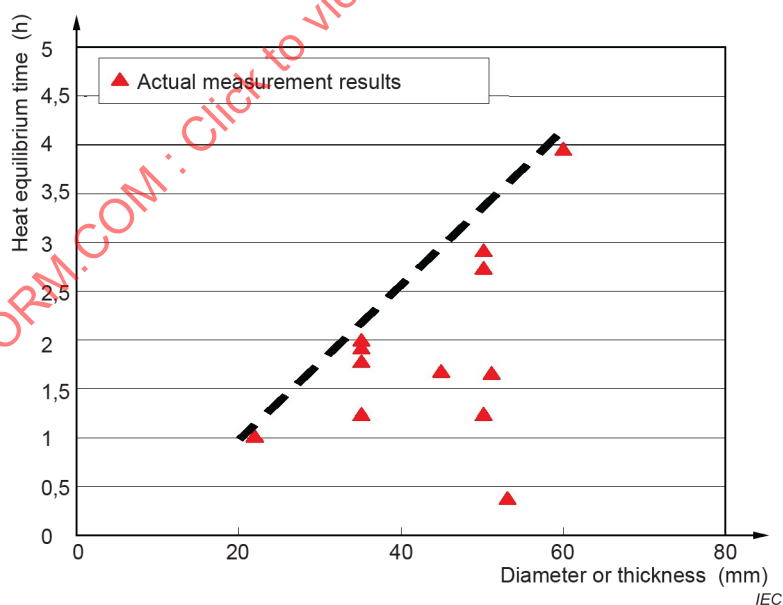


Figure C.1 – Thermal equilibrium times of capacitors (from 85 °C to 25 °C)

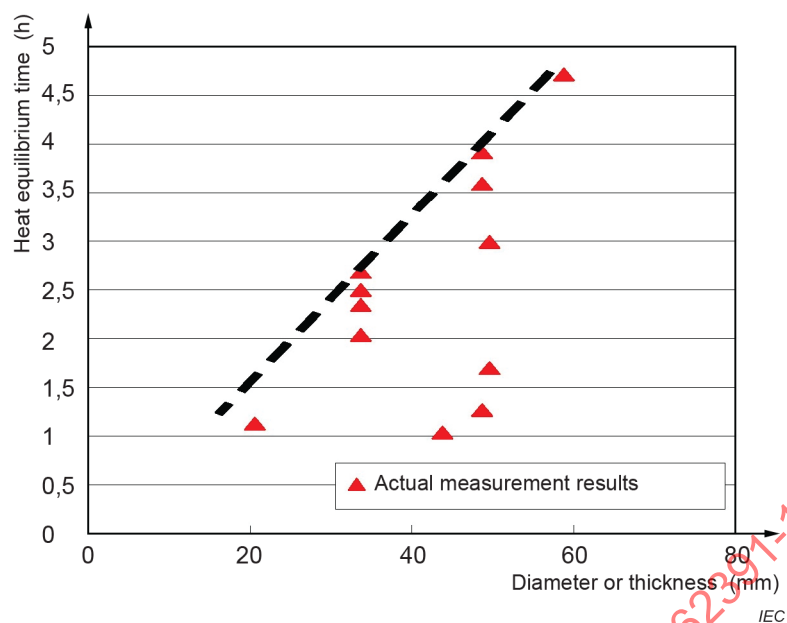


Figure C.2 – Thermal equilibrium times of capacitors (from $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $25\text{ }^{\circ}\text{C}$)

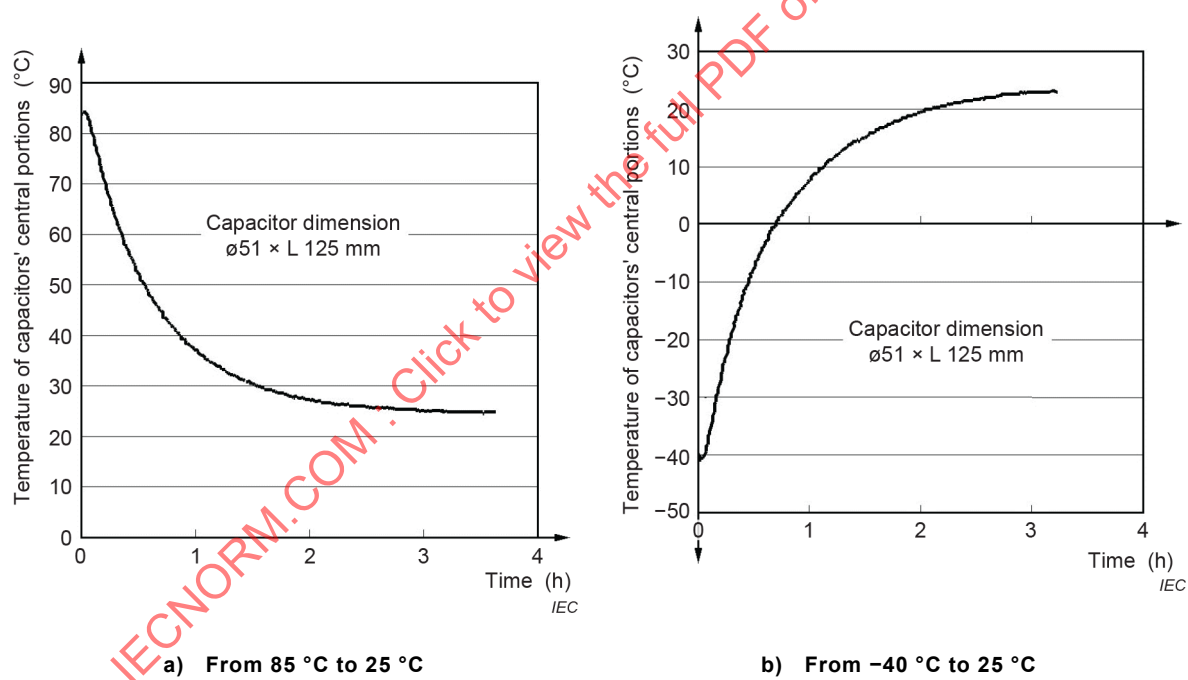


Figure C.3 – Capacitor core temperature change with respect to time

Annex D (informative)

Charging/discharging efficiency and measurement current

D.1 General

This annex describes the general concept regarding the charging and discharging efficiency and measurement current, which are specified in 6.1.3.

D.2 Charging efficiency, discharging efficiency, and current

D.2.1 Calculation assuming full charge and discharge

Charge Q after charging or discharging for time t at a constant current I , stored energy W , and energy L lost by resistance R are given by Formulas (D.1), (D.2), and (D.3).

$$Q = It \quad (D.1)$$

$$W = \frac{Q^2}{2C} \quad (D.2)$$

$$L = I^2 R t = \frac{RQ^2}{t} \quad (D.3)$$

When a capacitor is charged or discharged to its full capacity at a constant current according to Formula (D.2) or (D.3), respectively, the energy efficiency P_c for charging or P_d for discharging is given by Formula (D.4) or (D.5), respectively, where R is the internal resistance and C is the capacitance of the capacitor.

$$P_c = \frac{W}{W + L} = \frac{t}{t + 2RC} \quad (D.4)$$

$$P_d = \frac{W - L}{W} = 1 - \frac{2RC}{t} \quad (D.5)$$

In this document, the efficiency for charging or discharging is proposed as 95 % after considering the exothermal effect and the time consumption for the measurement. The time t required for charging at 95 % efficiency is given by Formula (D.6) derived from Formula (D.4).

$$t = 38RC \quad (D.6)$$

Charge Q stored in a capacitor is given as a product of capacitance C and charging voltage U , thus leading to Formula (D.7). Current I_c for 95 % charging is given by Formula (D.8) derived from Formulas (D.1), (D.6), and (D.7).

$$Q = CU \quad (D.7)$$

$$I_c = \frac{U}{38R} \quad (D.8)$$

Similarly, the time t needed for 95 % discharging is given by Formula (D.9) derived from Formula (D.5), and the current I_d needed for 95 % discharging is given by Formula (D.10).

$$t = 40RC \quad (D.9)$$

$$I_d = \frac{U}{40R} \quad (D.10)$$

Formulas (D.8) and (D.10) are suggested for determining the value of the current for the charging or discharging test. Once the value of the charging/discharging current is determined, the maximum output at the target efficiency can be calculated.

D.2.2 Calculation assuming incomplete charging and discharging due to internal resistance

D.2.2.1 Constant current charging

Immediately before the charging process, at the time $t_0 = 0$, the capacitor is completely discharged ($U_0 = 0$ V). Under this condition, the electrostatically stored energy at pure capacitance C (in reference to ground potential $U_{\text{gnd}} = 0$ V) is:

$$W_0 = \frac{C}{2} U_0^2 = 0 \quad (\text{corresponding charge } Q_0 = 0) \quad (D.11)$$

At constant current charging with current I , the ESR, denoted as R , causes an ohmic power loss of

$$P = I^2 R \quad (D.12)$$

For the charging the upper voltage limit of the constant current source is set to U_R . As soon as U_R is measured at the sense input, the charging stops, and the current is set to 0 A at the drive output. Immediately after the charging process, at the time t_1 , the capacitor will not be fully charged owing to the internal resistance. The charge stored at the capacitor's inner interface is Q_1 . Electrostatically stored energy under these conditions is

$$W_1 = \frac{C}{2} (U_R - IR)^2 = \frac{Q_1^2}{2C} \quad (D.13)$$

The ohmic loss at internal resistance, which occurs during the charging process, is

$$\Delta W_1 = \frac{\Delta Q^2}{\Delta t} R = \frac{Q_1^2}{t_1} R \quad (D.14)$$

The energy difference $\Delta W_c = [W_1 - W_0]$ at the pure capacitance, i.e. stored energy, is

$$\Delta W_c = \frac{C}{2} U_1^2 = \frac{Q_1^2}{2C} \quad (D.15)$$

The total transferred energy from the current source onto the capacitor is

$$\Delta W_T = \Delta W_c + \Delta W_l \quad (D.16)$$

The ratio between ΔW_c and ΔW_T provides the charging efficiency

$$P_c = \frac{\Delta W_c}{\Delta W_c + \Delta W_l} = \frac{1}{1 + \frac{CR}{t_1}} \quad (D.17)$$

Equation (D.17) allows the calculation of the charging time

$$t_1 = \frac{2P_c}{1 - P_c} RC \quad (D.18)$$

With $dt I = C dU$, charging current is calculated as

$$I = C \frac{U_R - IR}{t_1} \quad (D.19)$$

Substituting equation (D.18) into (D.19) yields the charging current I as function of P_c

$$I = \frac{U_R}{R} \frac{1}{\left(\frac{2P_c}{1 - P_c} + 1 \right)} \quad (D.20)$$

The electric current necessary to charge the capacitor with a 95 % energy efficiency, i.e. $P_c = 0,95$, is

$$I = \frac{U_R}{R} \frac{1}{39} \quad (D.21)$$

D.2.2.2 Constant current discharging

Immediately before the discharging, at the time $t_0 = 0$, the capacitor holds a voltage of $U_0 (= U_R)$. The corresponding condensed charge at the capacitor with capacitance C is Q_0 . Under this condition, the electrostatically stored energy at pure capacitance (in reference to ground potential $U_{\text{gnd}} = 0 \text{ V}$) is

$$w_0 = \frac{C}{2} U_0^2 = \frac{Q_0^2}{2C} \quad (D.22)$$

At constant current discharge with current I , the ESR, denoted as R , causes an ohmic power loss of

$$P = I^2 R \quad (\text{D.23})$$

Immediately after the discharge process, at the time t_1 , the capacitor holds a residual voltage $U_1 = IR$. Electrostatically stored energy at pure capacitance under this condition is

$$W_1 = \frac{C}{2} U_1^2 = \frac{Q_1^2}{2C} \quad (\text{D.24})$$

The ohmic loss at internal resistance, which occurs during the discharging process, is

$$\Delta W_1 = \frac{\Delta Q^2}{t_1} R \quad (\text{D.25})$$

The energy difference due to discharge at the pure capacitance is

$$\Delta W_c = \frac{1}{2C} (Q_1^2 - Q_0^2) \quad (\text{D.26})$$

The useable energy is

$$\Delta W_U = \Delta W_c - \Delta W_1 \quad (\text{D.27})$$

The ratio $P = \frac{\Delta W_U}{\Delta W_c}$ between the usable energy and energy differences at the capacitor is

$$P = -\frac{IR - U_0}{IR + U_0} \quad (\text{D.28})$$

The above equation may now be solved for the discharge current

$$I = -\frac{U_0}{R} \frac{P-1}{P+1} \quad (\text{D.29})$$

For a discharge efficiency of 95%, i.e. $P = 0,95$, the current is

$$I = -\frac{U_R}{R} \frac{1}{39} \quad (\text{D.30})$$

Annex E (informative)

Procedures for setting the measurement current of capacitor with uncertain nominal internal resistance

E.1 General

This annex describes the current setting procedures provided in 6.1.3.

E.2 Current setting procedures for measurement of capacitor

When the nominal value of internal resistance of a capacitor is uncertain, the current for the measurement of the capacitor with 95 % charging efficiency and 95 % discharging efficiency can be set in accordance with the following procedures.

- a) Using the estimated value of the internal resistance, measure the time characteristic of the voltage between the capacitor terminals according to the procedure described in 6.1.3 and then calculate the internal resistance according to the description in 6.1.5.
- b) When the internal resistance is unpredictable, it is recommended to temporarily set the charging and discharging currents to 30 A.
- c) Using the internal resistance value calculated by step a) above, measure the time characteristic of the voltage between the capacitor terminals according to the procedure described in 6.1.3 and calculate the internal resistance according to the description in 6.1.5.
- d) Repeat the above procedures until the difference between the calculated internal resistance value and the previous value becomes less than 10 % of the previous value.

However, when ΔU_3 becomes greater than $0,1 U_R$, follow procedures a) to c) with a smaller current and then perform the measurements. When the calculated internal resistance is a negative value, follow procedures a) to c) with a larger current and then perform the measurements.

E.3 Example of a current setting procedure and parameters

Table E.1 shows an example of the steps and conditions for determining a suitable measurement current.

Table E.1 – Example of setting current for measurement of capacitor

Setting	Internal resistance value used for setting mΩ	Charging current A	Discharging current A	Calculated capacitance F	Calculated internal resistance mΩ
Step 1	1,5 (Estimated)	47,4	45,0	1 297	4,6
Step 2	4,6 (Calculated with the result of Step 1)	15,4	14,7	1 351	5,0
Step 3	5,0 (Calculated with the result of Step 2)	14,2	13,5	1 351	5,0

Annex F (informative)

Policy on uncertainty of measurement and inset limits

F.1 Objective

Specifications for electronic components give the parametric limits that define the acceptability of the component. These limits do not take into account the uncertainty of measurement caused by test and measuring equipment inaccuracies, test methods, environmental conditions and, sometimes, operator participation.

The purpose of this annex is to define policy on the calculation of measurement uncertainty and inset limits to ensure uniform implementation. The special case of outset limits is also covered.

F.2 Calculation of measurement uncertainty

The assessment of uncertainty of measurement of a performance requirement can be broken down into three stages:

- a) identification of possible error contributions;
- b) quantifying the size of each listed contribution;
- c) calculating the total uncertainty of measurement.

F.3 Policy

F.3.1 A measurement uncertainty value shall be calculated for each performance requirement which is related to qualification approval, capability approval, technology approval, process approval, screening, lot-by-lot and periodic tests, as defined by the specifications.

F.3.2 Each measurement uncertainty value shall be used to apply an inset limit, of at least this value, to the relevant specification limits, as defined in F.3.1.

F.3.3 This inset limit shall be applied in accordance with F.4.2 for qualification approval, capability approval, technology approval and process approval and F.4.3 for product audit testing.

F.3.4 Test reports and test records, compiled to show compliance with qualification approval, capability approval, screening, lot-by-lot and periodic tests as defined by the applicable specifications, shall list the uncertainty value for each performance requirement.

F.4 Calculation of inset and outset limits

F.4.1 As a fundamental principle for measurements, acceptance values should be defined as inset limits related to the specified tolerance limits, taking into account the measurement uncertainty. With this principle, it is ensured that also marginal values located within those tightened limits are always within the specification limits, and only truly conforming devices are accepted.

For auditing or verification purposes, rejection values should be defined as outset limits related to the specified tolerance limits, taking into account the measurement uncertainty. With this principle, it is ensured that also marginal values located within those extended limits are

measured to be within the specification limits, and only truly non-conforming devices are rejected.

F.4.2 For a component manufacturer, the upper specified value of a parameter being 'x', the lower specified value of the parameter being 'y' and the uncertainty of measurement being 'a', the "inset limits" for the parameter are $(x - a)$ and $(y + a)$.

F.4.3 For an audit test, the upper specified value of a parameter being 'x', the lower specified value of the parameter being 'y' and the uncertainty of measurement being 'b', the "outset limits" for the parameter are $(x + b)$ and $(y - b)$.

The smaller the uncertainty of measurement, the lower the values of 'a' and 'b' become and the closer the manufacturer's and the audit test's inset/outset limits approach the specification limits.

F.5 Examples

F.5.1 General

Setting inset limits and outset limits.

F.5.2 Example 1: Resistor measurement

Specified resistance value: $100 \Omega \pm 10 \% = 90 \Omega$ to 110Ω
 Uncertainty of measurement calculated to be: $\pm 1,2 \% = \pm 1,08 \Omega$ and $\pm 1,32 \Omega$
 Inset limits: $91,08 \Omega$ to $108,68 \Omega$
 Outset limits: $88,92 \Omega$ to $111,32 \Omega$

F.5.3 Example 2: Resistor measurement

Initial measurement $105,00 \Omega$
 Specified resistance value $< 0,5 \% = \pm 0,53 \Omega$
 $= 104,47 \Omega$ to $105,53 \Omega$
 Uncertainty of measurement calculated to be $\pm 0,1 \% = \pm 0,10 \Omega$ and $\pm 0,11 \Omega$
 Inset limits: $104,57 \Omega$ to $105,42 \Omega$
 Outset limits: $104,37 \Omega$ to $105,64 \Omega$

F.5.4 Example 3: Transistor measurement (gain)

Specified limits: $60 \leq h_{21E} \leq 80$
 Uncertainty of measurement calculated to be: 5
 Inset limits: 65 to 75
 Outset limits: 55 to 85

F.5.5 Example 4: Comparison between initial and final measurement results

Initial measurement: $102,05 \mu F$
 Specified tolerance: Variation at 1 %
 Uncertainty of measurement calculated to be 0,1 %
 Inset limits: $101,13 \mu F$ to $102,97 \mu F$
 Outset limits: $100,93 \mu F$ to $103,17 \mu F$

Annex Q (normative)

Quality assessment procedures

Q.1 General

Q.1.1 Overview

When this document and any related document are used for the purpose of a full quality assessment system, compliance with Clauses Q.5, Q.6 or Q.14 is required.

When such documents are used outside quality assessment systems for purposes such as design proving or type testing, the procedures and requirements of Q.5.1 and Q.5.3 b) may be used, but, if used, the tests and parts of tests shall be applied in the order given in the test schedules.

Before components can be qualified in accordance with the procedures of this annex, the manufacturer shall obtain the approval of his organization in accordance with the provisions of the specified quality assessment system (if any).

The methods that are available for the approval of components of assessed quality and which are covered by the following subclauses, are:

- qualification approval;
- capability approval;
- technology approval.

For a given subfamily of components, separate sectional specifications for qualification approval and capability approval are necessary and capability approval is therefore available only when a relevant sectional specification has been published.

Q.1.2 Applicability of qualification approval

Qualification approval is appropriate for a standard range of components manufactured to similar design and production processes and conforming to a published detail specification.

The programme of tests defined in the detail specification for the appropriate assessment and performance levels applies directly to the component range to be qualified, as stated in Clause Q.5 and in the relevant sectional specification.

Q.1.3 Applicability of capability approval

Q.1.3.1 General

Capability approval is appropriate when components based on common design rules are fabricated by a group of common processes. It is particularly appropriate when components are manufactured to a user's specific requirements.

Under capability approval, detail specifications fall into the three categories outlined in Q.1.3.2, Q.1.3.3 and Q.1.3.4.

Q.1.3.2 Capability qualifying components (CQCs), including process validation test vehicles

A detail specification shall be prepared for each CQC. It shall identify the purpose of the CQC and include all relevant test severities and limits.

Q.1.3.3 Standard catalogue components

When the manufacturer requires a component approved under the capability approval procedure, a capability approval detail specification complying with the blank detail specification (if any) shall be written.

Q.1.3.4 Customer-specific components

The content of the detail specification (often known as a customer detail specification (CDS)) shall be by agreement according to the specified quality assessment system (if any).

Further information on these detail specifications is given in the relevant sectional specification.

Approval is given to a manufacturing facility on the basis of validated design rules, processes and quality control procedures and the results of tests on capability qualifying components, including any process validation test vehicles. See Clause Q.6 and the relevant sectional specification for further information.

Q.1.4 Applicability of technology approval

Technology approval 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.

Q.2 Primary stage of manufacture

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

Q.3 Subcontracting

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).

The generic or sectional specification may

- forbid this subcontracting on technical grounds, or
- where it is considered necessary, include any special requirements, for example for specified successive stages to be performed by the same manufacturer, or
- permit the subcontracting unreservedly.

Q.4 Structurally similar components

The grouping of structurally similar components for qualification approval testing or for quality conformance testing under qualification approval, capability approval or technology approval shall be stated in the relevant sectional specification.

Q.5 Qualification approval procedures

Q.5.1 Eligibility for qualification approval

Qualification approval may be granted only to a manufacturer who has been granted the capacitor manufacturer's approval and, additionally, complies with the requirements of this annex. These approvals may be carried out in parallel, although qualification approval shall not be granted in advance of the capacitor manufacturer's approval.

Q.5.2 Application for qualification approval

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

Q.5.3 Test procedure for qualification approval

One of the following procedures shall be used.

- a) The manufacturer shall produce test evidence of conformance to the specification requirements on three inspection lots for lot-by-lot inspection taken in as short a time as possible, and on one lot for periodic inspection. No major changes in the manufacturing process shall be made in the period during which the inspection lots are taken.
- b) Samples shall be taken from the lots in accordance with IEC 61193-2. Normal inspection shall be used, but if the sample size gives acceptance on zero non-conformances, additional specimens shall be taken to meet the sample size requirements to give acceptance on one non-conforming item.
- c) The manufacturer shall produce test evidence to show conformance to the specification requirements on the fixed sample size test schedule given in the sectional specification.
- d) The specimens taken to form the sample shall be selected at random from current production or as agreed.
- e) For the two procedures, the sample sizes and the number of permissible non-conformances shall be of comparable order. The test conditions and requirements shall be the same.

Q.5.4 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.5.5 Maintenance of qualification approval

Qualification approval shall be maintained by regular demonstration of compliance with the requirements for quality conformance (see Q.5.6).

Q.5.6 Quality conformance inspection

The blank detail specification(s) associated with the sectional specification shall state the test schedule for quality conformance inspection. This schedule shall also specify the grouping, sampling and periodicity for the lot-by-lot and periodic inspection.

Operation of the switching rule for reduced inspection in Group C is permitted in all subgroups, except endurance.

Sampling plans and inspection levels shall be selected from those given in IEC 61193-2.

If required, more than one schedule may be specified.

Q.6 Capability approval procedures

Q.6.1 General

Capability approval covers

- the complete design, material preparation and manufacturing techniques, including control procedures and tests;
- the performance limits claimed for the processes and products, that is, those specified for the capability qualifying components (CQCs) and process control parameters (PCPs);
- the range of mechanical structures for which approval is granted.

For a general overview of capability approval, see Figure Q.1.

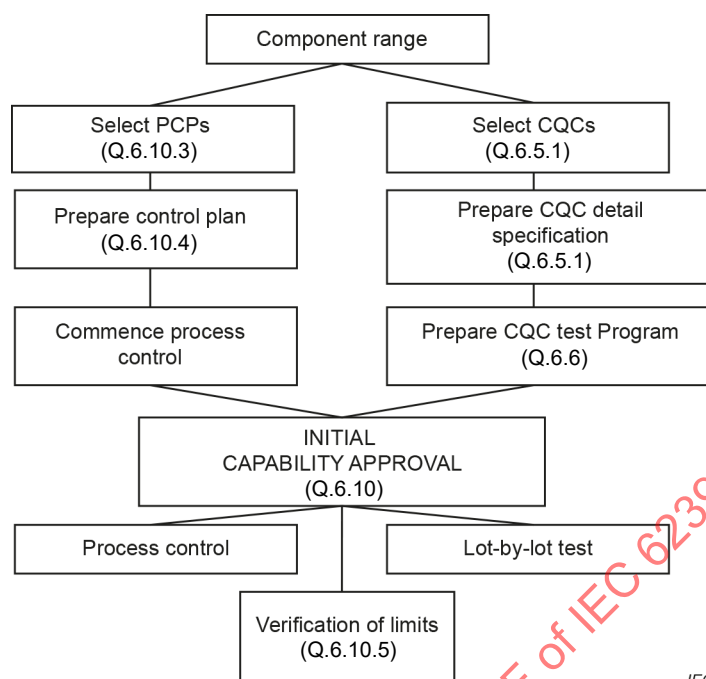


Figure Q.1 – General scheme for capability approval

Q.6.2 Eligibility for capability approval

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

Q.6.3 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.6.4 Description of capability

The capability shall be described in a capability manual in accordance with the specified quality assessment system (if any), and the requirements of the relevant sectional specification. The manual shall include or make reference to the following as a minimum:

- a general introduction and description of the technologies involved;
- aspects of customer liaison, including provisions of design rules (if appropriate) and assistance to customers in the formulation of their requirements;
- a detailed description of the design rules to be used;
- the procedure for checking that the design rules are complied with for the relevant component technology manufactured to a detail specification;
- a list of all materials used, with reference to the corresponding purchasing specifications and goods' inward inspection specifications;
- a flow chart for the total process, showing quality control points and permitted rework loops, and containing references to all process and quality control procedures;
- a declaration of processes for which approval has been sought in accordance with the requirements of the relevant sectional specification;
- a declaration of limits for which approval has been sought in accordance with the requirements of the relevant sectional specification;

- a list of CQCs used to assess the capability, with a general description of each, supported by a detailed table showing where the declared limits of capability are demonstrated by a particular CQC design;
- a detail specification for each CQC;
- a detailed control plan including PCPs used to control processes, with a general description of each PCP and showing the relation between a given PCP and the related properties and performance of the finished component;
- guidance on the application of structural similarity in sampling for quality conformance testing.

Q.6.5 Demonstration and verification of capability

Q.6.5.1 General

The manufacturer shall demonstrate and verify the capability in accordance with the specified quality assessment system (if any), and the requirements of the relevant sectional specification with the following details:

Q.6.5.2 CQCs for demonstrating capability

The manufacturer shall agree with the CB on the process qualifying parameters and the range of capability qualifying components which are necessary to demonstrate the capability range specified in the capability manual.

The demonstration shall be made by testing the agreed range of CQCs, which shall be designed, manufactured and the process parameters controlled in accordance with the capability manual. The CQCs shall comply with the following requirements:

- a) The range of CQCs used shall represent all the limits of the declared capability. The CQCs shall be chosen to demonstrate mutually attainable combinations of limits.
- b) The CQCs shall be one of the following:
 - components specially designed to demonstrate a combination of limits of capability, or
 - components of designs used in general production, or
 - a combination of both of these, provided the requirements of a) are met.

When CQCs are designed and produced solely for capability approval, the manufacturer shall use the same design rules, materials and manufacturing processes as those applied to released products.

A detail specification shall be prepared for each CQC and shall have a specific front-page format. The detail specification shall identify the purpose of the CQC and shall include all relevant stress levels and test limits. It may refer to internal control documentation, which specifies production testing and recording in order to demonstrate control and maintenance of processes and limits of capability.

Q.6.5.3 Limits of capability

The limits of capability shall be described in the relevant sectional specification.

Q.6.6 Programme for capability approval

In accordance with the specified quality assessment system (if any), the manufacturer shall prepare a programme for the assessment of the declared capability. This programme shall be so designed that each declared limit of capability is verified by an appropriate CQC.

The programme shall include the following:

- a bar chart or other means of showing the proposed timetable for the approval exercise;
- details of all the CQCs to be used with references to their detail specifications;
- a chart showing the features to be demonstrated by each CQC;
- reference to the control plans to be used for process control.

Q.6.7 Capability approval test report

In accordance with the specified quality assessment system (if any), a capability approval test report shall be issued. The report shall meet the specific requirements for the capability approval test report and shall contain the following information:

- the issue number and date of the capability manual;
- the programme for capability approval in accordance with Q.6.6;
- all the test results obtained during the performance of the programme;
- the test methods used;
- reports on actions taken in the event of failure (see Q.6.10.2).

The report shall be signed by the designated management representative (DMR) as a true statement of the results obtained and submitted to the body, designated in the national rules, which is responsible for the granting of capability approval.

Q.6.8 Abstract of description of capability

The abstract is intended for formal publication after capability approval has been granted.

The abstract shall include in the "Scope of Activity(ies)" a clear unambiguous general description for the technology or component to be covered by the approval and a clear unambiguous detailed description of the capability, methods of construction and range of products for which the manufacturer has been approved.

Q.6.9 Modifications likely to affect the capability approval

Any modifications likely to affect the capability approval shall satisfy the requirements of the specified quality assessment system (if any).

Q.6.10 Initial capability approval

Q.6.10.1 General

The approval is granted when

- the selected range of CQCs has collectively satisfied the assessment requirements of the CQC detail specifications, with no nonconforming item allowed;
- the control plan has been fully implemented in the process control system.

Q.6.10.2 Procedure in the event of failure

See the specified quality assessment system (if any), with the following details.

In the event of the failure of the specimens to meet the test requirements, the manufacturer shall state his/her intention to follow one of the actions described in a) and b) below:

- a) to modify the proposed scope of the capability;

- b) to conduct an investigation to establish the cause of failure as being either
- failure of the test itself, for example, test equipment failure or operator error, or
 - design or process failure.

If the cause of failure is established as a failure of the test itself, then either the specimen that apparently failed or a new one, if appropriate, shall be returned to the test schedule after the necessary corrective action has been taken. If a new specimen is to be used, it shall be subjected to all the tests in the given sequence of the test schedule(s) appropriate for the apparently failed specimen.

If the cause of failure is established as a design or process failure, a test programme shall be carried out to demonstrate that the cause of failure has been eradicated and that all corrective measures, including documentation, have been carried out. When this has been accomplished, the test sequences in which the failure has occurred shall be repeated in full using new CQCs.

After the action is complete, the manufacturer shall send a report, and shall include a copy in the capability approval test report (see Q.6.7).

Q.6.10.3 General plan for the selection of PCPs and CQCs

Each manufacturer shall prepare a process flow chart based on the example given in the relevant sectional specification. For all the process steps included in this flow chart, the manufacturer shall include the corresponding process controls.

Controls shall be denoted by the manufacturer as shown in the example in the relevant sectional specification.

Q.6.10.4 Process control test plans

The test plans shall form part of the process control system used by the manufacturer. When statistical process control (SPC) is used, implementation shall be in accordance with SPC basic requirements. The SPC plans represent mandatory controls at process nodes.

For each process step where production equipment is employed, the manufacturer shall monitor the process parameters at regular intervals and compare the readings to the control and action limits that it will have established.

Q.6.10.5 Test plans for CQCs demonstrating limits of capability

Test plans for CQCs for the demonstration of limits of capability shall be stated in the relevant sectional specification.

Q.6.11 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.6.12 Maintenance of capability approval

Capability approval shall be maintained by complying with the requirements of the specified quality assessment system (if any), and with the requirements declared in the capability manual following the schedule of maintenance given in the relevant sectional specification.

Additionally, the following details apply.

- a) Capability approval remains valid without retesting for two years.

- b) The programme for the retesting of CQCs shall be defined by the manufacturer. For process control, the manufacturer shall establish a control system. An example of a control programme chart may be given in the sectional specification. For verifying limits of capability, the manufacturer shall ensure that all the test plans of Q.6.10.5 that are relevant to his capability approval are repeated at least every two years.
- c) Quality conformance inspection of components for delivery may be used to support the maintenance of capability approval where relevant. In particular, where the manufacturer holds qualification approval for a range of components that are manufactured by the same processes and that also fall within the limits of capability for which he holds capability approval, process control test results and periodic quality conformance test results arising from the qualification approval may be used to support the maintenance of capability approval.
- d) The manufacturer shall ensure that the range of CQCs remains representative of the products released and in accordance with the requirements of the relevant sectional specification.
- e) The manufacturer shall maintain production, so that
 - the processes specified in the capability manual, with the exception of any agreed additions or deletions following the procedure of Q.6.9, remain unchanged,
 - no change has occurred in the place of manufacture, and final test,
 - no break exceeding six months has occurred in the manufacturer's production under capability approval.
- f) The manufacturer shall maintain a record of the progress of the maintenance of capability programme so that at any time the limits of capability that have been verified and those that are awaiting verification in the specified period can be established.

Q.6.13 Extension of capability approval

The manufacturer may extend the limits of his capability approval by carrying out the test plan from Q.6.10.5, which relates to the type of limit to be extended. If the proposed extension refers to a different type of limit from those described in Q.6.10.5, the manufacturer shall propose the sampling and tests to be used and these shall be approved. The manufacturer shall also establish process control over any new processes needed for manufacture to the new limits.

An application for an extension of capability shall be made in the same way as for the original approval.

Q.6.14 Quality conformance inspection

The quality conformance test requirements are given in the detail specification and shall be carried out in accordance with the specified quality assessment system (if any).

Q.7 Rework and repair

Q.7.1 Rework

Rework, as defined in the specified quality assessment system (if any), shall not be carried out if prohibited by the relevant sectional specification. The relevant sectional specification shall state if there is a restriction on the number of occasions that rework may take place on a specific component.

All rework shall be carried out prior to the formation of the inspection lot offered for inspection in accordance with the requirements of the detail specification.

Such rework procedures shall be fully described in the relevant documentation produced by the manufacturer and shall be carried out under the direct control of the DMR. Rework shall not be subcontracted.

Q.7.2 Repair

Components which have been repaired as defined in the specified quality assessment system (if any), shall not be released.

Q.8 Release for delivery

Q.8.1 General

Components shall be released for delivery in accordance with Q.5.6 and the specified quality assessment system (if any), after the quality conformance inspection prescribed in the detail specification has been carried out.

Q.8.2 Release for delivery under qualification approval before the completion of group B tests

When the conditions of IEC 61193-2 for changing to reduced inspection have been satisfied for all group B tests, the manufacturer is permitted to release components before the completion of such tests.

Q.9 Certified test records of released lots

When certified test records are requested by a purchaser, they shall be specified in the detail specification.

NOTE For capability approval, the certified test records refer only to tests carried out on capability qualifying components.

Q.10 Delayed delivery

Components held for a period exceeding two years (unless otherwise specified in the sectional specification) following the release of the lot shall, before delivery, be re-examined for solderability and electrical characteristics as specified in the detail specification.

The re-examination procedure adopted by the manufacturer's DMR shall be approved.

Once a lot has been satisfactorily re-inspected, its quality is reassured for the specified period.

Q.11 Alternative test methods

See the specified quality assessment system (if any), with the following details.

In case of dispute, for referee and reference purposes, only the specified methods shall be used.

Q.12 Manufacture outside the geographical limits of IECQ CBs

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

Q.13 Unchecked parameters

Only those parameters of a component that have been specified in a detail specification and that 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.

If it is necessary, for any reason, to control one or more additional parameters, then a new, more extensive specification shall be used.

The additional test method(s) shall be fully described and appropriate limits, sampling plans and inspection levels shall be specified.

Q.14 Technology approval procedures

Q.14.1 General

Technology approval of components covers the complete technological process. It extends the existing concepts – qualification and capability approval – by adding as mandatory:

- a) the use of in-process control methods, for example, SPC;
- b) continuous quality improvement strategy;
- c) monitoring the overall technologies and operations;
- d) procedural flexibility due to the quality assurance management system and market sector requirements;
- e) the acceptance of a manufacturer's operational documentation to provide means for rapid approval or extension of approval.

Q.14.2 Eligibility for technology approval

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

Q.14.3 Application of technology approval

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

Q.14.4 Description of technology

The technology shall be described in a Technology Approval Declaration Document (TADD) and a Technology Approval Schedule (TAS) in accordance with the specified quality assessment system (if any).

Q.14.5 Demonstration and verification of the technology

The manufacturer shall demonstrate and verify the technology in accordance with the specified quality assessment system (if any).

Q.14.6 Granting of technology approval

Technology approval shall be granted when the procedures in accordance with the specified quality assessment system (if any) have been completely satisfied.

Q.14.7 Maintenance of technology approval

Technology approval shall be maintained by complying with the requirements of the specified quality assessment system (if any).

Q.14.8 Quality conformance inspection

The quality conformance test and requirements shall be carried out in accordance with the detail specification and technology approval schedules.

Q.14.9 Failure rate level determination

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

Q.14.10 Outgoing quality level

The definition shall be agreed between customer and manufacturer.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62391-1:2022

Annex X (informative)

Cross-references to IEC 62391-1:2015

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 62391-1:2015 (second edition).

Table X.1 – Cross-references to the previous edition

IEC 62391-1:2015 Second edition Clause/Subclause	IEC 62391-1:20xx This edition Clause/Subclause	Notes
1	1	There are no changes
2	2	
3	3	
4	4	
4.1	4.1	
4.2	4.2	
4.3	4.3	
4.4	11	In accordance with the change of clause numbers
5	5	There are no changes
5.1	5.1	
5.2	5.2	
5.3	5.3	
5.4	7.1	In accordance with the change of clause numbers
5.5	6.1	
5.6	6.2	
5.7	6.3	
5.8	6.4	
5.9	7.2	
5.10	9.1	
5.11	9.2	
5.12	8.1	
5.13	7.3	
5.14	8.2	
5.15	8.3	
5.16	5.4	
5.17	8.4	
5.18	9.3	
5.19	9.4	
5.20	10.1	
5.21	10.2	
Annex G	Annex X	In the TC 40 capacitor standards, the annex of cross-references is lettered "X".

Bibliography

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

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary*

IEC 60068-2-47:2005, *Environmental testing – Part 2-47: Test – Mounting of specimens for vibration, impact and similar dynamic tests*

IEC 60301:2012, *Preferred diameters of wire terminations of capacitors and resistors*

IEC 60384-1:2021, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 1: Generic specification*

IEC 60617 (all parts), *Graphical symbols for diagrams*

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

IEC 61881-3:2012, *Railway applications – Rolling stock equipment – Capacitors for power electronics – Part 3: Electric double-layer capacitors*
IEC 61881-3:2012/AMD1:2013

IEC 62391-1:2015, *Fixed electric double-layer capacitors for use in electronic equipment – Part 1: Generic specification*

IEC 62391-2:2006, *Fixed electric double-layer capacitors for use in electronic equipment – Part 2: Sectional specification – Electric double-layer capacitors for power application*

IEC 62391-2-1:2006, *Fixed electric double-layer capacitors for use in electronic equipment – Part 2-1: Blank detail specification – Electric double-layer capacitors for power application – Assessment level EZ*

IEC 62576:2018, *Electric double-layer capacitors for use in hybrid electric vehicles – Test methods for electrical characteristics*

ISO 80000-1:2009, *Quantities and units – Part 1: General*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	67
1 Domaine d'application	69
2 Références normatives	69
3 Termes et définitions	70
4 Exigences générales	75
4.1 Unités et symboles.....	75
4.2 Classe et valeurs préférentielles	76
4.2.1 Généralités	76
4.2.2 Valeurs préférentielles de la capacité nominale	76
4.2.3 Classe	76
4.3 Marquage	76
4.3.1 Généralités	76
4.3.2 Codage.....	76
5 Dispositions générales relatives aux essais et procédures de mesure	76
5.1 Généralités	76
5.2 Exigences relatives aux essais et mesures	77
5.2.1 Conditions d'essai	77
5.2.2 Conditions de mesure	77
5.2.3 Traitement de la tension	77
5.2.4 Traitement thermique.....	77
5.3 Séchage	77
5.4 Stockage.....	77
5.4.1 Stockage à haute température	77
5.4.2 Stockage à basse température	78
6 Essais et mesures électriques	78
6.1 Méthode de mesure 1 pour la capacité et la résistance interne (décharge à courant constant).....	78
6.1.1 Circuit de base pour la mesure	78
6.1.2 Appareil de mesure.....	79
6.1.3 Procédure de mesure	80
6.1.4 Méthodes de calcul de la capacité	82
6.1.5 Méthodes de calcul de la résistance interne	83
6.1.6 Conditions à prescrire dans la spécification particulière	84
6.2 Méthode de mesure 2 pour la capacité et la résistance interne	85
6.2.1 Méthode de charge à résistance constante pour la mesure de la capacité.....	85
6.2.2 Méthode de mesure de la résistance à courant alternatif interne.....	86
6.3 Courant de fuite	86
6.3.1 Méthode de mesure	86
6.3.2 Eléments à indiquer dans la spécification particulière	88
6.4 Tension de maintien.....	88
6.4.1 Méthode de mesure	88
6.4.2 Calcul du taux de maintien de tension	89
6.4.3 Conditions à indiquer dans la spécification particulière	89
7 Essais et mesures mécaniques.....	89
7.1 Examen visuel et contrôle des dimensions	89
7.1.1 Examen visuel	89

7.1.2	Dimensions (calibrage)	90
7.1.3	Dimensions (détail)	90
7.2	Robustesse des sorties	90
7.2.1	Essai Ua1 – Traction	90
7.2.2	Essai Ub – Pliage (sur la moitié des échantillons)	90
7.2.3	Essai Uc – Torsion (sur l'autre moitié des échantillons)	90
7.2.4	Essai Ud – Couple (pour les bornes à vis ou à goujons filetés, et les dispositifs de montage incorporés)	91
7.2.5	Examen visuel	91
7.3	Vibrations	91
7.3.1	Mesure initiale	91
7.3.2	Essai	91
7.3.3	Mesure finale et exigences	91
8	Essais d'environnement et climatiques	92
8.1	Variation rapide de température	92
8.1.1	Mesure initiale	92
8.1.2	Essai	92
8.1.3	Mesures et inspection finales, et exigences	92
8.2	Chaleur humide, essai continu	92
8.2.1	Mesure initiale	92
8.2.2	Essai	92
8.2.3	Mesure finale	92
8.3	Endurance	92
8.3.1	Mesures initiales	92
8.3.2	Essai	92
8.3.3	Mesure et inspection finales, et exigences	93
8.4	Caractéristiques à haute et basse températures	93
8.4.1	Généralités	93
8.4.2	Procédure d'essai	93
8.4.3	Chaleur sèche	93
8.4.4	Froid	93
8.4.5	Mesure finale et exigences	93
9	Essais relatifs à l'assemblage des composants	94
9.1	Résistance à la chaleur de brasage	94
9.1.1	Préconditionnement et mesure initiale	94
9.1.2	Essai	94
9.1.3	Rétablissement	94
9.1.4	Mesures et inspection finales, et exigences	94
9.2	Brasabilité	94
9.2.1	Généralités	94
9.2.2	Préconditionnement	95
9.2.3	Condensateurs à sorties	95
9.2.4	Condensateurs pour montage en surface	95
9.3	Résistance au solvant des composants	96
9.3.1	Mesures initiales	96
9.3.2	Essai	96
9.3.3	Exigences	96
9.4	Résistance au solvant du marquage	96
9.4.1	Essai	96

9.4.2	Exigences.....	96
10	Essais relatifs à la sécurité.....	96
10.1	Inflammabilité passive.....	96
10.1.1	Procédure d'essai.....	96
10.1.2	Exigences.....	97
10.2	Décharge de pression (le cas échéant).....	97
10.2.1	Essai.....	97
10.2.2	Exigences.....	97
11	Procédures d'assurance de la qualité.....	97
Annexe A (normative) Classification en fonction des capacités et des résistances internes.....		98
A.1	Généralités.....	98
A.2	Classification en fonction de la capacité et de la résistance interne.....	98
Annexe B (informative) Méthode de mesure de capacité et de faible résistance par la méthode en courant alternatif faible fréquence (référence).....		101
B.1	Généralités.....	101
B.2	Système de mesure.....	101
B.3	Calcul de la capacité.....	101
B.4	Conditions de mesure.....	102
Annexe C (informative) Temps nécessaire aux condensateurs pour atteindre l'équilibre thermique.....		103
C.1	Généralités.....	103
C.2	Temps nécessaire aux condensateurs pour atteindre l'équilibre thermique.....	103
Annexe D (informative) Efficacité de charge/décharge et courant de mesure.....		105
D.1	Généralités.....	105
D.2	Efficacité de charge, efficacité de décharge et courant.....	105
D.2.1	Calcul prenant pour hypothèse la pleine charge et la pleine décharge.....	105
D.2.2	Calcul prenant pour hypothèse une charge et une décharge incomplètes, dues à la résistance interne.....	106
Annexe E (informative) Procédures de réglage du courant de mesure d'un condensateur avec une résistance nominale interne incertaine.....		110
E.1	Généralités.....	110
E.2	Procédures de réglage du courant pour la mesure d'un condensateur.....	110
E.3	Exemple de procédure et de paramètres de réglage de courant.....	110
Annexe F (informative) Politique sur l'incertitude de mesure et les limites strictes.....		111
F.1	Objectif.....	111
F.2	Calcul de l'incertitude de mesure.....	111
F.3	Politique.....	111
F.4	Calcul des limites strictes et larges.....	111
F.5	Exemples.....	112
F.5.1	Généralités.....	112
F.5.2	Exemple 1: Mesure de résistance.....	112
F.5.3	Exemple 2: Mesure de résistance.....	112
F.5.4	Exemple 3: Mesure de transistor (gain).....	112
F.5.5	Exemple 4: Comparaison entre résultats de mesures initiales et finales.....	112
Annexe Q (normative) Procédures d'assurance de la qualité.....		113
Q.1	Généralités.....	113
Q.1.1	Vue d'ensemble.....	113
Q.1.2	Applicabilité de l'homologation.....	113

Q.1.3	Applicabilité de l'agrément de savoir-faire	113
Q.1.4	Applicabilité de l'agrément de technologie	114
Q.2	Etape initiale de fabrication	114
Q.3	Sous-traitance	114
Q.4	Modèles associables	114
Q.5	Procédures d'homologation	115
Q.5.1	Aptitude à l'homologation	115
Q.5.2	Demande d'homologation	115
Q.5.3	Procédures d'essai pour l'homologation	115
Q.5.4	Octroi de l'homologation	115
Q.5.5	Maintien de l'homologation	115
Q.5.6	Contrôle de conformité de la qualité	115
Q.6	Procédures d'agrément de savoir-faire	116
Q.6.1	Généralités	116
Q.6.2	Aptitude à l'agrément de savoir-faire	116
Q.6.3	Demande d'agrément de savoir-faire	116
Q.6.4	Description du savoir-faire	116
Q.6.5	Démonstration et vérification de savoir-faire	117
Q.6.6	Programme d'agrément de savoir-faire	118
Q.6.7	Rapport d'essai d'agrément de savoir-faire	118
Q.6.8	Description résumée du savoir-faire	118
Q.6.9	Modifications susceptibles d'affecter l'agrément de savoir-faire	118
Q.6.10	Agrément de savoir-faire initial	119
Q.6.11	Octroi de l'agrément de savoir-faire	120
Q.6.12	Maintien de l'agrément de savoir-faire	120
Q.6.13	Extension de l'agrément de savoir-faire	121
Q.6.14	Contrôle de conformité de la qualité	121
Q.7	Retouches et réparations	121
Q.7.1	Retouches	121
Q.7.2	Réparations	121
Q.8	Acceptation pour livraison	121
Q.8.1	Généralités	121
Q.8.2	Acceptation pour livraison par homologation avant la fin des essais du groupe B	121
Q.9	Enregistrements d'essais certifiés de lots livrés	122
Q.10	Livraison différée	122
Q.11	Autres méthodes d'essai	122
Q.12	Fabrication hors des limites géographiques des organismes de certification relevant du système IECQ	122
Q.13	Paramètres non vérifiés	122
Q.14	Procédures d'agrément de technologie	122
Q.14.1	Généralités	122
Q.14.2	Aptitude à l'agrément de technologie	123
Q.14.3	Demande d'agrément de technologie	123
Q.14.4	Description de la technologie	123
Q.14.5	Démonstration et vérification de la technologie	123
Q.14.6	Octroi de l'agrément de technologie	123
Q.14.7	Maintien de l'agrément de technologie	123
Q.14.8	Contrôle de conformité de la qualité	123

Q.14.9 Détermination du niveau de taux de défaillance	123
Q.14.10 Niveau de qualité après contrôle.....	123
Annexe X (informative) Références croisées à l'IEC 62391-1:2015	124
Bibliographie.....	125
Figure 1 – Circuit de base pour la mesure.....	79
Figure 2 – Caractéristique de la tension en fonction du temps entre les bornes d'un condensateur dans la mesure de la capacité et de la résistance interne	80
Figure 3 – Circuit pour la méthode de charge à résistance constante.....	85
Figure 4 – Circuit pour la méthode de la résistance à courant alternatif	86
Figure 5 – Circuit pour la mesure des courants de fuite	87
Figure 6 – Schéma des variations de courant et de tension lors de la mesure du courant de fuite.....	88
Figure 7 – Schéma d'essai de la tension de maintien.....	89
Figure A.1 – Rendu conceptuel orienté par les caractéristiques de chaque classification.....	99
Figure B.1 – Système de mesure de la capacité par la méthode en courant alternatif faible fréquence	101
Figure C.1 – Temps nécessaire aux condensateurs pour atteindre l'équilibre thermique (passage de 85 °C à 25 °C)	103
Figure C.2 – Temps nécessaire aux condensateurs pour atteindre l'équilibre thermique (passage de -40 °C à 25 °C)	104
Figure C.3 – Variation de la température du cœur du condensateur en fonction du temps	104
Figure Q.1 – Mécanisme général d'agrément de savoir-faire.....	116
Tableau 1 – Conditions de mesure pour la méthode de mesure 1A	81
Tableau 2 – Conditions de mesure pour la méthode de mesure 1B	82
Tableau 3 – Force de traction	90
Tableau 4 – Couple.....	91
Tableau 5 – Sévérités et exigences	97
Tableau A.1 – Performances électriques et méthode de mesure par classe	100
Tableau E.1 – Exemple de réglage de courant pour la mesure d'un condensateur	110
Tableau X.1 – Références croisées à l'édition précédente	124

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

L'IEC 62391-1 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.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2015. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) Le présent document a été intégralement restructuré pour satisfaire aux Directives ISO/IEC, Partie 2. De nouvelles catégories techniques des méthodes d'essai ont été introduites, les méthodes d'essai ayant été réorganisées en fonction de ces nouvelles catégories. Les tableaux, figures et références ont été révisés en conséquence.

- b) Les formules de calcul de l'efficacité de charge/décharge de l'Annexe D ont été divisées en deux: "Calcul prenant pour hypothèse la pleine charge et la pleine décharge" et "Calcul prenant pour hypothèse une charge et une décharge incomplètes, dues à la résistance interne".

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

Projet	Rapport de vote
40/2966/FDIS	40/2976/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62391, publiées sous le titre général *Condensateurs électriques fixes à double couche utilisés dans les équipements électriques et électroniques*, se trouve sur le site web de l'IEC.

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 sous 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.

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.

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

CONDENSATEURS ÉLECTRIQUES FIXES À DOUBLE COUCHE UTILISÉS DANS LES ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES ET ÉLECTRONIQUES –

Partie 1: Spécification générique

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62391 s'applique aux condensateurs électriques fixes à double couche (appelés ci-après condensateurs) principalement utilisés dans des circuits à courant continu d'équipements électriques et électroniques.

La présente partie de l'IEC 62391 définit les termes normalisés, les procédures de contrôle et les méthodes d'essai utilisés dans les spécifications intermédiaires et particulières des composants électroniques dans le cadre de l'assurance de la qualité, ainsi qu'à d'autres fins.

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 60068-2-1:2007, *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 60068-2-14, *Essais d'environnement – Partie 2-14: Essais – Essai N: Variation de température*

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 60068-2-45:1980, *Essais d'environnement – 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 60068-2-69, *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 60294, *Mesure des dimensions d'un composant cylindrique à sorties axiales*

IEC 60695-11-5, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-5: Flamme 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 des résistances à sorties unilatérales*

IEC 61193-2, *Système d'assurance de la qualité – Partie 2: Choix et utilisation des plans d'échantillonnages pour le contrôle des composants électroniques et des boîtiers*

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>

3.1

inflammabilité active

inflammabilité (auto-allumage) causée par un réchauffement interne du composant

Note 1 à l'article: Par exemple, l'inflammabilité active peut être causée par des étincelles dues à un défaut de contact interne.

3.2

catégorie d'inflammabilité passive

catégorie donnée par la durée maximale d'inflammation après une durée d'application de flamme spécifiée

3.3

plage de températures de catégorie

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

Note 1 à l'article: Cette plage est donnée par la température de catégorie inférieure et la température de catégorie supérieure.

3.4

tension de catégorie

U_C

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

Note 1 à l'article: Ce terme n'est pas utilisé dans le document et n'est donné qu'à titre informatif.

3.5**classe**

classification du condensateur selon la valeur de la capacité et la valeur de la résistance interne en fonction de l'application

3.6**condensateur pour courant continu**

condensateur conçu essentiellement pour fonctionner sous des tensions continues

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

Note 2 à l'article: Ce terme n'est pas utilisé dans le document et n'est donné qu'à titre informatif.

3.7**famille**

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

3.8**limites strictes**

limites strictes résultant d'une tolérance appliquée aux limites spécifiées d'un paramètre pour tenir compte de toutes les grandeurs ayant une influence sur l'indication d'un instrument de mesure afin d'assurer que des dispositifs ne respectant pas les limites ne sont pas acceptés en raison des erreurs de mesure

3.9**condensateur isolé**

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

Note 1 à l'article: Ce terme n'est pas utilisé dans le document et n'est donné qu'à titre informatif.

3.10**résistance interne**

composante de la résistance dans un circuit équivalent série de la capacité et de la résistance d'un condensateur

Note 1 à l'article: La résistance interne s'exprime en ohms (Ω).

3.11**chute IR**

chute de tension entre les bornes d'un condensateur générée au début d'une décharge et quantifiée par le produit du courant de décharge et par la résistance interne du condensateur

Note 1 à l'article: Ce terme n'est pas utilisé dans le document et n'est donné qu'à titre informatif.

3.12**courant de fuite**

valeur du courant qui traverse un condensateur après une charge pendant une durée fixe

Note 1 à l'article: Le courant de fuite s'exprime en ampères (A).

Note 2 à l'article: Il correspond habituellement à la somme du courant de charge du condensateur, qui diminue de façon exponentielle avec la durée, et du courant d'obscurité (courant de fuite au sens propre du terme) du condensateur à proprement parler.

3.13**température de catégorie inférieure**

température ambiante minimale à laquelle un condensateur est conçu pour fonctionner de façon continue

3.14

tension de maintien

autodécharge

tension restant lorsqu'aucune charge n'est appliquée pendant une durée fixe après l'application d'une charge pendant une durée fixe

3.15

masse

toutes les parties fixes du condensateur

Note 1 à l'article: Ce terme n'est pas utilisé dans le document et n'est donné qu'à titre informatif.

3.16

température maximale de stockage

température ambiante maximale que le condensateur supporte sans dommage en conditions de non-fonctionnement

Note 1 à l'article: Ce terme n'est pas utilisé dans le document et n'est donné qu'à titre informatif.

[SOURCE: IEC 60384-1:2021, 3.11, modifié – La Note 1 à l'article a été ajoutée.]

3.17

température maximale d'un condensateur

température du point le plus chaud de la surface externe

Note 1 à l'article: Les sorties sont considérées comme faisant partie de la surface externe.

Note 2 à l'article: Ce terme n'est pas utilisé dans le document et n'est donné qu'à titre informatif.

3.18

appareil de mesure

instruments nécessaires pour réaliser une mesure

Note 1 à l'article: La définition indique clairement que les éléments tels que les câbles, les connecteurs, les supports, les supports de cartes et autres dispositifs de fixation utilisés conjointement avec un instrument de mesure, sont soumis aux exigences de cette politique.

3.19

température minimale de stockage

température ambiante minimale qu'il convient que le condensateur supporte sans dommage en conditions de non-fonctionnement

Note 1 à l'article: Ce terme n'est pas utilisé dans le document et n'est donné qu'à titre informatif.

3.20

température minimale d'un condensateur

température du point le plus froid de la surface externe

Note 1 à l'article: Les sorties sont considérées comme faisant partie de la surface externe.

Note 2 à l'article: Ce terme n'est pas utilisé dans le document et n'est donné qu'à titre informatif.

3.21

capacité nominale

C_N

valeur de capacité pour laquelle a été conçu le condensateur et qui est habituellement marquée sur celui-ci

3.22**limites larges**

limites élargies résultant d'une tolérance appliquée aux limites spécifiées d'un paramètre pour tenir compte de toutes les grandeurs ayant une influence sur l'indication d'un instrument de mesure afin d'assurer que des dispositifs respectant les limites ne sont pas rejetés en raison des erreurs de mesure

3.23**inflammabilité passive**

inflammabilité causée par un chauffage externe du composant

Note 1 à l'article: Par exemple, l'inflammabilité passive peut être causée par des flammes.

3.24**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: Ce terme n'est pas utilisé dans le document et n'est donné qu'à titre informatif.

3.25**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: 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, suivant le cas, la tension corrigée en fonction de la température.

Note 2 à l'article: Ce terme n'est pas utilisé dans le document et n'est donné qu'à titre informatif.

3.26**température assignée**

température ambiante maximale à laquelle la tension assignée peut être appliquée de manière continue

3.27**tension assignée**

U_R

tension continue maximale ou valeur de crête d'une tension d'impulsion qui peut être appliquée de manière continue ou répétée à un condensateur à n'importe quelle température entre la température de catégorie inférieure et la température assignée

3.28**tension inverse**

tension appliquée aux sorties du condensateur dans le sens inverse de la polarité

Note 1 à l'article: Ce terme n'est pas utilisé dans le document et n'est donné qu'à titre informatif.

3.29**modèle**

subdivision d'un type, généralement fondée sur des facteurs dimensionnels

Note 1 à l'article: Un modèle peut inclure plusieurs variantes, généralement d'ordre mécanique.

Note 2 à l'article: Ce terme n'est pas utilisé dans le document et n'est donné qu'à titre informatif.

3.30**sous-famille**

<composants électroniques> groupe de composants d'une famille, fabriqués par des méthodes technologiques similaires

3.31

condensateur pour montage en surface

condensateur fixe dont les petites dimensions et la nature ou la forme des sorties rendent approprié son montage dans des circuits hybrides et en surface des cartes imprimées

3.32

rapport de surtension

quotient de la tension instantanée maximale qui peut être appliquée aux sorties du condensateur, pour une durée spécifiée, à toute température à l'intérieur de la plage de températures de catégorie par, suivant le cas, la tension assignée ou la tension corrigée en fonction de la température

Note 1 à l'article: Le nombre de fois par heure que cette tension peut être appliquée est indiqué dans la spécification particulière.

Note 2 à l'article: Ce terme n'est pas utilisé dans le document et n'est donné qu'à titre informatif.

3.33

caractéristique de température de condensateur

variation réversible maximale de capacité qui se produit sur une plage donnée de températures à l'intérieur de la plage des températures de catégorie

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: La caractéristique de température de condensateur s'exprime normalement en pourcentage de la valeur de capacité par rapport à la température de référence de 20 °C.

Note 3 à l'article: Ce terme n'est pas utilisé dans le document et n'est donné qu'à titre informatif.

3.34

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 et la température de catégorie supérieure

Note 1 à l'article: La dépendance entre la tension et la température à des températures comprises entre la température assignée et la température de catégorie supérieure est donnée dans la spécification particulière.

3.35

échauffement

augmentation de la température du condensateur par rapport à la température ambiante résultant des pertes dans le condensateur dues au fonctionnement dans des conditions de charge et/ou de décharge

Note 1 à l'article: La température ambiante influe sur l'échauffement.

Note 2 à l'article: Ce terme n'est pas utilisé dans le document et n'est donné qu'à titre informatif.

3.36

constante de temps

produit de la résistance interne (incluant la résistance du circuit) par la capacité

Note 1 à l'article: La constante de temps s'exprime normalement en secondes.

3.37**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: Dans certains cas, des composants décrits dans plusieurs spécifications particulières peuvent être considérés comme appartenant à un même type.

[SOURCE: IEC 60384-1:2021, 3.39, modifié – La Note à l'article a été reformulée.]

3.38**incertitude de mesure**

définition des limites de la plage à l'intérieur de laquelle la valeur vraie de la mesure est censée se trouver pour le résultat enregistré avec un niveau de confiance défini

3.39**condensateur non isolé**

condensateur dont au moins une des sorties d'une section ne peut pas être portée à un potentiel différent (sans être inférieur à la tension assignée) de celui de toute surface conductrice avec laquelle le boîtier est susceptible d'entrer en contact en utilisation normale

Note 1 à l'article: Ce terme n'est pas utilisé dans le document et n'est donné qu'à titre informatif.

3.40**température de catégorie supérieure**

température ambiante maximale, incluant le chauffage intérieur, à laquelle un condensateur est conçu pour fonctionner de façon continue

[SOURCE: IEC 61881-3:2012, 3.17, modifié – La note à l'article a été supprimée.]

3.41**dommage visible**

défaut détecté lors d'un examen visuel, qui réduit l'aptitude du condensateur à l'emploi pour lequel il a été prévu

3.42**volume**

corps du condensateur sans les sorties

4 Exigences générales**4.1 Unités et symboles**

Il convient que les unités, les symboles graphiques, les symboles littéraux et la terminologie proviennent, dans la mesure du possible, des documents suivants:

- IEC 60027,
- IEC 60050,
- IEC 60617,
- ISO 80000-1.

Si d'autres éléments sont exigés, il convient qu'ils soient établis conformément aux principes énoncés dans les publications référencées ci-dessus.

4.2 Classe et valeurs préférentielles

4.2.1 Généralités

Les valeurs préférentielles appropriées à la sous-famille doivent être établies dans la spécification intermédiaire.

NOTE Il n'est pas possible de spécifier les valeurs préférentielles de la tension assignée en raison de la nature du condensateur.

4.2.2 Valeurs préférentielles de la capacité nominale

Les valeurs préférentielles de la capacité nominale doivent être issues des séries E spécifiées dans l'IEC 60063.

4.2.3 Classe

La classe du condensateur doit être déterminée en fonction de la capacité et de la résistance interne (application). Voir l'Annex A pour plus de détails.

4.3 Marquage

4.3.1 Généralités

Les critères d'identification et les autres informations à marquer sur le condensateur et/ou l'emballage doivent être indiqués dans la spécification intermédiaire.

L'ordre de priorité du marquage des petits condensateurs doit être indiqué dans la spécification particulière.

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, la méthode doit être choisie parmi celles données 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 mesures à faire 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 mesures initiales et finales.

Si les spécifications nationales d'un système d'évaluation de la qualité incluent des méthodes différentes de celles spécifiées 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 de prise en compte de l'incertitude de mesure est présenté à l'Annex F.

5.2 Exigences relatives aux essais et mesures

5.2.1 Conditions d'essai

Sauf spécification contraire, tous les essais doivent être effectués dans les conditions atmosphériques normales d'essai indiquées en 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.

5.2.2 Conditions de mesure

Sauf spécification contraire, toutes les mesures doivent être effectuées dans les conditions atmosphériques normales d'essai indiquées en 4.3 de l'IEC 60068-1:2013, avec l'exception suivante:

- température: (20 ± 2) °C.

Toutes les mesures doivent être effectuées lorsque l'équilibre thermique est atteint (voir 5.2.4).

5.2.3 Traitement de la tension

Le condensateur doit être chargé à la tension U_R et maintenu à cette tension pendant 30 min au moyen d'une source de tension en courant continu. Le condensateur doit être déchargé à l'aide d'un dispositif de décharge approprié.

5.2.4 Traitement thermique

Les condensateurs doivent être stockés à la température spécifiée en 5.2.2 pendant la durée exigée pour permettre à l'ensemble du condensateur d'atteindre cette température (équilibre thermique, voir l'Annex C).

5.3 Séchage

Sauf indication contraire dans la spécification particulière, 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 déshydratant 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 Mesure initiale

Les mesures indiquées dans la spécification particulière doivent être effectuées.

5.4.1.2 Conditions d'essai

Les condensateurs doivent être soumis à l'essai Bb de l'IEC 60068-2-2:2007, en utilisant les sévérités suivantes:

- température d'essai : température de catégorie supérieure;
- durée d'essai : (96 ± 4) h.

Les spécimens peuvent être introduits dans la chambre d'essai à n'importe quelle température, de la température du laboratoire jusqu'à la température de catégorie supérieure.

5.4.1.3 Mesure finale

Après un rétablissement d'au moins 16 h, les mesures indiquées dans la spécification particulière doivent être effectuées.

5.4.2 Stockage à basse température

5.4.2.1 Mesure initiale

Les mesures indiquées dans la spécification particulière doivent être effectuées.

5.4.2.2 Conditions d'essai

Les condensateurs doivent être soumis à l'essai Ab de l'IEC 60068-2-1:2007. Les condensateurs doivent être stockés 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 spécimens peuvent être introduits dans la chambre d'essai à n'importe quelle température, de la température du laboratoire jusqu'à -40 °C .

5.4.2.3 Mesure finale

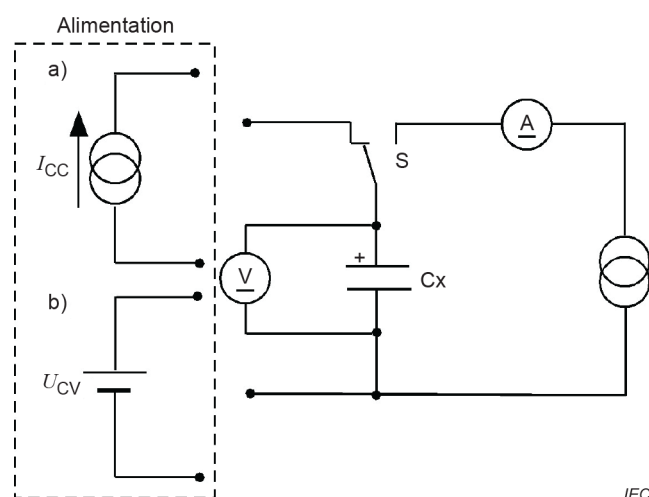
Après un rétablissement d'au moins 16 h, les mesures indiquées dans la spécification particulière doivent être effectuées.

6 Essais et mesures électriques

6.1 Méthode de mesure 1 pour la capacité et la résistance interne (décharge à courant constant)

6.1.1 Circuit de base pour la mesure

La capacité et la résistance interne doivent être mesurées en utilisant les méthodes de charge et de décharge à courant constant. Le circuit de base pour la mesure est représenté à la Figure 1.

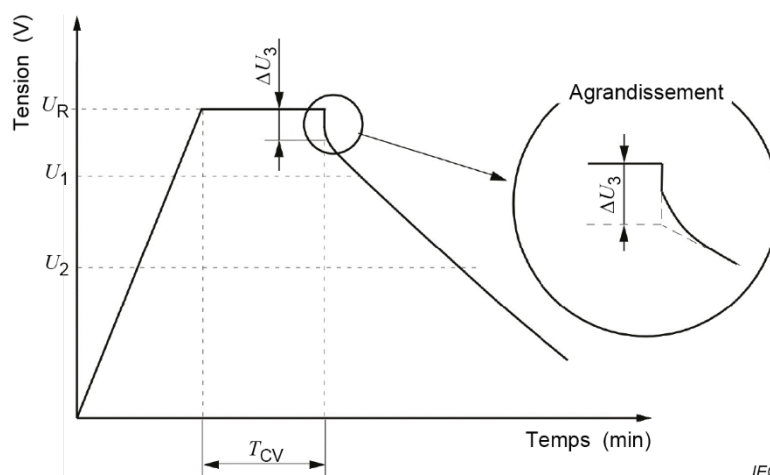
**Légende**

- I_{CC} courant constant
- U_{CV} tension constante
- (A) ampèremètre pour courant continu
- (V) enregistreur de tension continue
- S commutateur
- Cx condensateur en essai
- (⊖) déchargeur à courant constant
- a) alimentation pour charge à courant constant
- b) alimentation pour charge à tension constante

Figure 1 – Circuit de base pour la mesure**6.1.2 Appareil de mesure**

L'appareil de mesure doit être capable de réaliser une charge à courant constant, une charge à tension constante, une décharge à courant constant et de contrôler en permanence les mesures du courant et de la tension entre les bornes d'un condensateur en fonction du temps de décharge comme cela est représenté à la Figure 2. L'appareil de mesure doit être capable de régler et de mesurer le courant et la tension avec une précision de ± 1 % ou moins.

L'alimentation doit délivrer un courant de charge constant au condensateur avec une efficacité de 95 % et disposer d'une fonction de réglage de la durée de la charge à tension constante. Le déchargeur à courant constant doit délivrer un courant de décharge constant comme spécifié dans le Tableau 1 ou dans le Tableau 2. L'enregistreur de tension continue doit être capable de réaliser des mesures et doit enregistrer avec une résolution de 5 mV et une cadence d'échantillonnage de 100 ms ou moins.



Légende

U_R	tension assignée (V)
U_1	tension au début du calcul (V)
U_2	tension à la fin du calcul (V)
ΔU_3	chute de tension (V)
T_{CV}	durée de la charge à tension constante (min)

Figure 2 – Caractéristique de la tension en fonction du temps entre les bornes d'un condensateur dans la mesure de la capacité et de la résistance interne

6.1.3 Procédure de mesure

6.1.3.1 Généralités

La mesure doit être effectuée en analysant la caractéristique de la tension en fonction du temps entre les bornes du condensateur.

La méthode de mesure doit être conforme à 6.1.3.2 ou à 6.1.3.3 selon la classe (se reporter à l'Annex A) et doit être indiquée dans la spécification particulière.

Un préconditionnement du traitement de la tension selon 5.2.3 et du traitement thermique selon 5.2.4 doit être réalisé, et, si la spécification particulière l'indique, un séchage selon 5.3 peut être réalisé avant la mesure.

La tension entre les bornes du condensateur doit être mesurée et enregistrée en fonction du temps tout au long de la procédure de mesure.

NOTE Si la valeur assignée de la résistance interne d'un condensateur est incertaine, le courant pour la mesure peut être défini selon les procédures conseillées décrites à l'Annex E.

6.1.3.2 Méthode de mesure 1A (classes 1, 2, 3 et 4)

Sauf indication contraire dans la spécification particulière, les conditions de mesure doivent être celles qui figurent dans le Tableau 1. Le courant de charge constant (I_{cc}) doit être capable de charger le condensateur avec une efficacité de charge de 95 %. Sa valeur est définie par $I_{cc} (= U_R / 38 R_N)$, où U_R est la tension assignée et R_N est la résistance interne nominale. Les courants de décharge constants sont réglés pour la mesure de la capacité et la résistance interne respectivement, correspondant à la capacité nominale du condensateur.

La procédure de mesure doit être la suivante:

- le condensateur doit être chargé avec un courant de charge constant;
- lorsque la tension de sortie de l'alimentation atteint la valeur spécifiée, la charge du condensateur doit continuer avec la tension constante;
- le condensateur doit alors être déchargé dans le déchargeur à courant constant;
- puis le temps entre le début de la décharge et l'instant où la tension aux bornes du condensateur devient U_1 et U_2 respectivement doit être mesuré (voir la Figure 2).

Tableau 1 – Conditions de mesure pour la méthode de mesure 1A

Conditions de mesure	Classe Application			
	Classe 1 Sauvegarde en mémoire	Classe 2 Stockage d'énergie	Classe 3 Puissance	Classe 4 Puissance instantanée
Charge à courant constant A	Efficacité de charge de 95 % ^a			
Temps de charge à tension constante min	30			
Courant de décharge constant pour la mesure de la capacité ^b mA	$1 \times C_N$	$0,4 \times C_N U_R$	$4 \times C_N U_R$	$40 \times C_N U_R$
Courant de décharge constant pour la mesure de la résistance interne ^c mA	$10 \times C_N$	$4 \times C_N U_R$	$40 \times C_N U_R$	$400 \times C_N U_R$
U_1	$0,8 \times U_R$			
U_2	$0,4 \times U_R$			
Pour la classe 3 et la classe 4, la méthode de mesure 1B peut être utilisée.				
Un courant de décharge inférieur ou égal à 10 A doit être indiqué avec un chiffre significatif. Il convient d'arrondir le deuxième chiffre de la valeur calculée.				
Un courant de décharge supérieur à 10 A doit être indiqué avec deux chiffres significatifs. Il convient d'arrondir le troisième chiffre de la valeur calculée.				
NOTE C_N est la capacité nominale en farad (F), et U_R est la tension assignée en volts (V).				
^a L'Annex D présente le concept général de l'efficacité de charge et de décharge.				
^b Si ΔU_3 dépasse 5 % de la tension de charge ($0,05 \times U_R$) dans les caractéristiques initiales, la valeur du courant de décharge peut être réduite de 50 %, 20 % ou 10 %.				
^c Si ΔU_3 dépasse 20 % de la tension de charge ($0,2 \times U_R$) dans les caractéristiques initiales, la valeur du courant de décharge peut être réduite de 50 %, 20 % ou 10 %.				

6.1.3.3 Méthode de mesure 1B (classes 3, 4 et 5)

Sauf indication contraire dans la spécification particulière, les conditions de mesure doivent être celles qui figurent dans le Tableau 2. Le courant de charge constant (I_{cc}) doit être capable de charger le condensateur avec une efficacité de charge de 95 %. Sa valeur est définie par $I_{cc} (= U_R / 38 R_N)$, où U_R est la tension assignée et R_N est la résistance interne nominale. Le courant de décharge constant (I_{cd}) doit être capable de décharger le condensateur avec une efficacité de décharge de 95 %. Sa valeur est définie par $I_{cd} (= U_R / 40 R_N)$, où U_R est la tension assignée et R_N est la résistance interne nominale.

La procédure de mesure doit être la suivante:

- le condensateur doit être chargé avec un courant de charge constant;
- lorsque la tension de sortie de l'alimentation atteint la valeur spécifiée, la charge du condensateur doit continuer avec la tension constante;
- le condensateur doit alors être déchargé dans le déchargeur à courant constant;
- puis le temps entre le début de la décharge et l'instant où la tension aux bornes du condensateur devient U_1 et U_2 respectivement doit être mesuré (voir la Figure 2).

Tableau 2 – Conditions de mesure pour la méthode de mesure 1B

Conditions de mesure	Classe Application		
	Classe 3 Puissance	Classe 4 Puissance instantanée	Classe 5 Haute puissance
Charge à courant constant A	Efficacité de charge de 95 % ^a		
Temps de charge à tension constante min	5		
Décharge à courant constant A	Efficacité de décharge de 95 % ^a		
U_1	$0,8 \times U_R$		
U_2	$0,4 \times U_R$		
Pour la classe 3 et la classe 4, la méthode de mesure 1A peut être utilisée.			
Un courant de décharge inférieur ou égal à 10 A doit être indiqué avec un chiffre significatif. Il convient d'arrondir le deuxième chiffre de la valeur calculée.			
Un courant de décharge supérieur à 10 A doit être indiqué avec deux chiffres significatifs. Il convient d'arrondir le troisième chiffre de la valeur calculée.			
^a L'Annex D présente le concept général de l'efficacité de charge et de décharge.			

6.1.4 Méthodes de calcul de la capacité

6.1.4.1 Généralités

La capacité doit être calculée par la méthode d'approximation de la ligne droite ou par la méthode de conversion de l'énergie.

6.1.4.2 Méthode d'approximation de la ligne droite (méthode de mesure 1A)

La capacité C d'un condensateur doit être calculée par la formule suivante:

$$C = \frac{I_d \times (t_2 - t_1)}{U_1 - U_2}$$

où

C est la capacité du condensateur (F);

I_d est le courant de décharge (A);

U_1 est la tension au début de la mesure (V);

U_2 est la tension à la fin de la mesure (V);

t_1 est l'instant auquel la tension aux bornes du condensateur atteint la valeur U_1 à partir du début de la décharge (s);

t_2 est l'instant auquel la tension aux bornes du condensateur atteint la valeur U_2 à partir du début de la décharge (s).

6.1.4.3 Méthode de conversion de l'énergie (méthode de mesure 1B)

La capacité C d'un condensateur doit être calculée par la formule suivante:

$$C = \frac{2W}{U_1^2 - U_2^2}$$

où

C est la capacité du condensateur (F);

W est l'énergie déchargée totale (J) obtenue en intégrant l'énergie de décharge (J) pour chaque intervalle d'échantillonnage défini, depuis la tension de début mesurée U_1 jusqu'à la tension de fin mesurée U_2 ;

U_1 est la tension de début mesurée (V);

U_2 est la tension de fin mesurée (V).

6.1.5 Méthodes de calcul de la résistance interne

6.1.5.1 Généralités

La résistance interne doit être calculée par la méthode des moindres carrés ou par la méthode des intersections de droites.

6.1.5.2 Calcul de la résistance interne par la méthode des intersections de droite (méthode de mesure 1A)

La résistance interne R d'un condensateur doit être calculée par la formule suivante:

$$R = \frac{\Delta U_3}{I_d}$$

où

R est la résistance interne du condensateur (Ω);

I_d est le courant de décharge (A);

ΔU_3 est la chute de tension (V).

NOTE La chute de tension est lue en traçant une ligne secondaire tout en prolongeant la partie droite des tensions variant dans le temps aux bornes du condensateur obtenue à l'aide de l'enregistreur de tension, comme cela est représenté à la Figure 2.

6.1.5.3 Calcul de la résistance interne par la méthode des moindres carrés (méthode de mesure 1B)

La résistance interne R d'un condensateur doit être calculée par la formule suivante:

$$R = \frac{\Delta U_3}{I_d}$$

où

R est la résistance interne du condensateur (Ω);

I_d est le courant de décharge (A);

ΔU_3 est la chute de tension (V).

Appliquer l'approximation de droites à la caractéristique de la chute de tension entre la tension au début du calcul (U_1) et la tension à la fin du calcul (U_2) en utilisant la méthode des moindres carrés. Déterminer le point d'interception (valeur de la tension) de la droite à l'instant du début de la décharge. ΔU_3 est la différence des tensions (V) entre la valeur de la tension d'interception et la valeur définie de la charge à tension constante (V).

6.1.6 Conditions à prescrire dans la spécification particulière

La spécification particulière doit indiquer:

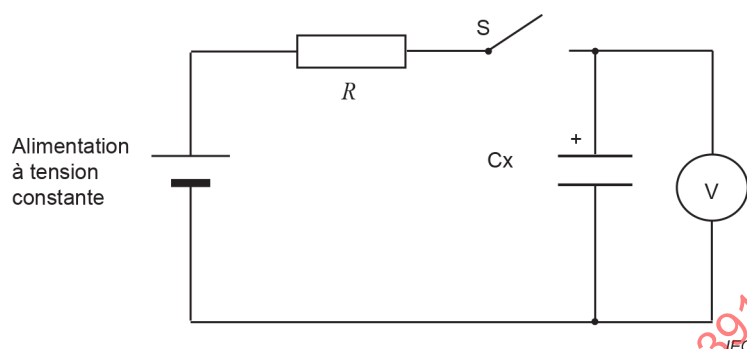
- la classification des méthodes;
- la tension appliquée différente de la tension assignée;
- un temps de charge différent de 30 min (voir le Tableau 1) ou 5 min (voir le Tableau 2);
- une valeur de décharge à courant constant autre que celle du Tableau 1 ou du Tableau 2;
- les tensions U_1 et U_2 au moment de la chute de tension de décharge différentes des tensions du Tableau 1 ou du Tableau 2.

6.2 Méthode de mesure 2 pour la capacité et la résistance interne

6.2.1 Méthode de charge à résistance constante pour la mesure de la capacité

6.2.1.1 Circuit de mesure

Les mesures doivent être réalisées à l'aide du circuit de mesure représenté à la Figure 3.



Légende

R résistance série

S commutateur

$\textcircled{V}$ voltmètre pour courant continu

C_x condensateur en essai

Figure 3 – Circuit pour la méthode de charge à résistance constante

6.2.1.2 Méthode de mesure

La procédure de mesure doit être la suivante:

- avant d'effectuer la mesure, court-circuiter les bornes du condensateur pendant au moins 30 min pour s'assurer que le condensateur se décharge suffisamment;
- régler la valeur de R de telle sorte que la constante de temps τ se stabilise entre 60 s et 120 s;
- mesurer la constante de temps τ lorsque la tension continue U_R est appliquée et calculer la valeur de la capacité à l'aide de la formule suivante:

$$C = \frac{\tau}{R}$$

où

C est la capacité (F);

τ est la constante de temps: temps de charge jusqu'à $0,632 \times U_R$ (s);

R est la résistance série (Ω).

6.2.1.3 Conditions à prescrire dans la spécification particulière

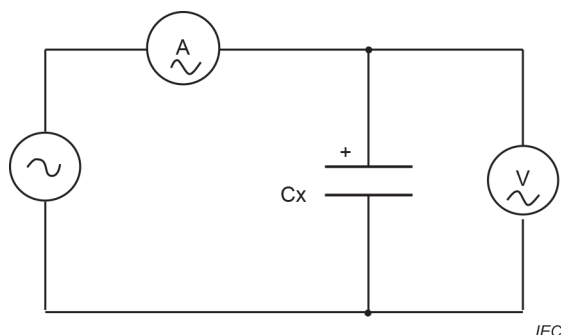
La spécification particulière doit prescrire:

- la tension appliquée différente de la tension assignée;
- la résistance série R lorsque la constante de temps est hors de la plage de 60 s à 120 s.

6.2.2 Méthode de mesure de la résistance à courant alternatif interne

6.2.2.1 Circuit de mesure

Les mesures doivent être réalisées à l'aide du circuit de mesure représenté à la Figure 4.



Légende

- oscillateur
- ampèremètre pour courant alternatif
- voltmètre pour courant alternatif
- Cx condensateur en essai

Figure 4 – Circuit pour la méthode de la résistance à courant alternatif

6.2.2.2 Méthode de mesure

La procédure de mesure doit être la suivante:

- a) la fréquence de mesure doit être de 1 kHz;
- b) le courant alternatif doit être compris entre 1 mA et 10 mA;
- c) la résistance interne R_a d'un condensateur doit être calculée par la formule suivante:

$$R_a = \frac{U}{I}$$

où

R_a est la résistance à courant alternatif interne (Ω);

U est la valeur efficace de la tension alternative (V);

I est la valeur efficace du courant alternatif (A).

6.3 Courant de fuite

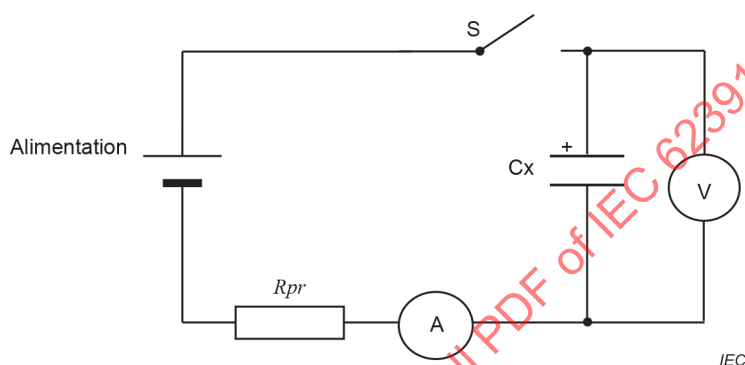
6.3.1 Méthode de mesure

Les mesures doivent être réalisées à l'aide du circuit de mesure représenté à la Figure 5.

La procédure de mesure doit être la suivante.

- a) Avant d'effectuer cette mesure, les condensateurs doivent être complètement déchargés. La procédure de décharge doit durer entre 1 h et 24 h et doit être indiquée dans la spécification particulière.

- b) Le courant de fuite doit être mesuré, sauf indication contraire dans la spécification particulière, sous la tension continue (U_R) appropriée à la température de l'essai. Le temps de charge maximal est de 30 min pour atteindre 95 % du niveau de tension utilisé. La durée d'exposition à la tension continue doit être choisie parmi les durées de 0,5 h, 1 h, 2 h, 4 h, 8 h, 12 h, 24 h ou 48 h, et doit être indiquée dans la spécification particulière (voir la Figure 6).
- c) Le courant de fuite est mesuré conformément à la valeur lue sur l'ampèremètre à l'issue de la durée d'exposition.
- d) Une alimentation régulée et stabilisée doit être utilisée.
- e) Sauf indication contraire dans la spécification particulière, appliquer la tension à un condensateur par une résistance de protection de 1 000 Ω ou moins. Si une résistance de protection est utilisée, la tension traversant le condensateur lors de la mesure du courant de fuite doit correspondre à au moins 95 % du niveau de tension utilisé.



Légende

R_{pr} résistance de protection

S interrupteur

(V) voltmètre pour courant continu

(A) ampèremètre pour courant continu

Cx condensateur en essai

Figure 5 – Circuit pour la mesure des courants de fuite

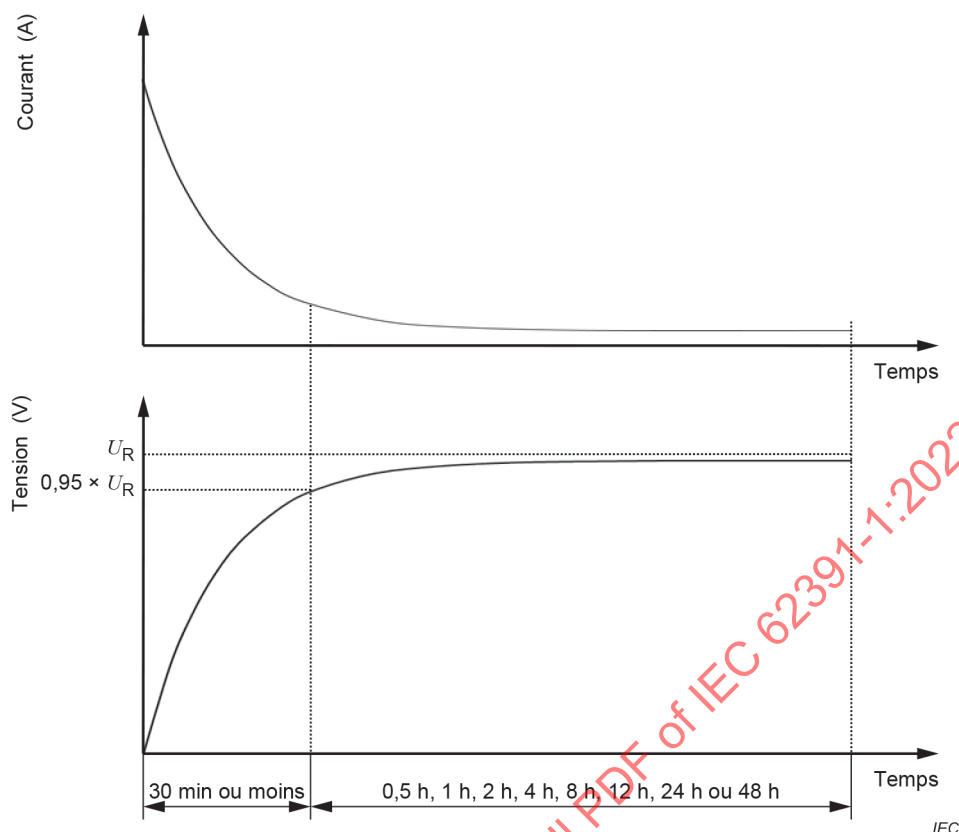


Figure 6 – Schéma des variations de courant et de tension lors de la mesure du courant de fuite

6.3.2 Éléments à indiquer dans la spécification particulière

La spécification particulière doit indiquer les éléments suivants:

- 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: si les mesures sont effectuées à une température différente de 20 °C, mais située dans la plage des températures correspondant aux conditions atmosphériques normales d'essai;
- la durée d'électrification;
- la valeur des résistances de protection lorsque celle-ci est différente de 1 000 Ω;
- la durée de décharge.

6.4 Tension de maintien

6.4.1 Méthode de mesure

La méthode de mesure doit être la suivante (voir la Figure 7).

- Avant d'effectuer cette mesure, les condensateurs doivent être complètement déchargés. La procédure de décharge doit durer entre 1 h et 24 h et doit être indiquée dans la spécification particulière.
- Appliquer la tension assignée U_R directement aux bornes du condensateur, sans résistance de protection. Sauf indication contraire dans les spécifications particulières, la durée de charge doit être de 8 h. Cette durée inclut un temps de charge maximal de 30 min nécessaire pour atteindre 95 % de la tension appliquée.

- c) Déconnecter les bornes du condensateur de la source de tension. Sauf indication contraire dans la spécification particulière, le condensateur doit rester dans des conditions normales pendant 16 h, 24 h, 48 h ou 96 h.
- d) La résistance interne du voltmètre pour courant continu utilisé doit être de 1 MΩ ou plus.

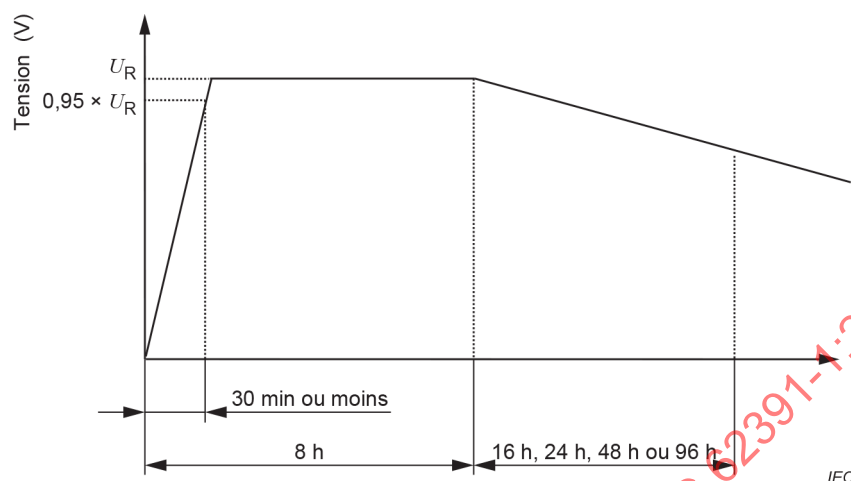


Figure 7 – Schéma d'essai de la tension de maintien

6.4.2 Calcul du taux de maintien de tension

Le taux de maintien de tension A doit être calculé par la formule suivante:

$$A = \frac{U_{\text{end}}}{U_R} \times 100$$

où

A est le taux de maintien de tension (%);

U_{end} est la tension entre les bornes ouvertes du condensateur après 16 h, 24 h, 48 h ou 96 h (V);

U_R est la tension assignée (V).

6.4.3 Conditions à indiquer dans la spécification particulière

La spécification particulière doit indiquer:

- la durée de décharge;
- une tension appliquée différente de la tension assignée;
- un temps de charge différent de 8 h;
- l'intervalle de temps entre l'instant où le condensateur est déconnecté de la tension de charge et la mesure.

7 Essais et mesures mécaniques

7.1 Examen visuel et contrôle des dimensions

7.1.1 Examen visuel

Un examen visuel du composant doit montrer que l'état, la qualité et la finition sont satisfaisants.

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 prescrites.

Lorsque cela est applicable, les mesures doivent être effectuées conformément à l'IEC 60294 ou à l'IEC 60717.

7.1.3 Dimensions (détail)

Toutes les dimensions indiquées dans la spécification particulière doivent être vérifiées et doivent être conformes aux valeurs données.

7.2 Robustesse des sorties

7.2.1 Essai Ua1 – Traction

Les condensateurs doivent être soumis à l'essai Ua1 de l'IEC 60068-2-21, selon le cas.

La force appliquée doit être:

- pour les sorties autres que des fils: 20 N;
- pour les fils de sortie: voir le Tableau 3.

Tableau 3 – Force de traction

Section nominale (S) ^a mm ²	Diamètre correspondant (d) pour les fils de section circulaire mm	Force avec une tolérance de $\pm 10\%$ 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 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 particulière. 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 particulière.

7.2.2 Essai Ub – Pliage (sur la moitié des échantillons)

Les condensateurs doivent être soumis à l'essai Ub de l'IEC 60068-2-21, selon le cas.

Méthode 1: deux pliages doivent être successivement effectués dans chaque direction. Cet essai ne doit pas être appliqué si, dans la spécification particulière, les sorties sont décrites comme étant des bornes rigides.

7.2.3 Essai Uc – Torsion (sur l'autre moitié des échantillons)

Les condensateurs doivent être soumis à l'essai Uc de l'IEC 60068-2-21, selon le cas.

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 ni aux composants à sorties unilatérales prévus pour être utilisés sur un câblage imprimé.

7.2.4 Essai Ud – Couple (pour les bornes à vis ou à goujons filetés, et les dispositifs de montage incorporés)

Les condensateurs doivent être soumis à l'essai Ud de l'IEC 60068-2-21, selon le cas.

Le degré de sévérité à utiliser doit être indiqué dans la spécification particulière (voir le Tableau 4).

Tableau 4 – Couple

Diamètre nominal du filetage mm		2,6	3	3,5	4	5	6	8	10	12
Couple Nm	Sévérité 1	0,4	0,5	0,8	1,2	2,0	2,5	5	7	12
	Sévérité 2	0,2	0,25	0,4	0,6	1,0	1,25	2,5	3,5	6

7.2.5 Examen visuel

Après chacun de ces essais, les condensateurs doivent être soumis à un examen visuel. Aucun dommage visible ne doit être constaté.

7.3 Vibrations

7.3.1 Mesure initiale

Les mesures prescrites dans la spécification particulière doivent être effectuées.

7.3.2 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 prescrits dans la spécification particulière.

Lorsque cela est précisé dans la spécification particulière, une mesure électrique doit être réalisée au cours des dernières 30 min de l'essai de vibrations dans chacune des directions du mouvement, pour détecter les contacts intermittents, les courts-circuits ou les circuits ouverts.

La méthode de mesure doit être indiquée dans la spécification particulière.

La durée de la mesure doit être le temps nécessaire à un balayage d'une extrémité à l'autre de la plage de fréquences.

7.3.3 Mesure finale et exigences

Après l'essai, les condensateurs doivent être soumis à un examen visuel. Aucun dommage visible ne doit être constaté. Si des condensateurs sont soumis aux essais comme spécifié en 7.3.2, les exigences doivent être indiquées dans la spécification particulière.

Les mesures indiquées dans la spécification particulière doivent alors être effectuées.

8 Essais d'environnement et climatiques

8.1 Variation rapide de température

8.1.1 Mesure initiale

Les mesures indiquées dans la spécification particulière doivent être effectuées.

8.1.2 Essai

Les condensateurs doivent être soumis à l'essai Na de l'IEC 60068-2-14, en utilisant le degré de sévérité prescrit dans la spécification particulière.

8.1.3 Mesures et inspection finales, et exigences

Les condensateurs doivent être soumis à un examen visuel. Aucun dommage visible ne doit être constaté.

8.2 Chaleur humide, essai continu

8.2.1 Mesure initiale

Les mesures indiquées dans la spécification particulière doivent être effectuées.

8.2.2 Essai

Les condensateurs doivent être soumis à l'essai Cab de l'IEC 60068-2-78, en utilisant le degré de sévérité correspondant à la spécification particulière.

8.2.3 Mesure finale

Les mesures indiquées dans la spécification particulière doivent alors être effectuées.

8.3 Endurance

8.3.1 Mesures initiales

Les mesures indiquées dans la spécification particulière doivent être effectuées.

8.3.2 Essai

8.3.2.1 Généralités

L'essai Bb de l'IEC 60068-2-2:2007 doit être appliqué avec les exceptions suivantes:

- les condensateurs peuvent être insérés dans la chambre d'essai à n'importe quelle température comprise entre la température ambiante et la température d'essai spécifiée;
- une tension spécifiée doit être appliquée au condensateur pendant l'essai, mais la tension ne doit pas être appliquée au condensateur avant qu'il ait atteint la température de la chambre.

Les condensateurs doivent être placés dans la chambre d'essai de telle sorte qu'aucun condensateur ne se trouve à moins de 5 mm d'un autre condensateur.

8.3.2.2 Conditions d'essai

Les conditions d'essai doivent être les suivantes:

- a) tension appliquée: tension assignée;
- b) température d'essai: température de catégorie supérieure;
- c) durée d'essai: 1 000 h ou comme indiqué dans la spécification particulière.

8.3.3 Mesure et inspection finales, et exigences

Après la durée spécifiée, les condensateurs doivent être refroidis dans les conditions atmosphériques normales d'essai, et lorsque la spécification particulière l'indique, un temps de rétablissement doit être prévu.

Les condensateurs doivent alors être soumis à un examen visuel.

Les mesures prescrites dans la spécification particulière doivent alors être effectuées. Un condensateur doit être considéré comme défectueux lorsqu'il n'a pas satisfait, pendant ou à la fin de l'essai, aux exigences de la spécification particulière.

8.4 Caractéristiques à haute et basse températures

8.4.1 Généralités

Les condensateurs doivent être soumis aux procédures des essais de chaleur sèche et de froid (respectivement 8.4.3 et 8.4.4) en utilisant les détails ci-dessous.

8.4.2 Procédure d'essai

Le degré de sévérité pour ces essais doit être le même que pour les essais de chaleur sèche et de froid. Des essais à des températures intermédiaires peuvent être indiqués dans la spécification particulière.

Les mesures indiquées dans la spécification particulière doivent être effectuées.

8.4.3 Chaleur sèche

Les condensateurs doivent être soumis à l'essai Bb de l'IEC 60068-2-2:2007, en utilisant le degré de sévérité de la température de catégorie supérieure, soit pendant une durée d'au moins 2 h après que la stabilité thermique a été atteinte, soit comme indiqué dans la spécification particulière (voir l'Annex C).

Les condensateurs étant encore à la température élevée spécifiée et à la fin du séjour à haute température, les mesures prescrites dans la spécification particulière doivent être effectuées.

8.4.4 Froid

Les condensateurs doivent être soumis à l'essai Ab de l'IEC 60068-2-1:2007, en utilisant le degré de sévérité de la température de catégorie inférieure, soit pendant une durée d'au moins 2 h après que la stabilité thermique a été atteinte, soit comme indiqué dans la spécification particulière (voir l'Annex C).

Les condensateurs étant encore à la température basse spécifiée et à la fin du séjour à basse température, les mesures indiquées dans la spécification particulière doivent être effectuées.

8.4.5 Mesure finale et exigences

Les condensateurs ne doivent pas dépasser les limites indiquées dans la spécification particulière.

9 Essais relatifs à l'assemblage des composants

9.1 Résistance à la chaleur de brasage

9.1.1 Préconditionnement et mesure initiale

Lorsque cela est indiqué dans la spécification particulière, les condensateurs doivent être séchés en utilisant la méthode décrite en 5.3.

Les condensateurs doivent être mesurés comme cela est indiqué dans la spécification particulière.

9.1.2 Essai

Sauf indication contraire dans la spécification particulière, un des essais suivants, tels qu'ils sont définis dans les spécifications citées en a), b) et c) ci-dessous, doit être appliqué.

Les conditions d'essai doivent être définies dans la spécification particulière.

- a) Pour tous les condensateurs, à l'exception de ceux relevant des points b) et c): IEC 60068-2-20, Essai Tb, méthode 1 (bain de brasage).
- b) Pour les condensateurs décrits dans la spécification particulière comme non conçus pour être utilisés sur des cartes imprimées, mais avec des connexions destinées au brasage:
 - 1) IEC 60068-2-20, Essai Tb, méthode 1 (bain de brasage);
 - 2) IEC 60068-2-20, Essai Tb, méthode 2 (fer à braser).
- c) Pour les condensateurs pour montage en surface: IEC 60068-2-58, méthode 2 (refusion) ou méthode 1 (bain de brasage).

9.1.3 Rétablissement

Sauf indication contraire dans la spécification particulière, la durée de rétablissement ne doit pas être inférieure à 2 h (voir l'Annex C).

9.1.4 Mesures et inspection finales, et exigences

Pour tous les condensateurs, à l'exception des condensateurs pour montage en surface, ce qui suit doit s'appliquer:

- lorsque l'essai a été effectué, les condensateurs doivent être soumis à un examen visuel;
- aucun dommage visible ne doit être constaté et le marquage doit être lisible;
- les condensateurs doivent alors être mesurés comme indiqué dans la spécification particulière et doivent satisfaire aux exigences.

Les condensateurs pour montage en surface doivent être soumis à un examen visuel et être mesurés, et doivent satisfaire aux exigences, indiquées dans la spécification particulière.

9.2 Brasabilité

9.2.1 Généralités

Cet essai ne doit pas s'appliquer aux sorties décrites dans la spécification particulière comme n'étant pas conçues pour être brasées.

9.2.2 Préconditionnement

La spécification particulière doit préciser si un vieillissement est à appliquer. Si un vieillissement accéléré est exigé, une des procédures de vieillissement données dans l'IEC 60068-2-20 doit être appliquée.

Sauf indication contraire dans la spécification particulière, l'essai doit être effectué avec un flux non activé.

9.2.3 Condensateurs à sorties

9.2.3.1 Généralités

Les condensateurs doivent être soumis à l'essai Ta de l'IEC 60068-2-20 en utilisant la méthode 1 (bain de brasage) ou la méthode 2 (fer à braser) comme cela est indiqué par la spécification particulière.

Si la méthode 1 (bain de brasage) est spécifiée, les exigences suivantes s'appliquent.

9.2.3.2 Conditions d'essai

Sauf indication contraire dans la spécification particulière, un des essais suivants, tels qu'ils sont définis dans les spécifications citées en a) et b) ci-dessous, doit être appliqué.

Les conditions d'essai doivent être définies dans la spécification particulière.

a) Pour tous les condensateurs, à l'exception de ceux relevant du point b):

1) IEC 60068-2-20, Essai Ta, méthode 1 (bain de brasage).

Profondeur d'immersion (par rapport au plan d'appui ou au corps du composant):
 $2_{-0,5}^0$ mm, en utilisant un écran isolant du point de vue thermique de $(1,5 \pm 0,5)$ mm d'épaisseur;

2) IEC 60068-2-20, Essai Ta, méthode 2 (fer à braser);

3) IEC 60068-2-69, méthode de la balance de mouillage au bain de brasage.

NOTE L'IEC 60068-2-69 s'applique uniquement si elle est indiquée dans la spécification particulière ou en cas d'accord entre le fabricant et le client.

b) Pour les condensateurs décrits dans la spécification particulière comme non conçus pour être utilisés sur des cartes imprimées, mais avec des connexions destinées au brasage:

1) IEC 60068-2-20, Essai Ta, méthode 1 (bain de brasage).

Profondeur d'immersion (par rapport au plan d'appui ou au corps du composant):
 $3,5_{-0,5}^0$ mm

2) IEC 60068-2-20, Essai Ta, méthode 2 (fer à braser).

9.2.3.3 Mesures et inspection finales, et exigences

Les sorties doivent être soumises à un examen pour contrôler le bon état de l'étamage mis en évidence par l'écoulement de la brasure avec un bon mouillage des sorties.

9.2.4 Condensateurs pour montage en surface

9.2.4.1 Généralités

Les essais des condensateurs doivent être conformes à l'essai Td de l'IEC 60068-2-58. La spécification particulière doit indiquer la sévérité et l'attitude à utiliser pour le mouillage, le démouillage ou la résistance à la dissolution de la métallisation.

La spécification particulière doit également indiquer les zones spécifiques du spécimen à soumettre à un examen après un mouillage.

9.2.4.2 Mesures et inspection finales, et exigences

Les condensateurs pour montage en surface doivent satisfaire aux exigences prescrites dans la spécification particulière.

9.3 Résistance au solvant des composants

9.3.1 Mesures initiales

Les mesures indiquées dans la spécification particulière doivent être effectuées.

9.3.2 Essai

Les composants doivent être soumis à l'essai XA de l'IEC 60068-2-45, en utilisant les détails suivants:

- a) solvant à utiliser: 2-propanol (IEC 60068-2-45:1980/AMD1:1993, 3.1.2);
- b) température du solvant: $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$, sauf indication contraire dans la spécification particulière;
- c) conditionnement: méthode 2 (sans polissage);
- d) temps de rétablissement: de 2 h ou plus (voir l'Annex C), sauf indication contraire dans la spécification particulière.

9.3.3 Exigences

Les mesures indiquées dans la spécification particulière doivent alors être effectuées et les exigences spécifiées doivent être satisfaites.

9.4 Résistance au solvant du marquage

9.4.1 Essai

Les composants doivent être soumis à l'essai XA de l'IEC 60068-2-45, en utilisant les détails suivants:

- a) solvant à utiliser: 2-propanol (IEC 60068-2-45:1980/AMD1:1993, 3.1.2);
- b) température du solvant: $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- c) conditionnement: méthode 1 (avec polissage);
- d) matériau de polissage: ouate;
- e) temps de rétablissement: sans objet, sauf indication contraire dans la spécification particulière.

9.4.2 Exigences

Après l'essai, le marquage doit être lisible.

10 Essais relatifs à la sécurité

10.1 Inflammabilité passive

10.1.1 Procédure d'essai

Les condensateurs doivent être soumis aux essais conformément à la procédure suivante.

- a) L'essai doit être réalisé conformément à l'IEC 60695-11-5.

- b) Le condensateur en essai doit être maintenu dans la flamme dans la position qui favorise le plus l'inflammation (si cette position n'est pas précisée dans la spécification particulière, elle doit être déterminée par un essai préalable). Chaque spécimen doit être exposé une seule fois à la flamme.
- c) La plus petite dimension, une dimension moyenne (dans le cas de plus de quatre dimensions de boîtier), et la plus grande des dimensions de boîtier doivent être soumises à essai. Pour chaque dimension de boîtier, trois spécimens de la capacité maximale et trois spécimens de la capacité minimale doivent être soumis à essai, soit six spécimens par dimension de boîtier.

Le temps d'exposition à la flamme et le temps de combustion sont donnés dans le Tableau 5. Le cas échéant, la spécification particulière doit indiquer la catégorie d'inflammabilité passive.

10.1.2 Exigences

Le temps de combustion pour chacun des spécimens ne doit pas être supérieur au temps spécifié dans le Tableau 5.

Des gouttelettes enflammées ou des parties incandescentes ne doivent pas enflammer le papier de soie en tombant.

Tableau 5 – Sévérités et exigences

Catégorie d'inflammabilité	Sévérités Temps d'exposition à la flamme pour des plages de volumes de condensateur ^a				Durée maximale d'inflammation
	volume ≤ 250 mm ³	250 mm ³ < volume ≤ 500 mm ³	500 mm ³ < volume ≤ 1 750 mm ³	1 750 mm ³ < volume ≤ 12 000 mm ³	
A	15	30	60	120	3
B	10	20	30	60	10
C	5	10	20	30	30

^a Des volumes de condensateur supérieurs à 12 000 mm³ peuvent être soumis à essai conformément à l'IEC 60695-2-11 (température d'essai de 750 °C). Aucun essai d'inflammabilité du condensateur n'est exigé si des matériaux autoextinguibles présentant un indice d'inflammabilité au fil incandescent (GWFI, Glow-Wire Flammability Index) d'au moins 750 °C sont utilisés, ou comme indiqué dans la spécification applicable.

10.2 Décharge de pression (le cas échéant)

10.2.1 Essai

Sauf indication contraire dans la spécification particulière, une tension continue d'une amplitude nécessaire pour produire un courant de 10 mA/F ou plus doit être appliquée au condensateur dans le sens direct.

10.2.2 Exigences

Le dispositif de décharge de pression doit s'ouvrir de façon à éviter tout danger d'explosion ou d'incendie.

11 Procédures d'assurance de la qualité

Voir l'Annex Q.

Annex A (normative)

Classification en fonction des capacités et des résistances internes

A.1 Généralités

La présente annexe décrit une classification du condensateur selon la valeur de la capacité et la valeur de la résistance interne en fonction de l'application.

A.2 Classification en fonction de la capacité et de la résistance interne

Le temps exigé pour les mesures de capacité et de résistance interne par la méthode de décharge à courant constant et par la méthode de résistance en courant continu est long en raison des caractéristiques assignées du produit, en respectant des conditions de mesure normalisées avec la spécificité de ces méthodes de mesure. Il est donc nécessaire de choisir des conditions de mesure efficaces. C'est la raison pour laquelle la classification d'application suivante en cinq conditions de mesure a été prise en compte (voir la Figure A.1).

En attendant, il a été suggéré que la même condition de courant de décharge peut être appropriée pour la capacité et la résistance interne pour toutes les applications des cinq méthodes. Toutefois, la classification a été réalisée en termes d'exactitude des mesures. Les mêmes conditions de mesure peuvent être utilisées pour les capacités et les résistances internes relevant du domaine d'application des condensateurs pour lesquels des mesures exactes peuvent être obtenues.

Classe 1 (sauvegarde en mémoire)

Cette classe convient aux condensateurs principalement utilisés pour la sauvegarde en mémoire RAM avec une amplitude de courant de décharge comprise entre nA et μ A. Les caractéristiques des condensateurs pour ces applications présentent une capacité relativement faible et une résistance interne élevée.

Classe 2 (stockage d'énergie)

Cette classe convient aux condensateurs de stockage d'énergie qui exigent principalement de longues durées de fonctionnement avec une amplitude de courant de décharge allant de la plage des milliampères (mA) aux ampères (A). Les condensateurs pour ces applications présentent une capacité élevée et aucune considération sur la résistance interne. Cette classe porte sur des résistances internes supérieures à celles des applications de puissance de la classe 3.

Classe 3 (puissance)

Cette classe convient aux condensateurs utilisés principalement pour exciter des moteurs exigeant une puissance avec une amplitude de courant de décharge allant de la plage des milliampères (mA) aux ampères (A). Les caractéristiques des condensateurs pour ces applications présentent une capacité relativement élevée et une résistance interne faible.

Classe 4 (puissance instantanée)

Cette classe convient aux applications qui exigent une puissance instantanée (de courant relativement élevé) même pour une courte durée de fonctionnement. Les condensateurs pour ces applications présentent une capacité faible et une résistance interne faible.

Classe 5 (haute puissance)

Cette classe convient aux applications (dans le domaine automobile et ferroviaire, par exemple) qui exigent une puissance élevée (courant relativement élevé) avec des cycles de charge/décharge intensifs. Les condensateurs destinés à ces applications ont une valeur de capacité plus élevée et une valeur de résistance interne moins élevée par rapport aux condensateurs de classe 3.

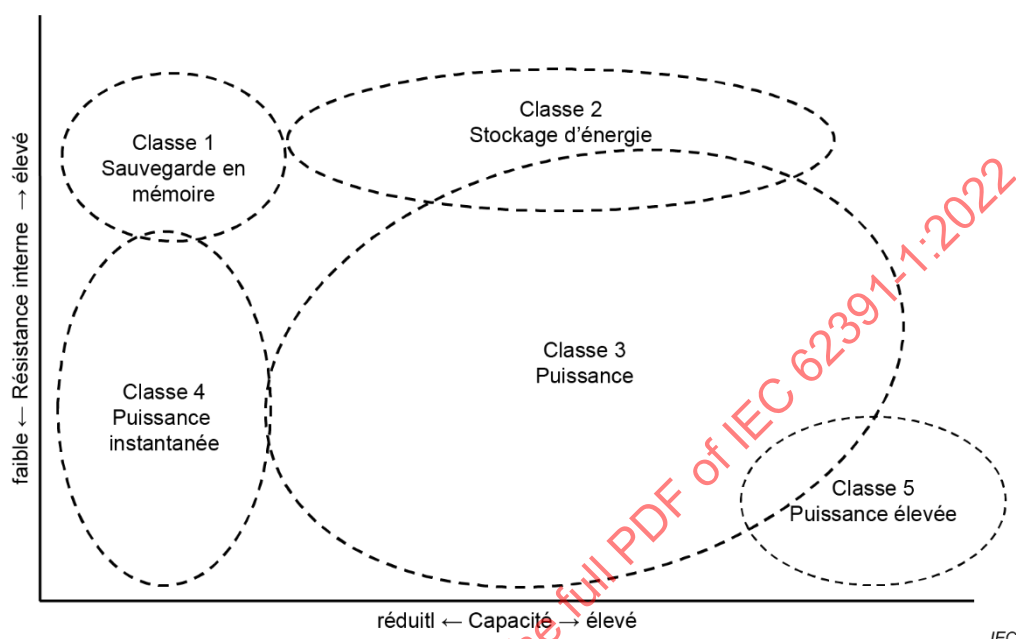


Figure A.1 – Rendu conceptuel orienté par les caractéristiques de chaque classification

Sauf indication contraire dans les spécifications particulières, il convient de choisir les performances électriques et les méthodes de mesure conformément au Tableau A.1, en fonction de la classe associée à l'application.

Annex B (informative)

Méthode de mesure de capacité et de faible résistance par la méthode en courant alternatif faible fréquence (référence)

B.1 Généralités

Cette méthode convient aux condensateurs de résistance interne relativement faible et elle peut être utilisée comme une méthode de raccourci pour réduire le temps de mesure.

B.2 Système de mesure

Le système de mesure inclut les composants de la Figure B.1. Si la capacité peut être mesurée à basse fréquence, un autre système peut être utilisé, comme suit:

- a) générer une tension sinusoïdale à la fréquence spécifiée avec un analyseur de réponse fréquentielle et appliquer la tension à un condensateur par l'intermédiaire d'un potentiostat (un dispositif maintient automatiquement constant le potentiel de l'électrode);
- b) détecter le courant qui circule dans le condensateur à l'aide d'un potentiostat et convertir le courant en une valeur de tension à renvoyer dans l'analyseur de fréquences;
- c) obtenir l'impédance $|Z|$ et l'angle de phase φ à partir de la tension et du courant du condensateur à mesurer.

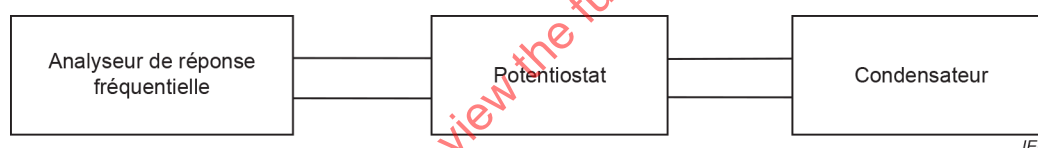


**Figure B.1 – Système de mesure de la capacité par la méthode en courant alternatif
faible fréquence**

B.3 Calcul de la capacité

Le calcul de la capacité doit être effectué comme suit.

- a) Calculer la réactance X par la formule suivante:

$$X = |Z| \times \sin \varphi \quad (\text{B.1})$$

où

X est la réactance (Ω);

$|Z|$ est l'impédance (Ω);

φ est l'angle de phase.

- b) Utiliser la réactance calculée pour déterminer la capacité C du condensateur en utilisant la formule suivante:

$$C = \frac{1}{2\pi fX} \quad (\text{B.2})$$

où

C est la capacité (F);

π est le rapport constant entre le périmètre d'un cercle et son diamètre;

f est la fréquence de mesure (Hz).

B.4 Conditions de mesure

Les conditions de mesure doivent être les suivantes:

- a) utiliser l'une de ces fréquences de mesure: 0,05 Hz, 0,1 Hz, 1 Hz, 10 Hz ou 100 Hz;
- b) la tension de mesure doit être inférieure ou égale à 3 % de la tension assignée;
- c) la tension de polarisation doit être comprise entre 50 % et 95 % de la tension assignée.
Si le jugement l'autorise, la tension de polarisation peut être omise.