

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Fixed capacitors for use in electronic equipment –
Part 9: Sectional specification – Fixed capacitors of ceramic dielectric, Class 2**

**Condensateurs fixes utilisés dans les équipements électroniques –
Partie 9: Spécification intermédiaire – Condensateurs fixes à diélectrique en
céramique, Classe 2**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60384-9:2024



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2024 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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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, graphical symbols and the glossary. 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 22 500 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 25 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, symboles graphiques et le glossaire. 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 22 500 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 25 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Fixed capacitors for use in electronic equipment –
Part 9: Sectional specification – Fixed capacitors of ceramic dielectric, Class 2**

**Condensateurs fixes utilisés dans les équipements électroniques –
Partie 9: Spécification intermédiaire – Condensateurs fixes à diélectrique en
céramique, Classe 2**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.060.20

ISBN 978-2-8322-9519-9

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

CONTENTS

FOREWORD.....	6
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	8
4 Preferred ratings and characteristics	9
4.1 Preferred characteristics	9
4.2 Preferred values of ratings	9
4.2.1 Rated temperature	9
4.2.2 Rated voltage (U_R)	10
4.2.3 Category voltage (U_C).....	10
4.2.4 Preferred values of nominal capacitance and associated tolerance values.....	10
4.2.5 Temperature characteristic of capacitance.....	10
5 Test and measurement procedures.....	11
5.1 General.....	11
5.2 Special preconditioning	11
5.3 Visual examination and check of dimensions	11
5.4 Electrical tests	11
5.4.1 Capacitance	11
5.4.2 Tangent of loss angle ($\tan \delta$)	12
5.4.3 Insulation resistance (R_i).....	12
5.4.4 Voltage proof.....	13
5.5 Temperature characteristic of capacitance (reference temperature 20 °C)	14
5.5.1 Special preconditioning.....	14
5.5.2 Measuring conditions.....	14
5.5.3 Requirements	15
5.6 Robustness of terminations.....	15
5.7 Resistance to soldering heat.....	15
5.7.1 General	15
5.7.2 Special preconditioning.....	15
5.7.3 Initial measurement	15
5.7.4 Recovery	16
5.7.5 Final inspection, measurements and requirements.....	16
5.8 Solderability.....	16
5.8.1 General	16
5.8.2 Test conditions	16
5.8.3 Final inspection, measurements and requirements.....	16
5.9 Rapid change of temperature (if required).....	16
5.9.1 General	16
5.9.2 Special preconditioning.....	16
5.9.3 Initial measurement	17
5.9.4 Test conditions	17
5.9.5 Recovery	17
5.10 Vibration	17
5.10.1 General	17
5.10.2 Test conditions	17

5.10.3	Final inspection, measurements and requirements.....	17
5.11	Bump (repetitive shock)	17
5.11.1	General	17
5.11.2	Initial measurements	17
5.11.3	Test conditions	17
5.11.4	Final inspection, measurements and requirements.....	18
5.12	Shock (non-repetitive shock).....	18
5.12.1	General	18
5.12.2	Initial measurements	18
5.12.3	Test conditions	18
5.12.4	Final inspection, measurements and requirements.....	18
5.13	Climatic sequence.....	19
5.13.1	General	19
5.13.2	Special preconditioning.....	19
5.13.3	Initial measurements	19
5.13.4	Dry heat	19
5.13.5	Damp heat, cyclic, Test Db, first cycle	19
5.13.6	Cold.....	19
5.13.7	Low air pressure	19
5.13.8	Damp heat, cyclic, Test Db, remaining cycles	20
5.14	Damp heat, steady state	21
5.14.1	General	21
5.14.2	Special preconditioning.....	21
5.14.3	Initial measurement	21
5.14.4	Test conditions	21
5.14.5	Recovery	22
5.14.6	Final inspection, measurements and requirements.....	22
5.15	Endurance	23
5.15.1	General	23
5.15.2	Special preconditioning.....	23
5.15.3	Initial measurement	23
5.15.4	Test conditions	23
5.15.5	Recovery	23
5.15.6	Final inspection, measurements and requirements.....	23
5.16	Component solvent resistance (if applicable)	24
5.17	Solvent resistance of the marking (if applicable)	24
6	Marking	24
6.1	General.....	24
6.2	Information for marking	24
6.3	Marking on the body	25
6.4	Marking on the packaging	25
6.5	Additional marking	25
7	Information to be given in a detail specification.....	25
7.1	General.....	25
7.2	Outline drawing and dimensions	25
7.3	Mounting.....	26
7.4	Ratings and characteristics	26
7.4.1	General	26
7.4.2	Nominal capacitance range.....	26

7.4.3	Particular characteristics	26
7.4.4	Soldering	26
7.5	Marking.....	26
8	Quality assessment procedures	26
8.1	Primary stage of manufacture	26
8.2	Structurally similar components	26
8.3	Certified test records of released lots.....	26
8.4	Qualification approval	27
8.4.1	General	27
8.4.2	Qualification approval on the basis of the fixed sample size procedure	27
8.4.3	Tests	27
Annex A (normative)	Capacitance ageing of fixed capacitors of ceramic dielectric, Class 2	33
A.1	General.....	33
A.2	Law of capacitance ageing.....	33
A.3	Capacitance measurements and capacitance tolerance (see 5.4.1).....	34
A.4	Special preconditioning (see 5.2)	35
Annex B (normative)	Temperature characteristics of capacitance of 25 °C.....	36
Annex C (normative)	Quality conformance inspection	38
C.1	Formation of inspection lots	38
C.1.1	Groups A and B inspection	38
C.1.2	Group C inspection	38
C.2	Test schedule	38
C.3	Delayed delivery	38
C.4	Assessment levels	38
C.5	Test schedule for quality conformance inspection	39
Annex X (informative)	Comparison of cross-references in relation to IEC 60384-9:2015	44
Bibliography.....		45
Table 1 – Preferred tolerance on nominal capacitance		10
Table 2 – Temperature characteristic of capacitance		11
Table 3 – Measuring conditions		12
Table 4 – Insulation resistance requirements		13
Table 5 – Test voltages.....		14
Table 6 – Details of measuring conditions.....		15
Table 7 – Maximum capacitance change.....		16
Table 8 – Preferred severities (of non-repetitive shock)		18
Table 9 – Maximum capacitance change.....		19
Table 10 – Number of damp heat cycles		20
Table 11 – Final inspection measurements and requirements		21
Table 12 – Test conditions for damp heat, steady state.....		22
Table 13 – Final inspection, measurements and requirements		22
Table 14 – Endurance test conditions		23
Table 15 – Final inspection, measurements and requirements		24
Table 16 – Sampling plan together with numbers of permissible non-conforming items for qualification approval tests, assessment level EZ		28

Table 17 – Test schedule for qualification approval.....	29
Table B.1 – Temperature characteristics of capacitance	36
Table B.2 – Preferred values of the temperature characteristic of with and without a DC voltage applied	37
Table B.3 – Measuring conditions of temperature characteristic of capacitance for the reference temperature of 25 °C.....	37
Table C.1 – Lot-by-lot inspection	39
Table C.2 – Periodic tests.....	39
Table C.3 – Test schedule for quality conformance inspection (lot by lot).....	40
Table C.4 – Test schedule for quality conformance inspection (periodic test).....	41
Table X.1 – Reference to IEC 60384-9:2015 for clauses/subclauses/annexes.....	44
Table X.2 – Reference to IEC 60384-9 for figure/table	44

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60384-9:2024

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FIXED CAPACITORS FOR USE IN ELECTRONIC EQUIPMENT –**Part 9: Sectional specification –
Fixed capacitors of ceramic dielectric, Class 2****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) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at <https://patents.iec.ch>. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 60384-9 has been prepared by IEC technical committee 40: Capacitors and resistors for electronic equipment. It is an International Standard.

This fifth edition cancels and replaces the fourth 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 ISO/IEC Directives, Part 2 and to make it more useable; tables, figures and references have been revised accordingly. Annex X contains all cross-references of changes in clause/subclause numbers.
- b) The requirements of reference temperature 25 °C have been added in Table 7, Table 9, Table 11, Table 13 and Table 15.

- c) The table of temperature characteristics of capacitance for the reference temperature 25 °C have been added in Table B.1, Table B.2 and Table B.3.
- d) Annex B has been changed from informative to normative.
- e) Clause C.5 (Test schedule for quality conformance inspection) has been newly added to withdraw the blank detail specification: IEC 60384-9-1.

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

Draft	Report on voting
40/3145/FDIS	40/3162/RVD

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

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

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

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

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

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

FIXED CAPACITORS FOR USE IN ELECTRONIC EQUIPMENT –

Part 9: Sectional specification – Fixed capacitors of ceramic dielectric, Class 2

1 Scope

This part of IEC 60384 is applicable to fixed capacitors of ceramic dielectric with a defined temperature coefficient (dielectric Class 2), intended for use in electronic equipment, including leadless capacitors but excluding fixed surface mount multilayer capacitors of ceramic dielectric, which are covered by IEC 60384-22 (Class 2).

Capacitors for electromagnetic interference suppression are not included, but are covered by IEC 60384-14.

The object of this document is to specify preferred ratings and characteristics and to select from IEC 60384-1:2021 the appropriate quality assessment procedures, tests and measuring methods and to give general performance requirements for this type of capacitor. Test severities and requirements specified in detail specifications referring to this document provide specific test severities and requirements of an equal or higher performance level. Further information on the conception of generic, sectional and detail specifications can be found in the Introduction of IEC 60384-1:2021.

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

IEC 61193-2:2007, *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, the terms and definitions given in IEC 60384-1 and the following apply.

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

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

3.1**capacitor of ceramic dielectric, Class 2**

capacitor which has a dielectric with a high permittivity and is suitable for by-pass and coupling applications or for frequency discriminating circuits where low losses and high stability of capacitance are not of major importance

Note 1 to entry: The ceramic dielectric is characterized by the non-linear change of capacitance over the category temperature range (see Table 2).

3.2**subclass**

<Class 2> maximum percentage change of capacitance within the category temperature range with respect to the capacitance at the reference temperature 20 °C or 25 °C

Note 1 to entry: The subclass may be expressed in code form (see Table 2 and Annex B).

3.3**rated voltage**
 U_R

maximum DC voltage that can be applied continuously to the terminations of a capacitor at the rated temperature

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

4 Preferred ratings and characteristics**4.1 Preferred characteristics**

Preferred climatic categories only shall be given in the preferred characteristics.

The capacitors covered by this document are classified into climatic categories in accordance with the general rules given in IEC 60068-1:2013, Annex A.

For a reference temperature of 20 °C, the lower and upper category temperatures and the duration of the damp heat, steady state test shall be chosen from the following:

- lower category temperature: –55 °C, –40 °C, –25 °C and –10 °C
- upper category temperature: +70 °C, +85 °C, +100 °C, +125 °C and +150 °C
- duration of the damp heat, steady state test (40 °C, 93 % RH): 4 days, 10 days, 21 days, and 56 days

For a reference temperature of 25 °C, the lower and upper category temperatures shall be chosen from Table B.1 in Annex B.

The severities for the cold and dry heat tests are the lower and upper category temperatures, respectively.

4.2 Preferred values of ratings**4.2.1 Rated temperature**

For capacitors covered by this document, the rated temperature is equal to the upper category temperature.

4.2.2 Rated voltage (U_R)

The preferred values of rated voltage are: (25, 40, 63, 100, 160, 250, 400, 630, 1 000, 1 600, 2 500, 4 000 and 6 300) V. These values conform to the basic series of preferred values R5 given in ISO 3. If other values are needed, they shall be chosen from the R10 series. The sum of the DC voltage and the peak AC voltage or the peak to peak AC voltage, whichever is the greater, applied to the capacitor shall not exceed the rated voltage.

4.2.3 Category voltage (U_C)

Since the rated temperature is defined as the upper category temperature, the category voltage is equal to the rated voltage, as defined in IEC 60384-1:2021, 3.5.

4.2.4 Preferred values of nominal capacitance and associated tolerance values

4.2.4.1 Preferred values of nominal capacitance

Nominal capacitance values should be taken from the E3, E6 and E12 series given in IEC 60063.

4.2.4.2 Preferred tolerances on nominal capacitance

Table 1 denotes the preferred values of tolerance on nominal capacitance.

Table 1 – Preferred tolerance on nominal capacitance

Preferred series	Tolerances %	Letter code
E3 and E6	-20/+80	Z
	-20/+50	S
E6	±20	M
E6 and E12	±10	K

4.2.5 Temperature characteristic of capacitance

Table 2 shows the temperature characteristic with and without DC voltage applied for the reference temperature 20 °C. The method of coding the subclass is also given; for example, a dielectric with a percentage change of ±20 % without DC voltage applied over the temperature range from -55 °C to +125 °C, will be defined as a dielectric of Class 2C1. The temperature characteristics, category temperatures and corresponding codes for the reference temperature 25 °C are given in Annex B.

The temperature range, for which the temperature characteristics of the dielectric is defined, is the same as the category temperature range.

Table 2 – Temperature characteristic of capacitance

Sub-class letter code	Maximum capacitance change within the category temperature range with respect to the capacitance at 20 °C measured with and without a DC voltage applied %		Category temperature range and corresponding number code					
			–55/+150 °C	–55/+125 °C	–55/+85 °C	–40/+85 °C	–25/+85 °C	+10/+85 °C
	without DC voltage applied	with DC voltage applied ^a	0	1	2	3	4	6
2B	±10	Requirements specified in the detail specification						
2C	±20							
2D	+20/–30							
2E	+22/–56							
2F	+30/–80							
2R	±15							
When the upper category temperature is above 125 °C, the limits of capacitance change, both with and without DC voltage applied, should be given in the detail specification.								
^a DC voltage applied is either rated voltage or the voltage specified in the detail specification.								
NOTE Annex B can be referred to for preferred values of the temperature characteristics for the reference temperature 25 °C.								

5 Test and measurement procedures

5.1 General

This Clause 5 supplements the information given in IEC 60384-1:2021, Clause 5 to Clause 10.

5.2 Special preconditioning

Unless otherwise specified in the detail specification, the special preconditioning, when specified in this document before a test or a sequence of tests, shall be carried out under the following conditions: exposure at upper category temperature or at such higher temperature as may be specified in the detail specification for a period of 1 h, followed by recovery for a period of 24 h ± 1 h at standard atmospheric conditions for testing.

NOTE Class 2 capacitors lose capacitance continuously with time following a logarithmic law (this is called ageing). However if the capacitor is heated to a temperature above the Curie point of its dielectric then "de-ageing" takes place, i.e. the capacitance lost through "ageing" is regained, and "ageing" recommences from the time when the capacitor recools.

The purpose of special preconditioning is to bring the capacitor to a defined stage regardless of its previous history (see Clause A.4 for further information).

5.3 Visual examination and check of dimensions

See IEC 60384-1:2021, 7.1.

5.4 Electrical tests

5.4.1 Capacitance

5.4.1.1 General

See IEC 60384-1:2021, 6.3, with the details of 5.4.1.2 and 5.4.1.3.

5.4.1.2 Measuring conditions

The capacitance shall be measured in accordance with Table 3 and in accordance with the details given below Table 3.

Table 3 – Measuring conditions

Reference temperature	Subclass	Measuring voltage	Referee voltage ^a
20 °C	2B, 2C, 2X	1,0 ± 0,2 V	1,0 ± 0,02 V
	2D, 2E, 2F, 2R	0,3 ± 0,2 V or as specified in the detail specification	0,3 ± 0,02 V or as specified in the detail specification
25 °C	R,S,T,U	1,0 ± 0,2 V	1,0 ± 0,02 V

^a In case of dispute about results of measurements, referee voltage is applied.

Frequency: $C_N < 100 \text{ pF}$ $f = 1 \text{ MHz}$ unless otherwise specified in the detail specification.

$C_N \geq 100 \text{ pF}$ $f = 1 \text{ kHz} \pm 20 \%$ for measuring purposes and 1 kHz for referee tests.

$C_N > 10 \text{ }\mu\text{F}$ $f = 100 \text{ Hz}$ or $120 \text{ Hz} \pm 20 \%$ with measuring voltage $0,5 \text{ V} \pm 0,2 \text{ V}$ for measuring purposes and 100 Hz or 120 Hz for referee tests.

5.4.1.3 Requirements

The capacitance value shall correspond with the rated value taking into account the specified tolerance.

For referee measurements the capacitance value shall be the value extrapolated to an ageing time of 1 000 h, unless otherwise specified in the detail specification (for explanation see Annex A).

5.4.2 Tangent of loss angle ($\tan \delta$)

5.4.2.1 General

See IEC 60384-1:2021, 6.4, with the details of 5.4.2.2 to 5.4.2.4.

5.4.2.2 Measuring conditions

See 5.4.1.

5.4.2.3 Accuracy

The accuracy of the measuring instruments shall be such that the measuring error does not exceed 0,001.

5.4.2.4 Requirements

The tangent of loss angle shall not exceed 0,035, or such lower value as may be given in the detail specification.

5.4.3 Insulation resistance (R_i)

5.4.3.1 General

See IEC 60384-1:2021, 6.1, with the details of 5.4.3.2 and 5.4.3.3.

5.4.3.2 Measuring conditions

See IEC 60384-1:2021, 6.1.2, with the following details:

For $U_R < 100$ V, the measuring voltage may be of any value not greater than U_R , the reference voltage being U_R .

The voltage shall be applied immediately at the specified value for $1 \text{ min} \pm 5 \text{ s}$ for qualification approval testing and periodic tests (Group C). For lot-by-lot testing (Group A), the test may be terminated in a shorter time, if the required value of insulation resistance is reached.

The product of the internal resistance of the voltage source and the nominal capacitance of the capacitor shall not exceed 1 s unless otherwise specified in the detail specification.

The charge current shall not exceed 0,05 A.

The insulation resistance (R_i) shall be measured at the end of the 1 min period.

5.4.3.3 Requirements

The insulation resistance (R_i) shall meet the requirements given in Table 4.

Table 4 – Insulation resistance requirements

Style	Measuring points	$C_N \leq 25 \text{ nF}$	$C_N > 25 \text{ nF}$
		R_i	$R_i \times C_N$
Insulated	1a and 1c	$\geq 4\,000 \text{ M}\Omega$	$\geq 100 \text{ s}$
Non-insulated	1a		

5.4.4 Voltage proof

5.4.4.1 General

See IEC 60384-1:2021, 6.2, with the details of 5.4.4.2 to 5.4.4.4.

5.4.4.2 Test conditions

The product of R_i and the nominal capacitance C_N shall be smaller than or equal to 1 s.

The charge current shall not exceed 0,05 A.

5.4.4.3 Test voltage

The voltages in Table 5 shall be applied between the measuring points of IEC 60384-1:2021, Table 3, for a period of 1 min for qualification approval testing and for a period of 1 s for the lot-by-lot quality conformance testing.

Table 5 – Test voltages

Type	Rated voltage V	Test voltage V
Leaded multilayer ceramic capacitors	$U_R \leq 100$	$2,5 U_R$
	$100 < U_R \leq 200$	$1,5 U_R + 100$
	$200 < U_R \leq 500$	$1,3 U_R + 100$
	$500 < U_R$	$1,3 U_R$
Others	$U_R \leq 500$	$2,5 U_R$
	$U_R > 500$	$1,5 U_R + 500$
If $U_R > 500$ V, then the test voltage for Test C (external insulation) is $1,5 U_R + 500$ V or as specified in the detail specification.		

5.4.4.4 Requirement

There shall be no breakdown or flashover during the test.

5.5 Temperature characteristic of capacitance (reference temperature 20 °C)**5.5.1 Special preconditioning**

See 5.2.

5.5.2 Measuring conditions

See IEC 60384-1:2021, 6.8.1.2 and 6.8.1.3, with Table 6.

The measuring steps and conditions for a reference temperature 25 °C are given in Annex B.

Table 6 – Details of measuring conditions

Measuring step	Temperature °C	DC voltage applied
1	20 ± 2	-
2	$T_A^a \pm 3$	-
3	20 ± 2	-
4	$T_B^b \pm 2$	-
5	$T_B \pm 2$	x
6	20 ± 2	x
7	$T_A \pm 3$	x
8	20 ± 2	
NOTE "-" indicates: no DC voltage applied. "x" indicates: DC voltage applied (if specified in the detail specification) Intermediate measurement temperatures are used when ensuring the requirements of 4.2.5. Reference capacitance is the capacitance measured at Step 3. Because of the effects described in the Note in 5.2, the capacitance values measured at temperature reference, Steps 5 to 7, with DC voltage applied, are time dependent. This time dependency is included in the given limits for capacitance change. The capacitance change between the first and the last measurements at temperature reference, Steps 1 and 8, indicates the amount of ageing involved. In case of a dispute about the results of measurements with DC voltage applied, it is advisable to agree upon a fixed time interval between measurements at temperature reference, Steps 5 and 7 with DC voltage applied (see IEC 60384-1:2021, 6.8.1.3). ^a T_A = Lower category temperature. ^b T_B = Upper category temperature.		

5.5.3 Requirements

The variation of capacitance shall be calculated in accordance with IEC 60384-1:2021, 6.8.3.1.

The temperature characteristics with and without DC voltage applied shall not exceed the values given in Table 2.

5.6 Robustness of terminations

See IEC 60384-1:2021, 7.3.

5.7 Resistance to soldering heat

5.7.1 General

See IEC 60384-1:2021, 9.1, with the details of 5.7.2 to 5.7.5.

5.7.2 Special preconditioning

See 5.2.

5.7.3 Initial measurement

The capacitance shall be measured in accordance with 5.4.1.

5.7.4 Recovery

The capacitors shall recover for a period of 24 h $\pm$ 2 h.

5.7.5 Final inspection, measurements and requirements

The capacitors shall be visually examined. There shall be no visible damage and the marking shall be legible.

The capacitances shall be measured in accordance with 5.4.1, and the capacitance change shall not exceed the values in Table 7.

Table 7 – Maximum capacitance change

Reference temperature 20 °C	
Subclass	Requirements
2B, 2C and 2X	± 10 %
2D and 2R	± 15 %
2E and 2F	± 20 %
NOTE 1 See 4.2.5 for explanation of the subclass codes.	
Reference temperature 25 °C	
Subclass	Requirements
R	± 10 %
S	± 10 %
T	± 15 %
U	± 20 %
NOTE 2 See Table B.2 for explanation of the subclass codes.	

5.8 Solderability

5.8.1 General

See IEC 60384-1:2021, 9.2, with the details of 5.8.2 to 5.8.3.

5.8.2 Test conditions

The requirements for the globule test method shall be specified in the detail specification. When neither the solder bath nor the solder globule method is appropriate the soldering iron test shall be used with soldering iron size A.

5.8.3 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, or see the detail specification for the wetting balance method.

5.9 Rapid change of temperature (if required)

5.9.1 General

See IEC 60384-1:2021, 8.1, with the details of 5.9.2 to 5.9.5.

5.9.2 Special preconditioning

See 5.2.

5.9.3 Initial measurement

The capacitance shall be measured in accordance with 5.4.1.

5.9.4 Test conditions

Number of cycles: 5.

Duration of exposure at the temperature limits: 30 min.

5.9.5 Recovery

The capacitors shall recover for a period of $24 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$.

5.10 Vibration

5.10.1 General

See IEC 60384-1:2021, 7.4, with the details of 5.10.2 and 5.10.3.

5.10.2 Test conditions

The following degree of severity of test Fc applies:

- 0,75 mm displacement or 100 m/s^2 , whichever is the lower amplitude, over one of the following frequency ranges: 10 Hz to 55 Hz, 10 Hz to 500 Hz, 10 Hz to 2 000 Hz. The total duration of the test shall be 6 h.

The detail specification shall specify the frequency range and shall also specify the mounting method to be used. For capacitors with axial leads and intended to be mounted by the leads only, the distance between the body and the mounting point shall be $6 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$.

5.10.3 Final inspection, measurements and requirements

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

5.11 Bump (repetitive shock)

5.11.1 General

See IEC 60384-1:2021, 7.5, with the details of 5.11.2 to 5.11.4.

The detail specification shall state whether the bump (repetitive shock) or the non-repetitive shock test applies.

5.11.2 Initial measurements

Not required.

5.11.3 Test conditions

The detail specification shall state which of the following preferred severities applies:

Total number of bumps:	1 000	or	4 000
Acceleration:	400 m/s^2	or	100 m/s^2
Pulse duration:	6 ms		16 ms

The detail specification shall also specify the mounting method to be used. For capacitors with axial leads and intended to be mounted by the leads only, the distance between the body and the mounting point shall be $6 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$.

5.11.4 Final inspection, measurements and requirements

The capacitors shall be visually examined and measured and shall meet the requirements given in 5.12.4.

5.12 Shock (non-repetitive shock)

5.12.1 General

See IEC 60384-1:2021, 7.6, with the details of 5.12.2 to 5.12.4.

The detail specification shall state whether the bump (repetitive shock) or the non-repetitive shock test applies.

5.12.2 Initial measurements

Not required.

5.12.3 Test conditions

The detail specification shall state which of the preferred severities applies as stated in Table 8.

Pulse-shape: half-sine.

Table 8 – Preferred severities (of non-repetitive shock)

Peak acceleration m/s ²	Corresponding duration of the pulse ms
300	18
500	11
1 000	6

The detail specification shall also specify the mounting method to be used. For capacitors with axial leads and intended to be mounted by the leads only, the distance between the body and the mounting point shall be $6 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$.

5.12.4 Final inspection, measurements and requirements

The capacitors shall be visually examined. There shall be no visible damage and the marking shall be legible.

The capacitance shall be measured in accordance with 5.4.1, the change shall not exceed the values in Table 9.

Table 9 – Maximum capacitance change

Reference temperature 20 °C	
Subclass	Requirements
2B, 2C and 2X	±10 %
2D and 2R	±15 %
2E and 2F	±20 %
NOTE 1 See 4.2.5 for explanation of the subclass codes.	
Reference temperature 25 °C	
Subclass	Requirements
R	±10%
S	±10%
T	±15%
U	±20%
NOTE 2 See Table B.2 for explanation of the subclass codes.	

5.13 Climatic sequence**5.13.1 General**

See IEC 60384-1:2021, 8.2, with the details of 5.13.2 to 5.13.8.

5.13.2 Special preconditioning

See 5.2.

5.13.3 Initial measurements

The capacitance shall be measured in accordance with 5.4.1.

5.13.4 Dry heat

See IEC 60384-1:2021, 8.2.3.

5.13.5 Damp heat, cyclic, Test Db, first cycle

See IEC 60384-1:2021, 8.2.4.

5.13.6 Cold

See IEC 60384-1:2021, 8.2.5, with the following detail.

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

5.13.7 Low air pressure**5.13.7.1 General**

See IEC 60384-1:2021, 8.2.6, with the details of 5.13.7.2 to 5.13.7.4.

5.13.7.2 Test conditions

The test, if required in the detail specification, shall be carried out at a temperature of 15 °C to 35 °C and a pressure of 8 kPa.

The duration of the test shall be 1 h.

5.13.7.3 Test procedures

Immediately after achieving the low pressure, U_R shall be applied for 1 min to 2 min.

5.13.7.4 Final inspection and requirements

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

5.13.8 Damp heat, cyclic, Test Db, remaining cycles

5.13.8.1 General

See IEC 60384-1:2021, 8.2.4, with the details of 5.13.8.2 to 5.13.8.4:

5.13.8.2 Test conditions

The test conditions are shown in Table 10.

No voltage is applied.

Table 10 – Number of damp heat cycles

Category	Number of cycles of 24 h
-/-/56	5
-/-/21	1
-/-/10	1
-/-/04	0

5.13.8.3 Recovery

The capacitors shall recover for 24 h $\pm$ 2 h.

5.13.8.4 Final inspection, measurements and requirements

The capacitors shall be visually examined.

There shall be no visible damage and the marking shall be legible.

The capacitors shall be measured and shall meet the following requirements given in Table 11. If the capacitance value is less than the minimum value permitted, then after the other measurements have been carried out the capacitor shall be preconditioned in accordance with 5.2 and then the requirement in Table 11 shall be met.

Table 11 – Final inspection measurements and requirements

Measurement	Measuring conditions	Requirements (reference temperature 20°C)			
		Subclasses 2B, 2C and 2X	Subclasses 2D and 2R	Subclasses 2E	Subclasses 2F
Capacitance	5.4.1	$\Delta C/C \leq \pm 10 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 15 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 20 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 30 \%$
Tangent of loss angle	5.4.2	$\leq 2 \times \text{value of 5.4.2.3}$			
Insulation resistance	5.4.3	$R_i \geq 1\,000\text{ M}\Omega$ or $R_i \times C_N \geq 25\text{ s}$ (whichever is less of the two values)			
NOTE 1 See 4.2.5 for explanation of the subclass codes.					
Measurement	Measuring conditions	Requirements (reference temperature 25°C)			
		Subclasses R	Subclasses S	Subclasses T	Subclasses U
Capacitance	5.4.1	$\Delta C/C \leq \pm 15 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 15 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 15 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 20 \%$
Tangent of loss angle	5.4.2	$\leq 2 \times \text{value of 5.4.2.3}$			
Insulation resistance	5.4.3	$R_i \geq 1\,000\text{ M}\Omega$ or $R_i \times C_N \geq 25\text{ s}$ (whichever is less of the two values)			
NOTE 2 See Table B.2 for an explanation of the subclass codes.					

5.14 Damp heat, steady state**5.14.1 General**

See IEC 60384-1:2021, 8.3, with the details of 5.14.2 to 5.14.6.

5.14.2 Special preconditioning

See 5.2.

5.14.3 Initial measurement

The capacitance shall be measured in accordance with 5.4.1.

5.14.4 Test conditions

No voltage is applied, unless otherwise specified in the detail specification.

The severity of the test should be selected from the test conditions as shown in Table 12 and as specified in the detail specification.

The duration time of the test should be selected in accordance with 4.1 and shall be specified in the detail specification.

Table 12 – Test conditions for damp heat, steady state

Severity	Temperature °C	Relative humidity %
1	+85 ± 2	85 ± 3
2	+60 ± 2	93 ± 3
3	+40 ± 2	93 ± 3

When the application of voltage is specified, U_R shall be applied to one half of the lot and no voltage shall be applied to the other half of the lot.

5.14.5 Recovery

The capacitors shall recover for a period of 24 h ± 2 h.

5.14.6 Final inspection, measurements and requirements

The capacitors shall be visually examined.

There shall be no visible damage and the marking shall be legible.

The capacitors shall be measured and shall meet the requirements given in Table 13. If the capacitance value is less than the minimum value permitted, then after the other measurements have been made the capacitor shall be preconditioned in accordance with 5.2 and then the requirement in Table 13 shall be met.

Table 13 – Final inspection, measurements and requirements

Measurement	Measuring conditions	Requirements (reference temperature 20°C)			
		Subclasses	Subclasses	Subclasses	Subclasses
		2B, 2C and 2X	2D and 2R	2E	2F
Capacitance	5.4.1	$\Delta C/C \leq \pm 10 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 15 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 20 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 30 \%$
Tangent of loss angle	5.4.2	$\leq 2 \times$ value of 5.4.2.3			
Insulation resistance	5.4.3	$R_i \geq 1\,000\text{ M}\Omega$ or $R_i \times C_N \geq 25\text{ s}$ (whichever is less of the two values)			
NOTE 1 See 4.2.5 for explanation of the subclass codes.					
Measurement	Measuring conditions	Requirements (reference temperature 25 °C)			
		Subclasses	Subclasses	Subclasses	Subclasses
		R	S	T	U
Capacitance	5.4.1	$\Delta C/C \leq \pm 15 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 15 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 15 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 20 \%$
Tangent of loss angle	5.4.2	$\leq 2 \times$ value of 5.4.2.3			
Insulation resistance	5.4.3	$R_i \geq 1\,000\text{ M}\Omega$ or $R_i \times C_N \geq 25\text{ s}$ (whichever is less of the two values)			
NOTE 2 See Table B.2 for an explanation of the subclass codes.					

5.15 Endurance

5.15.1 General

See IEC 60384-1:2021, 8.5, with the details of 5.15.2 to 5.15.6.

5.15.2 Special preconditioning

See 5.2.

5.15.3 Initial measurement

The capacitance shall be measured in accordance with 5.4.1.

5.15.4 Test conditions

The capacitors shall be tested in accordance with Table 14.

Table 14 – Endurance test conditions

Type	Temperature	Rated voltage V	Test voltage V	Duration h
Leaded multilayer ceramic capacitors	Upper category temperature	$U_R \leq 200$	$1,5 U_R$	1 000
		$200 < U_R \leq 500$	$1,3 U_R$	1 500
		$500 < U_R$	$1,2 U_R$	2 000
Others	Upper category temperature	U_R	$1,5 U_R$	1 000

5.15.5 Recovery

The capacitors shall recover for a period of $24 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$.

5.15.6 Final inspection, measurements and requirements

The capacitors shall be visually examined.

There shall be no visible damage and the marking shall be legible.

The capacitors shall be measured and shall meet the requirements given in Table 15. If the capacitance value is less than the minimum value permitted, then after the other measurements have been made the capacitor shall be preconditioned in accordance with 5.4.1 and then the requirement in Table 15 shall be met.

Table 15 – Final inspection, measurements and requirements

Measurement	Measuring conditions	Requirements (reference temperature 20 °C)			
		Subclasses 2B and 2C	Subclasses 2D and 2R	Subclasses 2E	Subclasses 2F
Capacitance	5.4.1	$\Delta C/C \leq \pm 10 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 15 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 20 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 30 \%$
Tangent of loss angle	5.4.2	$\leq 2 \times \text{value of 5.4.2.3}$			
Insulation resistance	5.4.3	$R_i \geq 2\,000\text{ M}\Omega$ or $R_i \times C_N \geq 50\text{ s}$			
		(whichever is less of the two values)			
NOTE 1 See 4.2.5 for an explanation of the subclass codes.					
Measurement	Measuring conditions	Requirements (reference temperature 25 °C)			
		Subclasses R	Subclasses S	Subclasses T	Subclasses U
Capacitance	5.4.1	$\Delta C/C \leq \pm 15 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 15 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 15 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 20 \%$
Tangent of loss angle	5.4.2	$\leq 2 \times \text{value of 5.4.2.3}$			
Insulation resistance	5.4.3	$R_i \geq 2\,000\text{ M}\Omega$ or $R_i \times C_N \geq 50\text{ s}$			
		(whichever is less of the two values)			
NOTE 2 See Table B.2 for an explanation of the subclass codes.					

5.16 Component solvent resistance (if applicable)

See IEC 60384-1:2021, 9.4.

5.17 Solvent resistance of the marking (if applicable)

See IEC 60384-1:2021, 9.5.

6 Marking**6.1 General**

See IEC 60384-1:2021, 4.3, with the details of 6.2 to 6.5.

6.2 Information for marking

The information given in the marking is normally selected from the following list; the relative importance of each item is indicated by its position in the list:

- nominal capacitance;
- rated voltage (DC voltage may be indicated by the symbol: $\overline{\text{---}}$ [IEC 60417-5031(2002-10)] or ---);
- tolerance on nominal capacitance;
- the dielectric subclass, see Table 2;
- year and month (or week) of manufacture;
- manufacturer's name or trade mark;
- climatic category;
- manufacturer's type designation;
- reference to the detail specification.

Information required under item b) and d) may be given in code form under the manufacturer's, or national, type or style designation.

6.3 Marking on the body

The capacitor shall be clearly marked with items a), b) and c) of 6.2 and with as many as possible of the remaining items as is considered necessary. Any duplication of information in the marking on the capacitor should be avoided.

6.4 Marking on the packaging

The packaging containing the capacitor(s) shall be clearly marked with all the information listed in 6.2.

6.5 Additional marking

Any additional marking shall be so applied that no confusion can arise.

7 Information to be given in a detail specification

7.1 General

Detail specifications shall be derived from the relevant blank detail specification.

Detail specifications shall not specify requirements inferior to those of the generic, sectional or blank detail specification. When more severe requirements are included, they shall be indicated in the test schedules, for example by an asterisk.

The information given in 7.2 may for convenience, be presented in tabular form.

The information in 7.2 to 7.5 shall be given in each detail specification and the values quoted should be selected from those given in the appropriate clause of this document.

7.2 Outline drawing and dimensions

There shall be an illustration of the capacitor as an aid to easy recognition and for comparison of the capacitor with others.

Dimensions and their associated tolerances, which affect interchangeability and mounting, shall be given in the detail specification. All dimensions shall be stated in millimetres, however when the original dimensions are given in inches, the converted metric dimensions in millimetres shall be added.

Normally, the numerical values shall be given for the length of the body, the width and height of the body and the wire spacing, or for cylindrical types, the body diameter, and the length and diameter of the terminations. When necessary, for example when a number of items (capacitance values/voltage ranges) are covered by a detail specification, the dimensions and their associated tolerances shall be placed in a table below the drawing.

When the configuration is other than described above, the detail specification shall state such dimensional information as will adequately describe the capacitors. When the capacitor is not designed for use on printed boards, this shall be clearly stated in the detail specification.

7.3 Mounting

The detail specification shall specify the method of mounting to be applied for normal use and for the application of the vibration and the bump or shock tests. The design of the capacitor may be such that special mounting fixtures are required in its use. In this case, the detail specification shall describe the mounting fixtures and they shall be used in the application of the vibration and the bump or shock tests.

7.4 Ratings and characteristics

7.4.1 General

The ratings and characteristics shall be in accordance with the relevant clauses of this document, together with the provisions of 7.4.2, 7.4.3 and 7.4.4.

7.4.2 Nominal capacitance range

The nominal capacitance range shall be specified as described in 4.2.4.1.

When products approved to the detail specification have different ranges, the following statement should be added: "The range of capacitance values available in each voltage range is given in the register of approvals, available for example on the IECQ on-line certificate system website www.iecq.org".

7.4.3 Particular characteristics

Additional characteristics may be listed, when they are considered necessary to specify adequately the component for design and application purposes.

7.4.4 Soldering

The detail specification shall specify the test methods, severities and requirements applicable for the solderability and the resistance to soldering heat tests.

7.5 Marking

The detail specification shall specify the content of the marking on the capacitor and on the packaging. Deviations from Clause 6 shall be specifically stated in the detail specification.

8 Quality assessment procedures

8.1 Primary stage of manufacture

For single layer capacitors, the primary stage of manufacture is the metallizing of the dielectric to form the electrode; for multilayer capacitors it is the first common firing of the dielectric-electrode assembly.

8.2 Structurally similar components

Capacitors, considered as being structurally similar, are capacitors produced with similar processes and materials, though they can be of different case sizes and values.

8.3 Certified test records of released lots

The information required in IEC 60384-1:2021, Q.1.5, shall be made available when specified in the detail specification and when requested by a purchaser. After the endurance test, the parameters for which variables information is required are the capacitance change, $\tan \delta$ and the insulation resistance.

8.4 Qualification approval

8.4.1 General

The procedures for qualification approval testing are given in IEC 60384-1:2021, Clause Q.2.

The schedule to be used for qualification approval testing on the basis of lot-by-lot and periodic tests is given in Annex C. The procedure using a fixed sample size schedule is given in 8.4.2 and 8.4.3.

8.4.2 Qualification approval on the basis of the fixed sample size procedure

The fixed sample size procedure is described in IEC 60384-1:2021, Q.2.4. The sample shall be representative of the range of capacitors for which approval is sought. This range may be different from the complete range covered by the detail specification.

The samples shall consist of specimens having the lowest and highest voltages, and for these voltages the lowest and highest capacitance values. When there are more than four rated voltages an intermediate voltage shall also be tested. Thus, for the approval of a range, testing is required of either four or six values (capacitance/voltage combinations). When the range consists of less than four values, the number of specimens to be tested shall be that required for four values.

Spare specimens are permitted as follows.

Two (for six values) or three (for four values) per value may be used as replacements for specimens which are non-conforming because of incidents not attributable to the manufacturer.

The numbers given in Group 0 assume that all groups are applicable. If this is not so, the numbers may be reduced accordingly.

When additional groups are introduced into the qualification approval test schedule, the number of specimens required for Group 0 shall be increased by the same number as that required for the additional groups.

Table 3 gives the number of samples to be tested in each group or subgroup together with the number of permissible non-conformances for qualification approval tests.

8.4.3 Tests

The complete series of tests specified in Table 16 and Table 17 are required for the approval of capacitors covered by one detail specification. The tests of each group shall be carried out in the order given.

The whole sample shall be subjected to the tests of Group 0 and then divided for the other groups.

Non-conforming specimens found during the tests of Group 0 shall not be used for the other groups.

"One non-conforming item" is counted when a capacitor has not satisfied the whole or a part of the tests of a group.

The approval is granted when the number of non-conforming items is zero.

Table 16 and Table 17 together form the fixed sample size test schedule for which Table 16 includes the details for the sampling and permissible non-conforming item for the different tests or groups of tests. Table 17 together with the details of test contained in Clause 5 gives a complete summary of test conditions and performance requirements and indicates where, for example for the test method or conditions of test, a choice has to be made in the detail specification.

The conditions of test and performance requirements for the fixed sample size test schedule shall be identical to those specified in the detail specification for quality conformance inspection.

Table 16 – Sampling plan together with numbers of permissible non-conforming items for qualification approval tests, assessment level EZ

Group No.	Test	Subclause of this document	Number of specimens n^b	Permissible number of non-conforming items c^d
0	Visual examination	5.3	108	0
	Dimensions	5.3		
	Capacitance	5.4.1		
	Tangent of loss angle	5.4.2		
	Insulation resistance	5.4.3		
	Voltage proof	5.4.4		
	Spare specimens		8	
1A	Robustness of terminations	5.6	12	0
	Resistance to soldering heat	5.7		
	Component solvent resistance ^c	5.16		
1B	Solderability	5.8	24	0
	Solvent resistance of the marking ^c	5.17		
	Rapid change of temperature ^a	5.9		
	Vibration	5.10		
	Bump or shock ^a	5.11 or 5.12		
1	Climatic sequence	5.13	36	0
2	Damp heat, steady state	5.14	24	0
3	Endurance	5.15	36	0
4	Temperature characteristic of capacitance	5.5	12	0
^a	As required in the detail specification.			
^b	Capacitance/voltage combinations, see 8.4.2.			
^c	If required in the detail specification.			
^d	This is the acceptance number, and not exceeded for acceptance.			

Table 17 – Test schedule for qualification approval

Test ^a	Conditions of test ^a	D or ND ^b	n	c	Performance requirements ^a
			(see Table 16)		
GROUP 0		ND	See Table 16		
5.3 Visual examination					As in 5.3
5.3 Dimension (detail)					Legible marking and as specified in the detail specification
5.4.1 Capacitance	Frequency: ... Hz Measuring voltage: V RMS				See the detail specification Within specified tolerance
5.4.2 Tangent of loss angle (tan δ)	Frequency and Measuring voltage same as in 5.4.1				As in 5.4.2.4
5.4.3 Insulation resistance	See detail specification for the method				As in 5.4.3.3
5.4.4 Voltage proof	See detail specification for the method				No breakdown or flashover
GROUP 1A		D	See Table 16		
5.6 Robustness of termination	Visual examination Capacitance				No visible damage
5.7.3 Initial measurement					
5.7 Resistance to soldering heat	Special preconditioning as in 5.2 See detail specification for the method				
5.7.5 Final inspection, measurement and requirements	Visual examination Capacitance				No visible damage Legible marking $\Delta C/C$ as in 5.7.5
5.16 Component solvent resistance (if applicable)	Solvent: ... Solvent temperature: Method 2 Recovery: ...				See detail specification

Test ^a	Conditions of test ^a	D or ND ^b	n	c	Performance requirements ^a
			(see Table 16)		
GROUP 1B		D	See Table 16		
5.8 Solderability	See detail specification for the method				Good tinning as evidenced by free flowing of the solder with wetting of the terminations, or see the detail specification for wetting balance method
5.17 Solvent resistance of the marking (if applicable)	Solvent: ... Solvent temperature: ... Method 1 Rubbing material: cotton wool Recovery: ...				Legible marking
5.9 Rapid change of temperature	Special preconditioning as in 5.2				
5.9.3 Initial measurement	Capacitance T_A = Lower category temperature T_B = Upper category temperature Five cycles Duration t_1 = 30 min Recovery: 24 h ± 2 h Visual examination				No visible damage
5.10 Vibration	For mounting method see detail specification Frequency range: from ... Hz to ... Hz Amplitude: 0,75 mm or acceleration 100 m/s ² (whichever is the less severe) Total duration: 6 h				
5.10.3 Intermediate inspection	Visual examination				No visible damage
5.11 Bump (or shock, see 5.12)	For mounting method see detail specification Number of bumps: ... Acceleration: ... m/s ² Duration of pulse: ... ms				
5.12 Shock (or bump, see 5.11)	For mounting method see detail specification Acceleration: ... m/s ² Duration of pulse: ... ms				
5.11.4 or 5.12.4	Visual examination				No visible damage Legible marking
Final inspection, measurements and requirements	Capacitance				$\Delta C/C$ as in 5.12.4

Test ^a	Conditions of test ^a	D or ND ^b	n	c	Performance requirements ^a
			(see Table 16)		
GROUP 1		D	See Table 16		
5.13 Climatic sequence	Special preconditioning as in 5.2				
5.13.3 Initial measurement	Capacitance				
5.13.4 Dry heat	Temperature: upper category temperature Duration: 16 h				
5.13.5 Damp heat, cyclic, Test Db, first cycle					
5.13.6 Cold	Temperature: lower category temperature Duration: 2 h				
5.13.7 Low air pressure (if required by the detail specification)	Visual examination Air pressure: 8 kPa				No visible damage
5.13.7.4 Intermediate inspection	Visual examination				No breakdown or flashover
5.13.8 Damp heat, cyclic, Test Db, remaining cycles	Recovery: 24 h ± 2 h				
5.13.8.4 Final inspection, measurements and requirements	Visual examination Capacitance Tangent of loss angle Insulation resistance				No visible damage Legible marking $\Delta C/C$ as in 5.13.8.4 As in 5.13.8.4 As in 5.13.8.4
Group 2		D	See Table 16		
5.14 Damp heat, steady state	Special preconditioning as in 5.2				
5.14.3 Initial measurements	Capacitance Recovery: 24 h ± 2 h				
5.14.6 Final inspection, measurements and requirements	Visual examination Capacitance Tangent of loss angle Insulation resistance				No visible damage Legible marking $\Delta C/C$ as in 5.14.6 As in 5.14.6 As in 5.14.6
Group 3		D	See Table 16		
5.15 Endurance	Special preconditioning as in 5.2				
	Voltage: V Duration: h				
5.15.3 Initial measurement	Capacitance Recovery: 24 h ± 2 h				
5.15.6 Final inspection, measurement and requirements	Visual examination Capacitance Tangent of loss angle Insulation resistance				No visible damage Legible marking $\Delta C/C$ as in 5.15.6 As in 5.15.6 As in 5.15.6

Test ^a	Conditions of test ^a	D or ND ^b	<i>n</i>	<i>c</i>	Performance requirements ^a
			(see Table 16)		
Group 4		ND	See Table 16		
5.5 Temperature characteristic of capacitance	Special preconditioning as in 5.2				$\Delta C/C$ as in 5.5.3
^a Subclause numbers of test and performance requirements refer to Clause 5.					
^b In this table: D = destructive, ND = non-destructive.					

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60384-9:2024

Annex A (normative)

Capacitance ageing of fixed capacitors of ceramic dielectric, Class 2

A.1 General

Most Class 2 dielectrics used for ceramic capacitors have ferroelectric properties, and exhibit a Curie temperature.

Above this temperature the dielectric has the highly symmetric cubic crystal structure whereas below the Curie temperature the crystal structure is less symmetrical. Although in single crystals this phase transition is very sharp, in practical ceramics, it is often spread over a finite temperature range, but in all cases it is linked with a peak in the capacitance/temperature curve.

Under the influence of thermal vibration, the ions in the crystal lattice continue to move to positions of lower potential energy for a long time after the dielectric has cooled through the Curie temperature. This gives rise to the phenomenon of capacitance ageing, whereby the capacitor continually decreases its capacitance.

However, if the capacitor is heated to a temperature above the Curie temperature, then de-ageing takes place; i.e. the capacitance lost through ageing is regained, and ageing recommences from the time when the capacitor recools.

A.2 Law of capacitance ageing

During the first hour after cooling through the Curie temperature, the loss of capacitance is not well defined, but after this time it follows a logarithmic law (see K.W. Plessner, Proc. Phys. Soc., vol. 69B, P1261, 1956) which can be expressed in terms of an ageing constant.

The ageing constant k is defined as the percentage loss of capacitance due to the ageing process of the dielectric which occurs during a "decade", i.e. a time in which the capacitor increases its age tenfold, for example from 1 h to 10 h.

As the law of decrease of capacitance is logarithmic, the percentage loss of capacitance will be $2 \times k$ between 1 h and 100 h and $3 \times k$ between 1 h and 1 000 h. This can be expressed mathematically by the following formula:

$$C_t = C_1 \left(1 - \frac{k}{100} \times \lg t \right) \quad (\text{A.1})$$

where

C_t is the capacitance t h after the start of the ageing process;

C_1 is the capacitance 1 h after the start of the ageing process;

k is the ageing constant in percent per decade (as defined above);

t is the time in h from the start of the ageing process.

The ageing constant may be declared by the manufacturer for a particular ceramic dielectric, or it may be defined by de-ageing the capacitor and measuring the capacitance at two known times thereafter.

k is then given by the following formula:

$$k = \frac{100 \times (C_{t_1} - C_{t_2})}{C_{t_1} \times \lg t_2 - C_{t_2} \times \lg t_1} \quad (\text{A.2})$$

If capacitance measurements are made three or more times, then it is possible to derive k from the slope of a graph where C_t is plotted against $\lg t$.

During measurements of ageing, the capacitor should be maintained at a constant temperature so that capacitance variations due to the temperature characteristic do not mask those due to ageing.

A.3 Capacitance measurements and capacitance tolerance (see 5.4.1)

Because of ageing, it is necessary to specify a reference age at which the capacitance shall be within the specified tolerance. This is fixed at 1 000 h, since for practical purposes there is not much further loss of capacitance after this time.

In order to calculate the capacitance $C_{1\,000}$ after 1 000 h, the ageing constant shall be known or determined as in Clause A.2, when the following formula may be used:

$$C_{1\,000} = C_t \times \left[1 - \frac{k}{100} (3 - \lg t) \right] \quad (\text{A.3})$$

For factory measurements, the loss of capacitance from the age at the time of measurement to 1 000 h age will be known and can be off-set by using asymmetric inspection tolerances.

For example, if it is known that the capacitance loss will be 5 %, then the capacitors may be inspected to limits of $\begin{smallmatrix} +25 \\ -15 \end{smallmatrix}$ % instead of ± 20 %.

Capacitance is normally declared at 20 °C, and it may be necessary to measure at this temperature or correct the results to this temperature. Errors can also arise from heat from the hands, and capacitors should therefore always be handled with tweezers.

A.4 Special preconditioning (see 5.2)

In many of the tests in this document, it is required to measure the capacitance change which results from a given conditioning (e.g. climatic sequence). In order to avoid the interfering effect of ageing, the capacitor is specially preconditioned before these tests by maintaining it for 1 h at the upper category temperature, followed by 24 h at standard atmospheric conditions for testing.

For those capacitors with a Curie temperature below the upper category temperature, this results in de-ageing and subsequently bringing the capacitors to an age of 24 h. The recovery after the conditioning is also arranged, if possible, to bring the capacitors to an age of 24 h, so that capacitance changes due to ageing are minimised.

If the Curie temperature of the dielectric is above the upper category temperature then the special preconditioning will not completely de-age the capacitor, but it will nevertheless bring it into a state where its capacitance is not so dependent on its previous history and the same effect will be achieved, though not completely de-aged. In order to de-age such capacitors completely, temperatures up to 160 °C can be required, and this temperature could be deleterious to the encapsulation. Therefore, in the few cases where complete de-ageing of such capacitors can be required, the detail specification shall be consulted for details and any necessary precautions.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60384-9:2024

Table B.1 – Temperature characteristics of capacitance

Table B.2 – Preferred values of the temperature characteristic of with and without a DC voltage applied

Sub-class letter code	Maximum capacitance change within the category temperature range with respect to the capacitance at 20 °C measured with and without ^a DC voltage applied %		Category temperature range and corresponding number code			
			–55/+85 °C	–55/+105 °C	–55/+125 °C	–55/+150 °C
	without DC voltage applied	with DC voltage applied ^a (if required)	X5	X6	X7	X8
R	±15	Requirements specified in the detail specification	x	x	x	x
S	±22			x	x	x
T	+22/–33			x	x	x
U	+22/–56			x	x	x
^a DC voltage applied is either rated voltage or the voltage specified in the detail specification.						
NOTE "x" indicates preferred.						

Table B.3 – Measuring conditions of temperature characteristic of capacitance for the reference temperature of 25 °C

Method	Measuring step	Temperature °C	DC voltage applied
A	1	25 ± 2	-
	2	$T_A \pm 2$	-
	3	25 ± 2	-
	4	$T_B \pm 2$	-
	5	$T_B \pm 2$	x
	6	25 ± 2	x
	7	$T_A \pm 2$	x
B	1 2 3 4	See above	-
Measurements may be made at such intermediate temperatures as to ensure that the requirements of 4.2.5 are met.			
NOTE 1 "-" indicates: no DC voltage applied "x" indicates: DC voltage applied (if specified in the detail specification)			
NOTE 2 Reference capacitance is the capacitance measured at Step 3.			
T_A = Lower category temperature.			
T_B = Upper category temperature.			

Annex C (normative)

Quality conformance inspection

C.1 Formation of inspection lots

C.1.1 Groups A and B inspection

These tests shall be carried out on a lot-by-lot basis.

A manufacturer may aggregate the current production into inspection lots subject to the following safeguards:

- a) The inspection lot shall consist of structurally similar capacitors (see 8.2);
- b) For Group A, the sample tested shall consist of each of the values and each of the dimensions contained in the inspection lot:
 - in relation to their number;
 - with a minimum of five of any one value.

For subgroup B2 the sample shall include capacitors of every temperature characteristic represented in the lot.

- c) If there are less than five of any one value in the sample the basis for the drawing of samples shall be agreed between the manufacturer and the certification body (CB).

C.1.2 Group C inspection

These tests shall be carried out on a periodic basis.

Samples shall be representative of the current production of the specified periods and shall be divided into high, medium and low capacitance values. In subsequent periods, different voltage ratings and capacitance values in production shall be tested with the aim of covering the whole range.

C.2 Test schedule

The schedule for the lot-by-lot and periodic tests for quality conformance inspection is given in Table C.3 and Table C.4.

C.3 Delayed delivery

When, in accordance with the procedures of IEC 60384-1:2021, Q.1.7, re-inspection shall be carried out, solderability and capacitance shall be checked as specified in Groups A and B inspection.

C.4 Assessment levels

The assessment level(s) given in Table C.3 and Table C.4 should be selected from Table C.1 and Table C.2.

Table C.1 – Lot-by-lot inspection

Inspection subgroup ^c	EZ		
	IL	<i>n</i>	<i>c</i>
A0	100 % ^a		
A1	S-4	b	0
A2	S-3	b	0
B1	S-3	b	0
B2	S-2	b	0
IL = inspection level; <i>n</i> = sample size; <i>c</i> = permissible number of non-conforming items. ^a The inspection shall be performed after removal of nonconforming items by 100 % testing during the manufacturing process. Whether the lot was accepted or not, all samples for sampling inspection shall be inspected in order to monitor outgoing quality level by nonconforming items per million ($\times 10^{-6}$). The sampling level shall be established by the manufacturer and should be in accordance with IEC 61193-2:2007, Annex A. In case one or more nonconforming items occur in a sample, this lot shall be rejected but all nonconforming items shall be counted for the calculation of quality level values. Outgoing quality level by nonconforming items per million ($\times 10^{-6}$) values shall be calculated by accumulating inspection data in accordance with the method given in IEC 61193-2:2007, 6.2. ^b Number to be tested: Sample size shall be determined according to IEC 61193-2:2007, 4.3.2. ^c The content of the inspection subgroup is described in Table C.3.			

Table C.2 – Periodic tests

Inspection subgroup ^a	EZ		
	<i>p</i>	<i>n</i>	<i>c</i>
C1A	6	9	0
C1B	6	18	0
C1	6	27	0
C2	6	15	0
C3	3	15	0
C4	12	9	0
<i>p</i> = periodicity in months; <i>n</i> = sample size; <i>c</i> = permissible number of non-conforming items. ^a The content of the inspection subgroup is described in Table C.4.			

C.5 Test schedule for quality conformance inspection

For quality conformance inspection, the test schedules given in Table C.3 and Table C.4 include sampling, periodicity, severities and requirements. The formation of inspection lots is given in Clause C.1.

Table C.3 – Test schedule for quality conformance inspection (lot by lot)

Lot-by-lot tests					
Test ^a	Conditions of test ^b	D ^c or ND	IL ^c	e ^c	Performance requirements
Group A0 [100 % tests]		ND			
5.4.1 Capacitance	Frequency: ... kHz Measuring Voltage: ... V As in 5.4.1		100 % ^d	Within specified tolerance As in 5.4.1.3	
5.4.2 Tangent of loss angle	As in 5.4.2			As in 5.4.2.4	
5.4.3 Insulation resistance (R _i)	As in 5.4.3			As in 5.4.3.3	
5.4.4 Voltage proof	As in 5.4.4			As in 5.4.4.4	
Group A1 [Sampling tests]		ND			
5.3 Visual examination			S-4 ^e	0	As in 5.3 Legible marking and as specified in the detail specification
Group A2 [Sampling tests]		ND			
5.3 Dimension (gauging) ^f			S-3 ^e	0	See the detail specification
Group B1 [Special tests]		D			
5.8 solderability	See detail specification for the method		S-3 ^e	0	Good tinning as evidenced by free flowing of the solder with wetting of the terminations or solder shall flow within ... s, as applicable
5.17 Solvent resistance of the marking (if applicable)	Solvent: ... Solvent temperature: ... Method 1 Rubbing material: cotton wool Recovery: ...				Legible marking
Group B2 [Special tests] ^g		ND			
5.5 Temperature characteristics of capacitance	Special preconditioning as in 5.2 Capacitance		S-2 ^e	0	ΔC/C: As in 5.5.3

^a Applicable tests, test conditions, requirements and clause numbers as selected from this document.

^b The information given in this Table C.3 shall provide a suitable overview of the most relevant parameters of each test, however, it shall not take precedence over any more detailed specification given in a respective clause of this document or in a cited normative reference.

^c Refer to Table C.1 for lists of symbols and of abbreviated terms.

^d After 100 % measurement and removal of nonconforming items, a re-inspection shall be performed in order to monitor the outgoing quality level, in accordance with the detail specification. A lot shall be rejected if one or more nonconforming items occur in a sample during re-inspection.

^e Inspection levels are selected from IEC 61193-2:2007.

^f This test may be replaced by in-production testing if the manufacturer installs statistical process control (SPC) on dimensional measurements or other mechanisms to avoid parts exceeding the limits.

^g This subgroup may be omitted if a corresponding test is carried out on each manufacturing batch of dielectric material.

Table C.4 – Test schedule for quality conformance inspection (periodic test)

Periodic tests						
Test ^a	Conditions of test ^b	D ^c or ND	p ^c	n ^c	c ^c	Performance requirements
Group C1A^e		D				
Part of sample of group C1			6	9	0 ^d	
5.3 Dimensions (detail)						See detail specification
5.6 Robustness of terminations	Visual examination					No visible damage
5.7.2 Initial measurement	Capacitance					
5.7 Resistance to soldering heat	Special preconditioning as in 5.2 Method: ...					
5.7.5 Final inspection, measurements and requirements	Visual examination Capacitance					No visible damage Legible marking ΔC/C as in 5.7.5
5.16 Component solvent resistance (if applicable)	Solvent: ... Solvent temperature: ... Method 2 Recovery: ...					Legible marking
Group C1B^e		D				
Other part of sample of subgroup C1			6	18	0 ^d	
5.9 Rapid change of temperature (if required)	Special preconditioning as in 5.2					
5.9.3 Initial measurement	Capacitance T _A = Lower category temperature T _B = Upper category temperature Five cycles Duration t ₁ = 30 min Recovery: 24 h ± 2 h Visual examination					No visible damage
5.10 Vibration	Method of mounting: see 7.3 of this document Frequency range: ... Hz to ... Hz Amplitude 0,75 mm or acceleration 100 m/s ² (whichever is the less severe) Total duration: 6 h					
5.11.3 Final inspection, measurements and requirements	Visual examination					No visible damage
5.11 Bump [repetitive shock (or shock, see 5.12)]	Method of mounting: see 7.3 of this specification Acceleration: ... m/s ² Duration of pulse: ... ms					No visible damage
5.12 Shock [non-repetitive shock (or bump, see 5.11)]	Method of mounting: see 7.3 of this specification Acceleration: ... m/s ² Duration of pulse: ... ms					No visible damage

Periodic tests						
Test ^a	Conditions of test ^b	D ^c or ND	p ^c	n ^c	c ^c	Performance requirements
5.11.4 or 5.12.4 Final inspection, measurements and requirements	Visual examination Capacitance					No visible damage Legible marking $\Delta C/C$ as in 5.12.4
Group C1^e		D				No visible damage No breakdown or flashover No visible damage, Legible marking $\Delta C/C$: As in 5.13.8.4 As in 5.13.8.4 As in 5.13.8.4
Combined sample of specimens of group C1A and C1B						
5.13 Climatic sequence	Special preconditioning as in 5.2		6	27	0 ^d	
5.13.3 Initial measurement	Capacitance					
5.13.4 Dry heat	Temperature: upper category temperature Duration: 16 h					
5.13.5 Damp heat, cyclic, test Db, first cycle						
5.13.6 Cold	Temperature: lower category temperature Duration: 2 h Visual inspection					
5.13.7 Low air pressure (if required by the detail specification)	Air pressure 8 kPa					
5.13.7.4 Final inspection and requirements	Visual examination					
5.13.8 Damp heat, cyclic, test Db, remaining cycles	Recovery: 24 h $\pm$ 2 h					
5.13.8.4 Final inspection, measurements and requirements	Visual examination Capacitance Tangent of loss angle Insulation resistance					
Group C2^e		D				No visible damage, Legible marking $\Delta C/C$: As in 5.14.6 As in 5.14.6 As in 5.14.6
5.14 Damp heat, steady state	Special preconditioning as in 5.2		6	15	0 ^d	
5.14.3 Initial measurement	Capacitance Recovery: 24 h $\pm$ 2 h					
5.14.6 Final inspections, measurements and requirements	Visual examination Capacitance Tangent of loss angle Insulation resistance					

Periodic tests						
Test ^a	Conditions of test ^b	D ^c or ND	p ^c	n ^c	c ^c	Performance requirements
Group C3^e		D				
5.15 Endurance	Special preconditioning as in 5.2 Duration: ...h Temperature: ...°C Voltage: ...V		3	21	0 ^d	
5.15.3 Initial measurement	Capacitance Recovery: 24 h ± 2 h					
5.15.6 Final inspections, measurements and requirements	Visual examination Capacitance Tangent of loss angle Insulation resistance					No visible damage, Legible marking ΔC/C: As in 5.15.6 As in 5.15.6 As in 5.15.6
Group C4^e		ND				
5.5 Temperature characteristic of capacitance	Special preconditioning as in 5.2 capacitance		12	9	0 ^d	ΔC/C: As in 5.7.3

^a Applicable tests, test conditions, requirements and clause numbers as selected from this document.

^b The information given in Table C.4 shall provide a suitable overview of the most relevant parameters of each test, however, it shall not take precedence over any more detailed specification given in a respective clause of this document or in a cited normative reference.

^c Refer to Table C.2 for lists of symbols and of abbreviated terms.

^d If one non-conforming item is obtained, all the tests of the subgroup shall be repeated on a new sample and then no further non-conforming items are permitted. Release of product may continue during repeat testing.

^e All tests of the sub-group shall be repeated if one or more nonconforming item is obtained. No nonconforming items are permitted in the repeat testing. Release of products may continue during repeat testing.

Annex X (informative)

Comparison of cross-references in relation to IEC 60384-9:2015

The drafting of this document has resulted in a new structure. Table X.1 indicates the new clause and subclause numbers with respect to the previous edition of this document, i.e., IEC 60384-9:2015.

Table X.1 – Reference to IEC 60384-9:2015 for clauses/subclauses/annexes

IEC 60384-9:2015 Fourth edition Clause/Subclause/ Annex	IEC 60384-9:20xx Fifth edition Clause/Annex	Notes
1.1 1.2	1	Scope and Object are merged into one clause in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2
1.3	2	In accordance with ISO/IEC Directives, Part 2
1.4	7	In accordance with the change of clause numbers
1.5	3	In accordance with ISO/IEC Directives, Part 2
1.6	6	In accordance with the change of clause numbers
2	4	In accordance with the change of clause numbers
3.1 to 3.4	8.1 to 8.4	In accordance with the change of clause numbers
3.5.1 to 3.5.4	C.1 to C.4	In accordance with the change of clause numbers
4	5	In accordance with the change of clause numbers
Annex A	Annex A	No change
—	Annex B	Newly added.
—	Annex C	Newly added. Modified from IEC 60384-9-1:2005, Clause 2
Annex X	Annex X	Newly added.

Table X.2 indicates the new figure and table numbers with respect to IEC 60384-9:2015.

Table X.2 – Reference to IEC 60384-9 for figure/table

IEC 60384-9:2015 Fourth edition Figure/Table	IEC 60384-9:2024 Fifth edition Figure/Table	Notes
Table 1	Table 1	No change
Table 2	Table B.2	In accordance with the change of table numbers
Table 3 and Table 4	Table 16 to Table 17	In accordance with the change of table numbers
Table 5 and Table 6	Table C.1 and Table C.2	In accordance with the change of table numbers
Table 7 to Table 19	Table 3 to Table 15	
—	Table B.1	Newly added
	Table B.3	Newly added
—	Table C.1 and Table C.2	Newly added. Modified from IEC 60384-9-1:2005, Table 5
—	Table X.1 and Table X.2	Newly added.
This document has no figure.		

Bibliography

IEC 60063, *Preferred number series for resistors and capacitors*

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

IEC 60384-9-1, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 9-1: Blank detail specification: Fixed capacitors of ceramic dielectric, Class 2 – Assessment level EZ*

IEC 60384-14, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 14: Sectional specification – Fixed capacitors for electromagnetic interference suppression and connection to the supply mains*

IEC 60384-22, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 22: Sectional specification – Fixed surface mount multilayer capacitors of ceramic dielectric, Class 2*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment*, available at <http://www.graphical-symbols.info>

IECQ on-line certificate system: available at www.iecq.org

ISO 3:1973, *Preferred numbers – Series of preferred numbers*

EIA-198-1-F, *Ceramic Dielectric Capacitors Classes I, II, III and IV - Part I: Characteristics and Requirements*

K.W. Plessner: Ageing of the Dielectric Properties of Barium Titanate Ceramics, *Proceedings of the Physical Society*, Section B, Volume 69, Issue 12, pp. 1261 to 1268 (1956)

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	50
1 Domaine d'application	52
2 Références normatives	52
3 Termes et définitions	52
4 Valeurs assignées et caractéristiques préférentielles	53
4.1 Caractéristiques préférentielles	53
4.2 Valeurs assignées préférentielles	53
4.2.1 Température assignée	53
4.2.2 Tension assignée (U_R)	54
4.2.3 Tension de catégorie (U_C)	54
4.2.4 Valeurs préférentielles de la capacité nominale et des valeurs de tolérance associées	54
4.2.5 Caractéristique de température pour la capacité	54
5 Procédures d'essai et de mesure	55
5.1 Généralités	55
5.2 Préconditionnement spécial	55
5.3 Examen visuel et contrôle des dimensions	55
5.4 Essais électriques	56
5.4.1 Capacité	56
5.4.2 Tangente de l'angle de perte ($\tan \delta$)	56
5.4.3 Résistance d'isolement (R_i)	57
5.4.4 Tension de tenue	57
5.5 Caractéristique de température pour la capacité (température de référence de 20 °C)	58
5.5.1 Préconditionnement spécial	58
5.5.2 Conditions de mesure	58
5.5.3 Exigences	59
5.6 Robustesse des sorties	59
5.7 Résistance à la chaleur de brasage	59
5.7.1 Généralités	59
5.7.2 Préconditionnement spécial	59
5.7.3 Mesure initiale	59
5.7.4 Rétablissement	60
5.7.5 Inspection finale, mesures et exigences	60
5.8 Brasabilité	60
5.8.1 Généralités	60
5.8.2 Conditions d'essai	60
5.8.3 Inspection finale, mesures et exigences	60
5.9 Variations rapides de température (si cela est exigé)	60
5.9.1 Généralités	60
5.9.2 Préconditionnement spécial	61
5.9.3 Mesure initiale	61
5.9.4 Conditions d'essai	61
5.9.5 Rétablissement	61
5.10 Vibrations	61
5.10.1 Généralités	61

5.10.2	Conditions d'essai	61
5.10.3	Inspection finale, mesures et exigences.....	61
5.11	Secousses (chocs répétitifs)	61
5.11.1	Généralités	61
5.11.2	Mesure initiale	61
5.11.3	Conditions d'essai	62
5.11.4	Inspection finale, mesures et exigences.....	62
5.12	Choc (chocs non répétitifs)	62
5.12.1	Généralités	62
5.12.2	Mesure initiale	62
5.12.3	Conditions d'essai	62
5.12.4	Inspection finale, mesures et exigences.....	63
5.13	Séquence climatique.....	63
5.13.1	Généralités	63
5.13.2	Préconditionnement spécial.....	63
5.13.3	Mesure initiale	63
5.13.4	Chaleur sèche	63
5.13.5	Chaleur humide, cyclique, essai Db, premier cycle.....	63
5.13.6	Froid.....	63
5.13.7	Basse pression atmosphérique	64
5.13.8	Chaleur humide, cyclique, essai Db, cycles restants.....	64
5.14	Chaleur humide, essai continu	65
5.14.1	Généralités	65
5.14.2	Préconditionnement spécial.....	65
5.14.3	Mesure initiale	65
5.14.4	Conditions d'essai	65
5.14.5	Rétablissement.....	66
5.14.6	Inspection finale, mesures et exigences.....	66
5.15	Endurance	67
5.15.1	Généralités	67
5.15.2	Préconditionnement spécial.....	67
5.15.3	Mesure initiale	67
5.15.4	Conditions d'essai	67
5.15.5	Rétablissement.....	67
5.15.6	Inspection finale, mesures et exigences.....	67
5.16	Résistance au solvant des composants (le cas échéant).....	68
5.17	Résistance au solvant du marquage (le cas échéant).....	68
6	Marquage	68
6.1	Généralités	68
6.2	Informations pour le marquage.....	68
6.3	Marquage sur le corps	69
6.4	Marquage sur l'emballage	69
6.5	Marquage supplémentaire.....	69
7	Informations à spécifier dans une spécification particulière.....	69
7.1	Généralités	69
7.2	Dessin d'encombrement et dimensions	69
7.3	Montage.....	70
7.4	Valeurs assignées et caractéristiques	70
7.4.1	Généralités	70

7.4.2	Gamme de capacités nominales	70
7.4.3	Caractéristiques particulières	70
7.4.4	Brasure.....	70
7.5	Marquage	70
8	Procédures d'assurance de la qualité	70
8.1	Étape initiale de fabrication.....	70
8.2	Modèles associables.....	70
8.3	Rapports certifiés d'essais des lots acceptés	71
8.4	Homologation.....	71
8.4.1	Généralités	71
8.4.2	Homologation basée sur la procédure avec un effectif d'échantillons fixe	71
8.4.3	Essais	71
Annexe A (normative) Vieillissement de la capacité de condensateurs fixes à diélectriques en céramique, classe 2		77
A.1	Généralités	77
A.2	Loi du vieillissement de capacité.....	77
A.3	Mesures de capacité et tolérance de capacité (voir 5.4.1)	78
A.4	Préconditionnement particulier (voir 5.2).....	79
Annexe B (normative) Caractéristiques de température pour la capacité à 25 °C		80
Annexe C (normative) Contrôle de conformité de la qualité		82
C.1	Constitution des lots de contrôle	82
C.1.1	Inspection des Groupes A et B	82
C.1.2	Inspection du groupe C.....	82
C.2	Programme d'essais	82
C.3	Livraison différée	82
C.4	Niveaux d'assurance.....	82
C.5	Programme d'essais pour les contrôles de conformité de la qualité.....	83
Annexe X (informative) Références croisées avec l'IEC 60384-9:2015.....		89
Bibliographie.....		90
Tableau 1 – Tolérances préférentielles sur la capacité nominale.....		54
Tableau 2 – Caractéristique de température pour la capacité.....		55
Tableau 3 – Conditions de mesure.....		56
Tableau 4 – Exigences relatives à la résistance d'isolement		57
Tableau 5 – Tensions d'essai.....		58
Tableau 6 – Détails des conditions de mesure		59
Tableau 7 – Variation de capacité maximale		60
Tableau 8 – Sévérités préférentielles (d'un choc non répétitif)		62
Tableau 9 – Variation de capacité maximale		63
Tableau 10 – Nombre de cycles de chaleur humide		64
Tableau 11 – Inspection finale, mesures et exigences		65
Tableau 12 – Conditions d'essai pour la chaleur humide, essai continu		66
Tableau 13 – Inspection finale, mesures et exigences		66
Tableau 14 – Conditions d'essai d'endurance		67
Tableau 15 – Inspection finale, mesures et exigences		68

Tableau 16 – Plan d'échantillonnage avec nombre d'éléments non conformes admis pour les essais d'homologation, niveau d'évaluation EZ.....	72
Tableau 17 – Programme d'essais pour l'homologation.....	73
Tableau B.1 – Caractéristiques de température pour la capacité.....	80
Tableau B.2 – Valeurs préférentielles de la caractéristique de température avec et sans tension en courant continu appliquée.....	81
Tableau B.3 – Conditions de mesure de la caractéristique de température pour la capacité à la température de référence de 25 °C.....	81
Tableau C.1 – Contrôle lot par lot	83
Tableau C.2 – Essais périodiques	83
Tableau C.3 – Programme d'essais pour le contrôle de conformité de la qualité (lot par lot).....	84
Tableau C.4 – Programme d'essais pour le contrôle de conformité de la qualité (essai périodique).....	85
Tableau X.1 – Références croisées avec les articles/paragraphes/annexes de l'IEC 60384-9:2015	89
Tableau X.2 – Références croisées avec les figures/tableaux de l'IEC 60384-9:2015	89

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60384-9:2024

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CONDENSATEURS FIXES UTILISÉS
DANS LES ÉQUIPEMENTS ÉLECTRONIQUES –****Partie 9: Spécification intermédiaire –
Condensateurs fixes à diélectrique en céramique, classe 2**

AVANT-PROPOS

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

L'IEC 60384-9 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 cinquième édition annule et remplace la quatrième 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 document a été entièrement restructuré pour se conformer aux Directives ISO/IEC, Partie 2, et pour en faciliter l'utilisation; les tableaux, les figures et les références ont été révisés en conséquence. L'Annexe X donne les références croisées des modifications apportées par rapport à la version précédente, avec numéros d'article/de paragraphe correspondants;
- b) les exigences relatives à la température de référence de 25 °C ont été ajoutées dans le Tableau 7, le Tableau 9, le Tableau 11, le Tableau 13 et le Tableau 15;
- c) les caractéristiques de température pour la capacité, à la température de référence de 25 °C, ont été ajoutées dans le Tableau B.1, le Tableau B.2 et le Tableau B.3;
- d) l'Annexe B est passée d'informatrice à normative;
- e) l'Article C.5 (Programme d'essais pour le contrôle de conformité de la qualité) a été ajouté afin de pouvoir retirer la spécification particulière-cadre: IEC 60384-9-1.

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

Projet	Rapport de vote
40/3145/FDIS	40/3162/RVD

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

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

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

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles 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/publications.

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

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

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

CONDENSATEURS FIXES UTILISÉS DANS LES ÉQUIPEMENTS ÉLECTRONIQUES –

Partie 9: Spécification intermédiaire – Condensateurs fixes à diélectrique en céramique, classe 2

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60384 s'applique aux condensateurs fixes à diélectriques en céramique avec un coefficient de température défini (classe diélectrique 2), destinés à être utilisés dans les équipements électroniques, y compris les condensateurs sans plomb, à l'exclusion des condensateurs multicouches fixes à diélectriques en céramique pour montage en surface, qui sont couverts par l'IEC 60384-22 (classe 2).

Les condensateurs d'antiparasitage ne sont pas inclus, mais sont couverts par l'IEC 60384-14.

Le présent document a pour objet de spécifier les valeurs assignées et caractéristiques préférentielles, de sélectionner les procédures d'assurance de la qualité appropriées, les essais et les méthodes de mesure en se référant à l'IEC 60384-1:2021 et de fournir des exigences de performances générales pour ce type de condensateur. Les sévérités et les exigences des essais stipulées dans les spécifications particulières se référant au présent document fournissent des sévérités et des exigences d'essai d'un niveau de performance supérieur ou égal. Des informations supplémentaires sur la conception des spécifications génériques, intermédiaires et particulières sont données dans l'introduction de l'IEC 60384-1:2021.

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 60384-1:2021, *Condensateurs fixes utilisés dans les équipements électroniques – Partie 1: Spécification générique*

IEC 61193-2:2007, *Quality assessment systems – Part 2: Selection and use of sampling plans for inspection of electronic components and packages* (disponible en anglais seulement)

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'IEC 60384-1 ainsi que les 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 <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

3.1

condensateur à diélectrique en céramique, classe 2

condensateur qui possède un diélectrique à haute permittivité et qui convient aux applications de dérivation et de couplage ou aux circuits distinctifs de fréquence où de faibles pertes et une grande stabilité de capacité ne sont pas d'une importance majeure

Note 1 à l'article: Le diélectrique en céramique est caractérisé par la variation non linéaire de capacité sur la gamme de température de la catégorie (voir le Tableau 2).

3.2

sous-classe

<classe 2> variation maximale en pourcentage de capacité à l'intérieur de la gamme de température de la catégorie par rapport à la capacité à la température de référence de 20 °C ou 25 °C

Note 1 à l'article: La sous-classe peut être exprimée sous forme de code (voir le Tableau 2 et l'Annexe B).

3.3

tension assignée

U_R

tension continue maximale pouvant être appliquée continuellement aux sorties d'un condensateur utilisé à la température assignée

Note 1 à l'article: La tension continue maximale est la somme de la tension continue et de la valeur de crête de la tension alternative ou de la valeur de crête de la tension d'impulsion appliquées au condensateur.

4 Valeurs assignées et caractéristiques préférentielles

4.1 Caractéristiques préférentielles

Les catégories climatiques préférentielles doivent être données uniquement dans les caractéristiques préférentielles.

Les condensateurs couverts par le présent document sont classés en catégories climatiques conformément aux règles générales données à l'Annexe A de l'IEC 60068-1:2013.

Pour une température de référence de 20 °C, les températures minimale et maximale de catégorie et la durée de l'essai continu de chaleur humide doivent être sélectionnées dans la liste ci-dessous:

- température minimale de catégorie: -55 °C, -40 °C, -25 °C et -10 °C
- température maximale de catégorie: +70 °C, +85 °C, +100 °C, +125 °C et +150 °C
- durée de l'essai continu de chaleur humide 4 jours, 10 jours, 21 jours et 56 jours (40 °C, 93 % d'humidité relative):

Pour la température de référence de 25 °C, les températures de catégorie minimale et maximale doivent être choisies dans le Tableau B.1 de l'Annexe B.

Les sévérités des essais de froid et de chaleur sèche sont respectivement les températures de catégorie minimale et maximale.

4.2 Valeurs assignées préférentielles

4.2.1 Température assignée

Pour les condensateurs couverts par le présent document, la température assignée est égale à la température maximale de catégorie.

4.2.2 Tension assignée (U_R)

Les valeurs préférentielles des tensions assignées sont: (25, 40, 63, 100, 160, 250, 400, 630, 1 000, 1 600, 2 500, 4 000 et 6 300) V. Ces valeurs sont conformes à la série de base de valeurs préférentielles R5 donnée dans l'ISO 3. Si d'autres valeurs sont nécessaires, elles doivent être choisies dans la série R10. La tension appliquée au condensateur, correspondant à la somme de la tension en courant continu et de la tension de crête en courant alternatif ou de la tension de crête à crête en courant alternatif, la valeur retenue étant la plus élevée des deux, ne doit pas dépasser la tension assignée.

4.2.3 Tension de catégorie (U_C)

Puisque la température assignée est définie comme la température de catégorie supérieure, la tension de la catégorie est égale à la tension assignée, telle qu'elle est définie dans l'IEC 60384-1:2021, paragraphe 3.5.

4.2.4 Valeurs préférentielles de la capacité nominale et des valeurs de tolérance associées

4.2.4.1 Valeurs préférentielles de la capacité nominale

Il convient que les valeurs de capacité nominale proviennent des séries E3, E6 et E12 données dans l'IEC 60063.

4.2.4.2 Tolérances préférentielles sur la capacité nominale

Le Tableau 1 présente les valeurs préférentielles de tolérance sur la capacité nominale.

Tableau 1 – Tolérances préférentielles sur la capacité nominale

Série préférentielle	Tolérances %	Lettre de codage
E3 et E6	-20/+80	Z
	-20/+50	S
E6	±20	M
E6 et E12	±10	K

4.2.5 Caractéristique de température pour la capacité

Le Tableau 2 représente la caractéristique de température avec et sans tension en courant continu appliquée pour la température de référence de 20 °C. La méthode de codage de la sous-classe est également donnée; par exemple, un diélectrique avec une variation en pourcentage de ±20 % sans tension en courant continu appliquée sur la plage de températures allant de -55 °C à +125 °C, sera défini comme un diélectrique de la classe 2C1. Les caractéristiques de température, les températures de catégorie et les codes correspondants pour la température de référence de 25 °C sont donnés à l'Annexe B.

La plage de températures, pour laquelle les caractéristiques de température du diélectrique sont définies, est la même que la plage de températures de catégorie.

Tableau 2 – Caractéristique de température pour la capacité

Lettre de codage de sous-classe	Variation maximale de capacité dans la plage de températures de catégorie par rapport à la capacité à 20 °C mesurée avec et sans application de tension continue		Plage de températures de catégorie et code de numéro correspondant					
	%		-55/+150 °C	-55/+125 °C	-55/+85 °C	-40/+85 °C	-25/+85 °C	+10/+85 °C
	sans tension en courant continu appliquée	avec une tension en courant continu appliquée ^a	0	1	2	3	4	6
2B	±10	Exigences spécifiées dans la spécification particulière						
2C	±20							
2D	+20/-30							
2E	+22/-56							
2F	+30/-80							
2R	±15							
Lorsque la température maximale de catégorie est supérieure à 125 °C, il convient que les limites de variation de capacité, avec ou sans tension en courant continu, soient indiquées dans la spécification particulière.								
^a La tension en courant continu appliquée correspond soit à la tension assignée, soit à la tension spécifiée dans la spécification particulière.								
NOTE Voir l'Annexe B pour les valeurs préférentielles des caractéristiques de température pour la température de référence de 25 °C.								

5 Procédures d'essai et de mesure

5.1 Généralités

Le présent Article 5 complète les informations de l'IEC 60384-1:2021, de l'Article 5 à l'Article 10.

5.2 Préconditionnement spécial

Sauf spécification contraire dans la spécification particulière, le preconditionnement spécial, lorsqu'il est spécifié dans le présent document avant un essai ou une séquence d'essais, doit être effectué dans les conditions suivantes: exposition à une température maximale de catégorie ou à une température aussi élevée que spécifiée, le cas échéant, dans la spécification particulière pendant une durée de 1 h, suivie d'une reprise pendant une durée de 24 h ± 1 h dans des conditions atmosphériques normales pour les essais.

NOTE Les condensateurs de classe 2 perdent leur capacité en continu avec le temps selon une loi logarithmique (c'est ce que l'on désigne par vieillissement). Toutefois, si le condensateur est chauffé à une température supérieure au point de Curie de son diélectrique, une régénération est constatée, c'est-à-dire que la capacité perdue par le vieillissement est récupérée, le vieillissement reprend dès que le condensateur recommence à se refroidir.

Le preconditionnement spécial a pour but d'amener le condensateur à un stade défini, quel que soit son historique précédent (voir l'Article A.4 pour plus d'informations).

5.3 Examen visuel et contrôle des dimensions

Voir l'IEC 60384-1:2021, 7.1.

5.4 Essais électriques

5.4.1 Capacité

5.4.1.1 Généralités

Voir l'IEC 60384-1:2021, 6.3, avec les détails de 5.4.1.2 et 5.4.1.3.

5.4.1.2 Conditions de mesure

La capacité doit être mesurée conformément au Tableau 3 et conformément aux informations données après le Tableau 3.

Tableau 3 – Conditions de mesure

Température de référence	Sous-classe	Tension de mesure	Tension de référence ^a
20 °C	2B, 2C, 2X	1,0 V ± 0,2 V	1,0 V ± 0,02 V
	2D, 2E, 2F, 2R	0,3 V ± 0,2 V ou comme indiqué dans la spécification particulière	0,3 V ± 0,02 V ou comme indiqué dans la spécification particulière
25 °C	R, S, T, U	1,0 V ± 0,2 V	1,0 V ± 0,02 V

^a En cas de litige concernant les résultats des mesures, la tension de référence est appliquée.

Fréquence: $C_N < 100 \text{ pF}$ $f = 1 \text{ MHz}$ sauf indication contraire dans la spécification particulière;

$C_N \geq 100 \text{ pF}$ $f = 1 \text{ kHz} \pm 20 \%$ à des fins de mesure et 1 kHz pour les essais de référence;

$C_N > 10 \text{ }\mu\text{F}$ $f = 100 \text{ Hz}$ ou $120 \text{ Hz} \pm 20 \%$ avec une tension de mesure de $0,5 \text{ V} \pm 0,2 \text{ V}$; à des fins de mesure, et 100 Hz ou 120 Hz pour les essais de référence.

5.4.1.3 Exigences

La valeur de capacité doit correspondre à la valeur assignée en tenant compte de la tolérance spécifiée.

Pour les mesures de référence, la valeur de capacité doit être la valeur extrapolée à un temps de vieillissement de 1 000 h, sauf indication contraire dans la spécification particulière (pour l'explication, voir l'Annexe A).

5.4.2 Tangente de l'angle de perte ($\tan \delta$)

5.4.2.1 Généralités

Voir l'IEC 60384-1:2021, 6.4, avec les informations données de 5.4.2.2 à 5.4.2.4.

5.4.2.2 Conditions de mesure

Voir 5.4.1.

5.4.2.3 Précision

La précision des instruments de mesure doit être telle que l'erreur de mesure ne dépasse pas 0,001.

5.4.2.4 Exigences

La tangente de l'angle de perte ne doit pas dépasser 0,035, ou une valeur inférieure qui peut être donnée dans la spécification particulière.

5.4.3 Résistance d'isolement (R_i)

5.4.3.1 Généralités

Voir l'IEC 60384-1:2021, 6.1, avec les informations données en 5.4.3.2 et 5.4.3.3.

5.4.3.2 Conditions de mesure

Voir l'IEC 60384-1:2021, 6.1.2, avec les détails suivants:

Pour $U_R < 100$ V, la tension de mesure peut être d'une valeur ne dépassant pas U_R , la tension de référence étant U_R .

La tension doit être appliquée immédiatement à la valeur spécifiée pendant $1 \text{ min} \pm 5 \text{ s}$ pour les essais d'homologation et les essais périodiques (Groupe C). Pour les essais lot par lot (Groupe A), l'essai peut être terminé dans un délai plus court, si la valeur exigée de la résistance d'isolement est atteinte.

Le produit de la résistance interne de la source de tension et de la capacité nominale du condensateur ne doit pas dépasser 1 seconde, sauf spécification contraire figurant dans la spécification particulière.

Le courant de charge ne doit pas dépasser 0,05 A.

La résistance d'isolement (R_i) doit être mesurée à la fin de la durée de 1 min.

5.4.3.3 Exigences

La résistance d'isolement (R_i) doit satisfaire aux exigences données dans le Tableau 4.

Tableau 4 – Exigences relatives à la résistance d'isolement

Style	Points de mesure	$C_N \leq 25 \text{ nF}$	$C_N > 25 \text{ nF}$
		R_i	$R_i \times C_N$
Isolé	1a et 1c	$\geq 4\,000 \text{ M}\Omega$	$\geq 100 \text{ s}$
Non isolé	1a		

5.4.4 Tension de tenue

5.4.4.1 Généralités

Voir l'IEC 60384-1:2021, 6.2, avec les informations données de 5.4.4.2 à 5.4.4.4.

5.4.4.2 Conditions d'essai

Le produit de R_i et la capacité nominale C_X doivent être inférieurs ou égaux à 1 s.

Le courant de charge ne doit pas dépasser 0,05 A.

5.4.4.3 Tension d'essai

Les tensions du Tableau 5 doivent être appliquées entre les points de mesures du Tableau 3 de l'IEC 60384-1:2021, pendant une durée de 1 min pour les essais d'homologation et pendant une durée de 1 s pour les essais de conformité de la qualité lot par lot.

Tableau 5 – Tensions d'essai

Type	Tension assignée V	Tension d'essai V
Condensateurs céramiques multicouches au plomb	$U_R \leq 100$	$2,5 U_R$
	$100 < U_R \leq 200$	$1,5 U_R + 100$
	$200 < U_R \leq 500$	$1,3 U_R + 100$
	$500 < U_R$	$1,3 U_R$
Autres	$U_R \leq 500$	$2,5 U_R$
	$U_R > 500$	$1,5 U_R + 500$
Si $U_R > 500$ V, la tension d'essai pour l'essai C (isolation externe) est de $1,5 U_R + 500$ V ou comme stipulé dans la spécification particulière.		

5.4.4.4 Exigence

Aucun claquage ni contournement électrique ne doit être constaté pendant l'essai.

5.5 Caractéristique de température pour la capacité (température de référence de 20 °C)

5.5.1 Préconditionnement spécial

Voir 5.2.

5.5.2 Conditions de mesure

Voir l'IEC 60384-1:2021, 6.8.1.2 et 6.8.1.3, avec le Tableau 6.

Les étapes et conditions de mesure d'une température de référence de 25 °C sont données à l'Annexe B.

Tableau 6 – Détails des conditions de mesure

Étape de mesure	Température °C	Tension en courant continu appliquée
1	20 ± 2	-
2	$T_A^a \pm 3$	-
3	20 ± 2	-
4	$T_B^b \pm 2$	-
5	$T_B \pm 2$	x
6	20 ± 2	x
7	$T_A \pm 3$	x
8	20 ± 2	
NOTE "-" indique: aucune tension en courant continu appliquée. "x" indique: tension en courant continu appliquée (si stipulé dans la spécification particulière) Des températures de mesure intermédiaires sont utilisées lorsque les exigences de 4.2.5 sont à satisfaire. La capacité de référence est la capacité mesurée à l'étape 3. En raison des effets décrits dans la Note au paragraphe 5.2, les valeurs de capacité mesurées à la référence de température, pour les étapes 5 à 7 pour lesquelles une tension en courant continu est appliquée, dépendent du temps. Cette dépendance temporelle est incluse dans les limites données pour la variation de capacité. La variation de capacité entre la première et la dernière mesure à la référence de température, Étapes 1 et 8, indique l'importance du vieillissement concerné. Dans le cas d'un litige concernant les résultats des mesures avec une tension en courant continu appliquée, il est conseillé de convenir d'un intervalle de temps fixe entre les mesures à la référence de température, les étapes 5 et 7 avec la tension en courant continu appliquée (voir l'IEC 60384-1:2021, 6.8.1.3).		
^a T_A = Température de catégorie inférieure. ^b T_B = Température maximale de catégorie.		

5.5.3 Exigences

La variation de capacité doit être calculée conformément à l'IEC 60384-1:2021, 6.8.3.1.

Les caractéristiques de température avec et sans tension en courant continu appliquée ne doivent pas dépasser les valeurs données dans le Tableau 2.

5.6 Robustesse des sorties

Voir l'IEC 60384-1:2021, 7.3.

5.7 Résistance à la chaleur de brasage

5.7.1 Généralités

Voir l'IEC 60384-1:2021, 9.1, avec les informations données de 5.7.2 à 5.7.5.

5.7.2 Préconditionnement spécial

Voir 5.2.

5.7.3 Mesure initiale

La capacité doit être mesurée conformément à 5.4.1.

5.7.4 Rétablissement

Les condensateurs doivent récupérer pendant $24 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$.

5.7.5 Inspection finale, mesures et exigences

Les condensateurs doivent être soumis à un examen visuel. Aucun dommage ne doit être constaté et le marquage doit être lisible.

Les capacités doivent être mesurées conformément à 5.4.1; leur variation ne doit pas dépasser les valeurs indiquées dans le Tableau 7.

Tableau 7 – Variation de capacité maximale

Température de référence de 20 °C	
Sous-classe	Exigences
2B, 2C et 2X	$\pm 10 \%$
2D et 2R	$\pm 15 \%$
2E et 2F	$\pm 20 \%$
NOTE 1 Voir 4.2.5 pour l'explication des codes de sous-classe.	
Température de référence de 25 °C	
Sous-classe	Exigences
R	$\pm 10 \%$
S	$\pm 10 \%$
T	$\pm 15 \%$
U	$\pm 20 \%$
NOTE 2 Voir le Tableau B.2 pour l'explication des codes de sous-classe.	

5.8 Brasabilité

5.8.1 Généralités

Voir l'IEC 60384-1:2021, 9.2, avec les informations données de 5.8.2 à 5.8.3.

5.8.2 Conditions d'essai

Les exigences relatives à la méthode d'essai de la goutte de brasure doivent être spécifiées dans la spécification particulière. Lorsque ni la méthode du bain de brasage ni celle de la goutte de brasure n'est appropriée, l'essai au fer à braser doit être utilisé avec une taille A de fer à braser.

5.8.3 Inspection finale, mesures et exigences

Les sorties doivent être examinées pour contrôler le bon état de l'étamage mis en évidence par l'écoulement de la brasure avec un bon mouillage des sorties, ou voir la spécification particulière pour la méthode de l'équilibre de mouillage.

5.9 Variations rapides de température (si cela est exigé)

5.9.1 Généralités

Voir l'IEC 60384-1:2021, 8.1, avec les informations données de 5.9.2 à 5.9.5.

5.9.2 Préconditionnement spécial

Voir 5.2.

5.9.3 Mesure initiale

La capacité doit être mesurée conformément à 5.4.1.

5.9.4 Conditions d'essai

Nombre de cycles: 5.

Durée d'exposition aux limites de température: 30 min.

5.9.5 Rétablissement

Les condensateurs doivent récupérer pendant $24 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$.

5.10 Vibrations

5.10.1 Généralités

Voir l'IEC 60384-1:2021, 7.4, avec les informations données en 5.10.2 et 5.10.3.

5.10.2 Conditions d'essai

Le degré de sévérité suivant de l'essai Fc s'applique:

- 0,75 mm de déplacement ou 100 m/s^2 , l'amplitude retenue étant la plus basse des deux, sur l'une des plages de fréquences suivantes: 10 Hz à 55 Hz, 10 Hz à 500 Hz, 10 Hz à 2 000 Hz. La durée totale de l'essai doit être de 6 h.

La spécification particulière doit indiquer la plage de fréquences et doit également spécifier la méthode de montage à utiliser. Pour les condensateurs à sorties axiales et destinés à être montés par leurs seuls fils de sortie, la distance entre le corps et le point de montage doit être de $6 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$.

5.10.3 Inspection finale, mesures et exigences

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

5.11 Secousses (chocs répétitifs)

5.11.1 Généralités

Voir l'IEC 60384-1:2021, 7.5, avec les informations données de 5.11.2 à 5.11.4.

La spécification particulière doit indiquer si l'essai de secousses (chocs répétitifs) ou de chocs non répétitifs s'applique.

5.11.2 Mesure initiale

Non exigée.

5.11.3 Conditions d'essai

La spécification particulière doit indiquer laquelle des sévérités préférentielles suivantes s'applique:

nombre total de 1 000 ou 4 000 secousses:		
accélération:	400 m/s ²	} ou {
durée des impulsions:	6 ms	
		{ 100 m/s ² 16 ms

La spécification particulière doit également spécifier la méthode de montage à utiliser. Pour les condensateurs à sorties axiales et destinés à être montés par leurs seuls fils de sortie, la distance entre le corps et le point de montage doit être de 6 mm ± 1 mm.

5.11.4 Inspection finale, mesures et exigences

Les condensateurs doivent être mesurés et inspectés visuellement et doivent satisfaire aux exigences indiquées en 5.12.4.

5.12 Choc (chocs non répétitifs)

5.12.1 Généralités

Voir l'IEC 60384-1:2021, 7.6, avec les informations données de 5.12.2 à 5.12.4.

La spécification particulière doit indiquer si l'essai de secousses (chocs répétitifs) ou de chocs non répétitifs s'applique.

5.12.2 Mesure initiale

Non exigée.

5.12.3 Conditions d'essai

La spécification particulière doit indiquer les sévérités préférentielles qui s'appliquent, telles qu'elles sont indiquées dans le Tableau 8.

Forme de l'impulsion: semi-sinusoïdale.

Tableau 8 – Sévérités préférentielles (d'un choc non répétitif)

Accélération de crête m/s ²	Durée correspondante de l'impulsion ms
300	18
500	11
1 000	6

La spécification particulière doit également spécifier la méthode de montage à utiliser. Pour les condensateurs à sorties axiales et destinés à être montés par leurs seuls fils de sortie, la distance entre le corps et le point de montage doit être de 6 mm ± 1 mm.

5.12.4 Inspection finale, mesures et exigences

Les condensateurs doivent être soumis à un examen visuel. Aucun dommage ne doit être constaté et le marquage doit être lisible.

La capacité doit être mesurée conformément à 5.4.1 et la variation ne doit pas être supérieure aux valeurs figurant dans le Tableau 9.

Tableau 9 – Variation de capacité maximale

Température de référence de 20 °C	
Sous-classe	Exigences
2B, 2C et 2X	±10 %
2D et 2R	±15 %
2E et 2F	±20 %
NOTE 1 Voir 4.2.5 pour l'explication des codes de sous-classe.	
Température de référence de 25 °C	
Sous-classe	Exigences
R	±10 %
S	±10 %
T	±15 %
U	±20 %
NOTE 2 Voir le Tableau B.2 pour l'explication des codes de sous-classe.	

5.13 Séquence climatique

5.13.1 Généralités

Voir l'IEC 60384-1:2021, 8.2, avec les informations données de 5.13.2 à 5.13.8.

5.13.2 Préconditionnement spécial

Voir 5.2.

5.13.3 Mesure initiale

La capacité doit être mesurée conformément à 5.4.1.

5.13.4 Chaleur sèche

Voir l'IEC 60384-1:2021, 8.2.3.

5.13.5 Chaleur humide, cyclique, essai Db, premier cycle

Voir l'IEC 60384-1:2021, 8.2.4.

5.13.6 Froid

Voir l'IEC 60384-1:2021, 8.2.5, avec les détails suivants.

Le condensateur doit être soumis à un examen visuel. Aucun dommage visible ne doit être constaté.

5.13.7 Basse pression atmosphérique

5.13.7.1 Généralités

Voir l'IEC 60384-1:2021, 8.2.6, avec les informations données de 5.13.7.2 à 5.13.7.4.

5.13.7.2 Conditions d'essai

L'essai, s'il est exigé dans la spécification particulière, doit être réalisé à une température comprise entre 15 °C et 35 °C et à une pression de 8 kPa.

La durée de l'essai doit être de 1 h.

5.13.7.3 Procédure d'essai

Immédiatement après avoir atteint la basse pression, U_R doit être appliqué pendant 1 min à 2 min.

5.13.7.4 Inspection finale et exigences

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

5.13.8 Chaleur humide, cyclique, essai Db, cycles restants

5.13.8.1 Généralités

Voir l'IEC 60384-1:2021, 8.2.4, avec les informations données de 5.13.8.2 à 5.13.8.4.

5.13.8.2 Conditions d'essai

Les conditions d'essai sont présentées dans le Tableau 10.

Aucune tension n'est appliquée.

Tableau 10 – Nombre de cycles de chaleur humide

Catégorie	Nombre de cycles de 24 h
-/-/56	5
-/-/21	1
-/-/10	1
-/-/04	0

5.13.8.3 Rétablissement

Les condensateurs doivent récupérer pendant 24 h $\pm$ 2 h.

5.13.8.4 Inspection finale, mesures et exigences

Les condensateurs doivent être soumis à un examen visuel.

Aucun dommage ne doit être constaté et le marquage doit être lisible.

Les condensateurs doivent être mesurés et doivent satisfaire aux exigences suivantes données dans le Tableau 11. Si la valeur de capacité est inférieure ou égale à la valeur minimale autorisée, alors après avoir effectué les autres mesures, le condensateur doit être préconditionné conformément à 5.2 et donc l'exigence figurant dans le Tableau 11 doit être satisfaite.

Tableau 11 – Inspection finale, mesures et exigences

Mesure	Conditions de mesure	Exigences (température de référence de 20 °C)			
		Sous-classes 2B, 2C et 2X	Sous-classes 2D et 2R	Sous-classes 2E	Sous-classes 2F
Capacité	5.4.1	$\Delta C/C \leq \pm 10 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 15 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 20 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 30 \%$
Tangente de l'angle de perte	5.4.2	$\leq 2 \times$ valeur donnée en 5.4.2.3			
Résistance d'isolement	5.4.3	$R_i \geq 1\,000\text{ M}\Omega$ ou $R_i \times C_N \geq 25\text{ s}$ (la plus faible des deux valeurs)			
NOTE 1 Voir 4.2.5 pour l'explication des codes de sous-classe.					
Mesure	Conditions de mesure	Exigences (température de référence de 25 °C)			
		Sous-classes R	Sous-classes S	Sous-classes T	Sous-classes U
Capacité	5.4.1	$\Delta C/C \leq \pm 15 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 15 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 15 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 20 \%$
Tangente de l'angle de perte	5.4.2	$\leq 2 \times$ valeur donnée en 5.4.2.3			
Résistance d'isolement	5.4.3	$R_i \geq 1\,000\text{ M}\Omega$ ou $R_i \times C_N \geq 25\text{ s}$ (la plus faible des deux valeurs)			
NOTE 2 Voir le Tableau B.2 pour l'explication des codes de sous-classe.					

5.14 Chaleur humide, essai continu

5.14.1 Généralités

Voir l'IEC 60384-1:2021, 8.3, avec les informations données de 5.14.2 à 5.14.6.

5.14.2 Préconditionnement spécial

Voir 5.2.

5.14.3 Mesure initiale

La capacité doit être mesurée conformément à 5.4.1.

5.14.4 Conditions d'essai

Aucune tension n'est appliquée, sauf indication contraire dans la spécification particulière.

Il convient de choisir la sévérité de l'essai à partir des conditions d'essai indiquées dans le Tableau 12 et selon ce qui est stipulé dans la spécification particulière.

Il convient de choisir la durée de l'essai conformément à 4.1 et elle doit être stipulée dans la spécification particulière.

Tableau 12 – Conditions d'essai pour la chaleur humide, essai continu

Sévérité	Température °C	Humidité relative %
1	+85 ± 2	85 ± 3
2	+60 ± 2	93 ± 3
3	+40 ± 2	93 ± 3

Lorsque l'application de la tension est spécifiée, U_R doit être appliquée à la moitié du lot et aucune tension ne doit être appliquée à l'autre moitié du lot.

5.14.5 Rétablissement

Les condensateurs doivent récupérer pendant $24 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$.

5.14.6 Inspection finale, mesures et exigences

Les condensateurs doivent être soumis à un examen visuel.

Aucun dommage ne doit être constaté et le marquage doit être lisible.

Les condensateurs doivent être mesurés et doivent satisfaire aux exigences données dans le Tableau 13. Si la valeur de capacité est inférieure ou égale à la valeur minimale autorisée, alors après avoir effectué les autres mesures, le condensateur doit être préconditionné conformément à 5.2 et donc l'exigence figurant dans le Tableau 13 doit être satisfaite.

Tableau 13 – Inspection finale, mesures et exigences

Mesure	Conditions de mesure	Exigences (température de référence de 20 °C)			
		Sous-classes 2B, 2C et 2X	Sous-classes 2D et 2R	Sous-classes 2E	Sous-classes 2F
Capacité	5.4.1	$\Delta C/C \leq \pm 10 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 15 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 20 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 30 \%$
Tangente de l'angle de perte	5.4.2	$\leq 2 \times$ valeur donnée en 5.4.2.3			
Résistance d'isolement	5.4.3	$R_i \geq 1\,000\text{ M}\Omega$ ou $R_i \times C_N \geq 25\text{ s}$ (la plus faible des deux valeurs)			
NOTE 1 Voir 4.2.5 pour l'explication des codes de sous-classe.					
Mesure	Conditions de mesure	Exigences (température de référence de 25 °C)			
		Sous-classes R	Sous-classes S	Sous-classes T	Sous-classes U
Capacité	5.4.1	$\Delta C/C \leq \pm 15 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 15 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 15 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 20 \%$
Tangente de l'angle de perte	5.4.2	$\leq 2 \times$ valeur donnée en 5.4.2.3			
Résistance d'isolement	5.4.3	$R_i \geq 1\,000\text{ M}\Omega$ ou $R_i \times C_N \geq 25\text{ s}$ (la plus faible des deux valeurs)			
NOTE 2 Voir le Tableau B.2 pour l'explication des codes de sous-classe.					

5.15 Endurance

5.15.1 Généralités

Voir l'IEC 60384-1:2021, 8.5, avec les informations données de 5.15.2 à 5.15.6.

5.15.2 Préconditionnement spécial

Voir 5.2.

5.15.3 Mesure initiale

La capacité doit être mesurée conformément à 5.4.1.

5.15.4 Conditions d'essai

Les condensateurs doivent être soumis à essai conformément au Tableau 14.

Tableau 14 – Conditions d'essai d'endurance

Type	Température	Tension assignée V	Tension d'essai V	Durée h
Condensateurs céramiques multicouches au plomb	Température maximale de catégorie	$U_R \leq 200$	$1,5 U_R$	1 000
		$200 < U_R \leq 500$	$1,3 U_R$	1 500
		$500 < U_R$	$1,2 U_R$	2 000
Autres	Température maximale de catégorie	U_R	$1,5 U_R$	1 000

5.15.5 Rétablissement

Les condensateurs doivent récupérer pendant $24 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$.

5.15.6 Inspection finale, mesures et exigences

Les condensateurs doivent être soumis à un examen visuel.

Aucun dommage ne doit être constaté et le marquage doit être lisible.

Les condensateurs doivent être mesurés et doivent satisfaire aux exigences données dans le Tableau 15. Si la valeur de capacité est inférieure ou égale à la valeur minimale autorisée, alors après avoir effectué les autres mesures, le condensateur doit être preconditionné conformément à 5.4.1 et donc l'exigence figurant dans le Tableau 15 doit être satisfaite.

Tableau 15 – Inspection finale, mesures et exigences

Mesure	Conditions de mesure	Exigences (température de référence de 20 °C)			
		Sous-classes 2B et 2C	Sous-classes 2D et 2R	Sous-classes 2E	Sous-classes 2F
Capacité	5.4.1	$\Delta C/C \leq \pm 10 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 15 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 20 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 30 \%$
Tangente de l'angle de perte	5.4.2	$\leq 2 \times$ valeur donnée en 5.4.2.3			
Résistance d'isolement	5.4.3	$R_i \geq 2\,000\text{ M}\Omega$ ou $R_i \times C_N \geq 50\text{ s}$			
		(la plus faible des deux valeurs)			
NOTE 1 Voir 4.2.5 pour l'explication des codes de sous-classe.					
Mesure	Conditions de mesure	Exigences (température de référence de 25 °C)			
		Sous-classes R	Sous-classes S	Sous-classes T	Sous-classes U
Capacité	5.4.1	$\Delta C/C \leq \pm 15 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 15 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 15 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 20 \%$
Tangente de l'angle de perte	5.4.2	$\leq 2 \times$ valeur donnée en 5.4.2.3			
Résistance d'isolement	5.4.3	$R_i \geq 2\,000\text{ M}\Omega$ ou $R_i \times C_N \geq 50\text{ s}$			
		(la plus faible des deux valeurs)			
NOTE 2 Voir le Tableau B.2 pour l'explication des codes de sous-classe.					

5.16 Résistance au solvant des composants (le cas échéant)

Voir l'IEC 60384-1:2021, 9.4.

5.17 Résistance au solvant du marquage (le cas échéant)

Voir l'IEC 60384-1:2021, 9.5.

6 Marquage**6.1 Généralités**

Voir l'IEC 60384-1:2021, 4.3, avec les informations données de 6.2 à 6.5.

6.2 Informations pour le marquage

Les informations données par le marquage sont normalement choisies à partir de la liste suivante, l'importance relative de chaque élément étant indiquée par sa position dans la liste:

- capacité nominale;
- tension assignée (la tension continue peut être indiquée par le symbole: --- [IEC 60417-5031(2002-10)] ou ---);
- tolérance de la capacité nominale;
- sous-classe diélectrique (voir le Tableau 2);
- année et mois (ou semaine) de fabrication;
- nom du fabricant ou marque commerciale;
- catégorie climatique;
- désignation du modèle par le fabricant;

i) référence à la spécification particulière.

Les informations exigées aux points b) et d) peuvent être données sous forme de code sous la désignation du fabricant, la désignation nationale, la désignation de type ou la désignation de modèle.

6.3 Marquage sur le corps

Le condensateur doit comporter lisiblement les informations figurant aux points a), b) et c) de 6.2 et le maximum possible des autres informations restantes, selon qu'elles sont considérées nécessaires. Il convient d'éviter les redondances sur le marquage du condensateur.

6.4 Marquage sur l'emballage

L'emballage contenant le ou les condensateurs doit être clairement identifié avec toutes les informations énumérées en 6.2.

6.5 Marquage supplémentaire

Tout autre marquage doit être appliqué sans qu'il ne puisse porter à confusion.

7 Informations à spécifier dans une spécification particulière

7.1 Généralités

Les spécifications particulières doivent dériver de la spécification particulière-cadre applicable.

Les spécifications particulières ne doivent pas indiquer d'exigences inférieures à celles de la spécification générique, intermédiaire ou particulière-cadre. Lorsqu'elles contiennent des exigences plus sévères, celles-ci doivent être indiquées dans les programmes d'essai (par un astérisque, par exemple).

Par commodité, les informations données en 7.2 peuvent être présentées dans un tableau.

Les informations données de 7.2 à 7.5 doivent être données dans chaque spécification particulière et il convient que les valeurs fixées soient choisies parmi celles données dans l'article/le paragraphe approprié du présent document.

7.2 Dessin d'encombrement et dimensions

Une représentation du condensateur doit être incluse pour identifier facilement le condensateur et le comparer à d'autres.

Les dimensions et les tolérances associées, qui affectent l'interchangeabilité et le montage, doivent être données dans la spécification particulière. Toutes les dimensions doivent être indiquées en millimètres; cependant, lorsque les dimensions d'origine sont indiquées en pouces, les dimensions converties en millimètres doivent être ajoutées.

Conventionnellement, les valeurs numériques doivent être données pour la longueur du corps, la largeur et la hauteur du corps et l'entraxe des sorties ou, pour les types cylindriques, le diamètre du corps, la longueur et le diamètre des sorties. Si nécessaire, par exemple lorsqu'un nombre d'éléments (valeurs de capacité/plages de tensions) est couvert par une spécification particulière, les dimensions et leurs tolérances associées doivent être indiquées dans un tableau en dessous du schéma.

Lorsque la configuration est différente de celle décrite ci-dessus, la spécification particulière doit indiquer de telles informations sur les dimensions et décrire les condensateurs. Lorsque le condensateur n'est pas destiné à être utilisé sur des cartes imprimées, cette information doit être clairement indiquée dans la spécification particulière.

7.3 Montage

La spécification particulière doit spécifier la méthode de montage à employer pour l'utilisation normale et pour les essais de vibrations, secousses ou chocs. La conception du condensateur peut être telle qu'elle exige pour son utilisation un dispositif spécial de fixation. Dans ce cas, la spécification particulière doit décrire ce dispositif de fixation qui doit être utilisé lors des essais de secousses, chocs et vibrations.

7.4 Valeurs assignées et caractéristiques

7.4.1 Généralités

Les valeurs assignées et caractéristiques doivent être conformes aux articles/paragraphes correspondants du présent document et respecter les dispositions de 7.4.2, 7.4.3 et 7.4.4.

7.4.2 Gamme de capacités nominales

La gamme de capacités nominales doit être spécifiée comme décrit en 4.2.4.1.

Lorsque les produits approuvés conformément à la spécification particulière comportent différentes gammes, il convient d'ajouter la déclaration suivante: "La gamme de valeurs de capacité disponibles dans chaque plage de tensions est donnée dans le registre des homologations, disponible par exemple sur le site Web de l'IECQ fournissant le système de certificats de conformité en ligne: www.iecq.org".

7.4.3 Caractéristiques particulières

D'autres caractéristiques peuvent être indiquées, si elles sont jugées nécessaires, pour préciser des informations relatives à la conception et aux applications du composant.

7.4.4 Brasure

La spécification particulière doit spécifier les méthodes d'essai, les sévérités et les exigences applicables aux essais de brasabilité et aux essais de résistance à la chaleur de brasage.

7.5 Marquage

La spécification particulière doit indiquer le contenu du marquage sur le condensateur et sur l'emballage. Les écarts par rapport à l'Article 6 doivent être spécifiquement déclarés dans la spécification particulière.

8 Procédures d'assurance de la qualité

8.1 Étape initiale de fabrication

Pour les condensateurs monocouches, la phase principale de fabrication est la métallisation du diélectrique pour former l'électrode; pour les condensateurs multicouches, il s'agit du premier feu commun de l'ensemble diélectrique-électrode.

8.2 Modèles associables

Les condensateurs considérés comme étant de structure similaire sont les condensateurs produits avec des matériaux et des procédés semblables, bien qu'ils puissent comporter des dimensions de boîtiers et des valeurs différentes.

8.3 Rapports certifiés d'essais des lots acceptés

Les informations exigées dans l'IEC 60384-1:2021, Q.1.5, doivent être rendues disponibles, lorsqu'elles sont spécifiées dans la spécification particulière et lorsqu'elles sont demandées par un client. Après l'essai d'endurance, les paramètres pour lesquels les informations de variable sont exigées sont la variation de capacité, $\tan \delta$ et la résistance d'isolement.

8.4 Homologation

8.4.1 Généralités

Les procédures des essais d'homologation sont présentées à l'Article Q.2 de l'IEC 60384-1:2021.

Le programme à appliquer pour les essais d'homologation, sur la base d'essais lot par lot et d'essais périodiques, est donné à l'Annexe C. La procédure basée sur un programme à effectif d'échantillons fixe est donnée en 8.4.2 et en 8.4.3.

8.4.2 Homologation basée sur la procédure avec un effectif d'échantillons fixe

La procédure qui utilise un effectif d'échantillons fixe est décrite dans l'IEC 60384-1:2021, Q.2.4. L'échantillon doit être représentatif de la gamme de condensateurs pour lesquels une homologation est demandée. Cette gamme peut différer de la gamme complète couverte par la spécification particulière.

Les échantillons doivent être constitués de spécimens possédant la tension la plus basse et la tension la plus élevée et, pour ces tensions, les valeurs de capacités les plus basses et les plus élevées. En présence de plus de quatre tensions assignées, une tension intermédiaire doit également faire l'objet d'essais. De ce fait, pour l'homologation d'une plage, il est exigé de soumettre aux essais soit quatre soit six valeurs (combinaisons capacité/tension). Lorsque la gamme comprend moins de quatre valeurs, le nombre de spécimens à soumettre à essai doit être celui qui est exigé pour quatre valeurs.

Les spécimens de rechange sont admis selon les modalités suivantes.

Deux (pour six valeurs) ou trois (pour quatre valeurs) spécimens par valeur peuvent être utilisés pour remplacer les spécimens non conformes en raison d'incidents non attribuables au fabricant.

Les nombres donnés dans le Groupe 0 présument que tous les groupes sont applicables. Si ce n'est pas le cas, les nombres peuvent être réduits en conséquence.

Lorsque des groupes supplémentaires sont ajoutés au programme d'essai d'homologation, le nombre exigé de spécimens pour le Groupe 0 doit être augmenté du nombre de spécimens exigés pour les groupes supplémentaires.

Le Tableau 3 donne le nombre d'échantillons à soumettre à essai dans chaque groupe ou sous-groupe et le nombre de non-conformités admissibles pour les essais d'homologation.

8.4.3 Essais

Les séries complètes d'essais spécifiées dans le Tableau 16 et le Tableau 17 sont exigées pour l'homologation des condensateurs couverts par une spécification particulière. Les essais de chaque groupe doivent être effectués dans l'ordre indiqué.

L'échantillon entier doit être soumis aux essais du Groupe 0, puis être divisé pour les autres groupes.

Les spécimens non conformes trouvés pendant les essais du Groupe 0 ne doivent pas être utilisés pour les autres groupes.

"Un élément non conforme" est comptabilisé lorsqu'un condensateur n'a pas satisfait à tout ou partie des essais d'un groupe.

L'homologation est accordée lorsque le nombre d'éléments non conformes est zéro.

Le Tableau 16, conjointement avec le Tableau 17, constituent le programme d'essais à effectif d'échantillons fixe, dans le cadre duquel le Tableau 16 spécifie les informations relatives à l'échantillonnage et aux éléments non conformes admis, pour les différents essais ou groupes d'essais. Le Tableau 17, conjointement avec les détails des essais figurant dans l'Article 5, donnent un résumé complet des conditions d'essai et des exigences de performances et indiquent là où un choix est à effectuer dans la spécification particulière, par exemple pour la méthode d'essai ou pour les conditions d'essai.

Les conditions d'essai et les exigences de performances pour le programme d'essais avec un effectif d'échantillons fixe doivent être identiques à celles spécifiées dans la spécification particulière pour le contrôle de conformité de la qualité.

Tableau 16 – Plan d'échantillonnage avec nombre d'éléments non conformes admis pour les essais d'homologation, niveau d'évaluation EZ

N° de groupe	Essai	Paragraphe correspondant du présent document	Nombre de spécimens n^b	Nombre admissible d'éléments non conformes c^d
0	Examen visuel	5.3		
	Dimensions	5.3		
	Capacité	5.4.1		
	Tangente de l'angle de perte	5.4.2	108	0
	Résistance d'isolement	5.4.3		
	Tension de tenue	5.4.4		
	Spécimens de rechange		8	
1A	Robustesse des sorties	5.6	12	0
	Résistance à la chaleur de brasage	5.7		
	Résistance du composant aux solvants ^c	5.16		
1B	Brasabilité	5.8	24	0
	Résistance du marquage aux solvants ^c	5.17		
	Variations rapides de température ^a	5.9		
	Vibrations	5.10		
	Secousses ou chocs ^a	5.11 ou 5.12		
1	Séquence climatique	5.13	36	0
2	Chaleur humide, essai continu	5.14	24	0
3	Endurance	5.15	36	0
4	Caractéristique de température pour la capacité	5.5	12	0
^a Comme exigé dans la spécification particulière.				
^b Voir 8.4.2 pour les combinaisons capacité/tension.				
^c Si cela est exigé dans la spécification particulière.				
^d Il s'agit de la valeur d'acceptation, qui ne doit pas être dépassée pour définir une acceptation.				

Tableau 17 – Programme d'essais pour l'homologation

Essai ^a	Conditions d'essai ^a	D ou ND ^b	n	c	Exigences de performances ^a
			(voir le Tableau 16)		
GROUPE 0		ND	Voir le Tableau 16		
5.3 Examen visuel					Conformément à 5.3
5.3 Dimension (détail)					Marquage lisible et selon la spécification particulière
5.4.1 Capacité	Fréquence: ... Hz Tension de mesure: V en valeur efficace				Voir la spécification particulière Selon les tolérances spécifiées
5.4.2 Tangente de l'angle de perte ($\tan \delta$)	Fréquence et tension de mesure identiques à celles données en 5.4.1				Conformément à 5.4.2.4
5.4.3 Résistance d'isolement	Voir la spécification particulière pour la méthode				Conformément à 5.4.3.3
5.4.4 Tension de tenue	Voir la spécification particulière pour la méthode				Ni claquage ni contournement
GROUPE 1A		D	Voir le Tableau 16		
5.6 Robustesse des sorties	Examen visuel				Aucun dommage visible
5.7.3 Mesure initiale	Capacité				
5.7 Résistance à la chaleur de brasage	Préconditionnement particulier conformément à 5.2 Voir la spécification particulière pour la méthode				
5.7.5 Inspection finale, mesures et exigences	Examen visuel				Aucun dommage visible Marquage lisible
	Capacité				$\Delta C/C$ conformément à 5.7.5
5.16 Résistance au solvant des composants (le cas échéant)	Solvant à utiliser: ... Température du solvant: Méthode 2 Rétablissement: ...				Voir la spécification particulière