

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE

---

**Fixed capacitors for use in electronic equipment –  
Part 4: Sectional specification – Fixed aluminium electrolytic capacitors with  
solid (MnO<sub>2</sub>) and non-solid electrolyte**

**Condensateurs fixes utilisés dans les équipements électroniques –  
Partie 4: Spécification intermédiaire – Condensateurs électrolytiques à  
l'aluminium, à électrolyte solide (MnO<sub>2</sub>) et non solide**



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2016 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

Tel.: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)

### About the IEC

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

### About IEC publications

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

#### IEC Catalogue - [webstore.iec.ch/catalogue](http://webstore.iec.ch/catalogue)

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

#### IEC publications search - [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

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](http://webstore.iec.ch/justpublished)

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

#### Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

#### IEC Glossary - [std.iec.ch/glossary](http://std.iec.ch/glossary)

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

#### IEC Customer Service Centre - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

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

---

### 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.

#### Catalogue IEC - [webstore.iec.ch/catalogue](http://webstore.iec.ch/catalogue)

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

#### Recherche de publications IEC - [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

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](http://webstore.iec.ch/justpublished)

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

#### Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

#### Glossaire IEC - [std.iec.ch/glossary](http://std.iec.ch/glossary)

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

#### Service Clients - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

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

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

---

**Fixed capacitors for use in electronic equipment –  
Part 4: Sectional specification – Fixed aluminium electrolytic capacitors with  
solid (MnO<sub>2</sub>) and non-solid electrolyte**

**Condensateurs fixes utilisés dans les équipements électroniques –  
Partie 4: Spécification intermédiaire – Condensateurs électrolytiques à  
l'aluminium, à électrolyte solide (MnO<sub>2</sub>) et non solide**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

---

ICS 31.060.50

ISBN 978-2-8322-3552-2

**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 General.....	8
1.1 Scope.....	8
1.2 Object.....	8
1.3 Normative references.....	8
1.4 Information to be given in a detail specification.....	9
1.4.1 General.....	9
1.4.2 Outline drawing and dimensions.....	9
1.4.3 Mounting.....	9
1.4.4 Ratings and characteristics.....	9
1.4.5 Marking.....	10
1.5 Terms and definitions.....	10
1.6 Marking.....	10
1.6.1 General.....	10
1.6.2 Information for marking.....	10
1.6.3 Marking on capacitors.....	11
1.6.4 Marking on packaging.....	11
2 Preferred ratings and characteristics.....	11
2.1 Preferred characteristics.....	11
2.2 Preferred values of ratings.....	11
2.2.1 Nominal capacitance ( $C_N$ ).....	11
2.2.2 Tolerance on nominal capacitance.....	12
2.2.3 Rated voltage ( $U_R$ ).....	12
2.2.4 Category voltage ( $U_C$ ).....	12
2.2.5 Ripple voltage.....	12
2.2.6 Reverse voltage.....	12
2.2.7 Surge voltage ratio.....	12
2.2.8 Rated ripple current.....	12
3 Quality assessment procedures.....	13
3.1 Primary stage of manufacture.....	13
3.2 Structurally similar components.....	13
3.3 Certified test records of released lots.....	13
3.4 Qualification approval (QA) procedures.....	13
3.4.1 General.....	13
3.4.2 Qualification approval on the basis of the fixed sample size procedure.....	13
3.4.3 Tests.....	14
3.5 Quality conformance inspection.....	26
3.5.1 Formation of inspection lots.....	26
3.5.2 Test schedule.....	26
3.5.3 Delayed delivery.....	26
3.5.4 Assessment levels.....	26
4 Test and measurement procedures.....	27
4.1 Pre-conditioning (for non-solid electrolyte capacitors only).....	27
4.2 Visual examination and check of dimensions.....	28
4.2.1 General.....	28
4.2.2 Visual examination and check of dimensions.....	28

4.2.3	Requirements .....	28
4.3	Electrical tests .....	28
4.3.1	Leakage current .....	28
4.3.2	Capacitance .....	28
4.3.3	Tangent of loss angle ( $\tan \delta$ ) or equivalent series resistance (ESR) .....	29
4.3.4	Impedance (if required) .....	29
4.3.5	Insulation resistance of the external insulation (if required) .....	30
4.3.6	Voltage proof of the external insulation (if required) .....	30
4.4	Robustness of terminations .....	31
4.4.1	General .....	31
4.4.2	Initial inspection .....	31
4.4.3	Final inspection .....	31
4.5	Resistance to soldering heat .....	31
4.5.1	General .....	31
4.5.2	Test conditions .....	31
4.5.3	Recovery .....	31
4.5.4	Final inspection and requirements .....	31
4.6	Solderability .....	31
4.6.1	General .....	31
4.6.2	Test conditions .....	31
4.6.3	Final inspection .....	32
4.7	Rapid change of temperature .....	32
4.7.1	General .....	32
4.7.2	Initial inspection .....	32
4.7.3	Test conditions .....	32
4.7.4	Recovery .....	32
4.7.5	Final inspections and requirements .....	32
4.8	Vibration .....	32
4.8.1	General .....	32
4.8.2	Test conditions .....	32
4.8.3	Final inspections and requirements .....	33
4.9	Bump (if required) .....	33
4.9.1	General .....	33
4.9.2	Test conditions .....	33
4.9.3	Final inspections and requirements .....	33
4.10	Shock (if required) .....	33
4.10.1	General .....	33
4.10.2	Test conditions .....	33
4.10.3	Final inspections and requirements .....	34
4.11	Climatic sequence .....	34
4.11.1	General .....	34
4.11.2	Initial inspection .....	34
4.11.3	Dry heat .....	34
4.11.4	Damp heat, cyclic, test Db, first cycle .....	34
4.11.5	Cold .....	34
4.11.6	Low air pressure (if required) .....	34
4.11.7	Damp heat, cyclic, test Db, remaining cycles .....	35
4.11.8	Sealing (if required) .....	35
4.11.9	Final inspections and requirements .....	35

4.12	Damp heat, steady state.....	35
4.12.1	General .....	35
4.12.2	Initial inspection .....	35
4.12.3	Test conditions .....	35
4.12.4	Recovery .....	35
4.12.5	Final inspections and requirements .....	35
4.13	Endurance .....	36
4.13.1	General .....	36
4.13.2	Initial inspection .....	36
4.13.3	Test conditions .....	36
4.13.4	Recovery .....	36
4.13.5	Final inspections and requirements .....	36
4.14	Surge voltage.....	36
4.14.1	General .....	36
4.14.2	Initial inspection .....	36
4.14.3	Test conditions .....	37
4.14.4	Recovery .....	37
4.14.5	Final inspections and requirements .....	37
4.15	Reverse voltage (if required) .....	37
4.15.1	Initial inspection .....	37
4.15.2	Test conditions .....	37
4.15.3	Recovery .....	38
4.15.4	Final inspections and requirements .....	38
4.16	Pressure relief (if required).....	38
4.17	Storage at high temperature .....	38
4.17.1	General .....	38
4.17.2	Initial inspection .....	38
4.17.3	Test conditions .....	38
4.17.4	Recovery .....	38
4.17.5	Final inspections and requirements .....	38
4.18	Storage at low temperature (if required).....	38
4.18.1	General .....	38
4.18.2	Initial inspection .....	38
4.18.3	Test conditions .....	38
4.18.4	Recovery .....	38
4.18.5	Final inspections and requirements .....	39
4.19	Characteristics at high and low temperature.....	39
4.19.1	General .....	39
4.19.2	Inspections and requirements.....	39
4.20	Charge and discharge (if required) .....	39
4.20.1	General .....	39
4.20.2	Initial inspection .....	39
4.20.3	Test conditions .....	39
4.20.4	Final inspections and requirements .....	39
4.21	High surge current (if required).....	40
4.21.1	General .....	40
4.21.2	Final inspections and requirements .....	40
4.22	Voltage transient overload (if required) .....	40
4.22.1	General .....	40

- 4.22.2 Initial inspection .....40
- 4.22.3 Final inspections and requirements .....40
- Bibliography .....41
  
- Table 1 – Preferred values of tolerances ..... 12
- Table 2 – Sampling plan for qualification approval, assessment level EZ..... 15
- Table 3 – Test schedule for qualification approval (*1 of 10*)..... 16
- Table 4 – Lot-by-lot inspection .....27
- Table 5 – Periodic inspection .....27
- Table 6 – Amplitude and acceleration options.....33
- Table 7 – Preferred severities .....34

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**FIXED CAPACITORS FOR USE IN ELECTRONIC EQUIPMENT –****Part 4: Sectional specification –  
Fixed aluminium electrolytic capacitors  
with solid (MnO<sub>2</sub>) and non-solid electrolyte**

## FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60384-4 has been prepared by IEC technical committee 40: Capacitors and resistors for electronic equipment.

This fifth edition cancels and replaces the fourth edition published in 2007. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) Revision of the structure in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2:2011 (sixth edition) to the extent practicable, and harmonization between other similar kinds of documents;
- b) In addition, Clause 4 and all the tables have been reviewed in order to prevent duplications and contradictions.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
40/2467/FDIS	40/2476/RVD

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

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

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

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

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

## FIXED CAPACITORS FOR USE IN ELECTRONIC EQUIPMENT –

### Part 4: Sectional specification – Fixed aluminium electrolytic capacitors with solid (MnO<sub>2</sub>) and non-solid electrolyte

#### 1 General

##### 1.1 Scope

This part of IEC 60384 applies to fixed aluminium electrolytic capacitors with solid (MnO<sub>2</sub>) and non-solid electrolyte primarily intended for d.c. applications for use in electronic equipment. It covers capacitors for long-life applications and capacitors for general-purpose applications.

Capacitors for fixed surface mount aluminium electrolytic capacitors are not included but they are covered by IEC 60384-18.

Capacitors for special-purpose applications may need additional requirements.

##### 1.2 Object

The object of this standard is to prescribe preferred ratings and characteristics and to select from IEC 60384-1:2016 the appropriate quality assessment procedures, tests and measuring methods and to give general performance requirements for this type of capacitor. Test severities and requirements prescribed in detail specifications referring to this sectional specification shall be of equal or higher performance level, because lower performance levels are not permitted.

##### 1.3 Normative references

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

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

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

IEC 60068-2-54:2006, *Environmental testing – Part 2-54: Tests – Test Ta: Solderability testing of electronic components by the wetting balance method*

IEC 60384-1:2016, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 1: Generic specification*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment*

IEC 61193-2:2007, *Quality assessment system – Part 2: Selection and use of sampling plans for inspection of electronic components and packages*

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

## **1.4 Information to be given in a detail specification**

### **1.4.1 General**

Detail specifications shall be derived from the 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 listed in 1.9 of the detail specification and indicated in the test schedules, for example, by an asterisk.

The information given in 1.4.2 may, for convenience, be presented in tabular form.

The following information shall be given in each detail specification and the values quoted shall preferably be selected from those given in the appropriate clause of this sectional specification.

### **1.4.2 Outline drawing and dimensions**

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

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

The numerical values of the body shall be given as follows:

- general case: width, length and height;
- for cylindrical body: diameter and length.

The numerical values of the terminals shall be given as follows:

- for leaded terminals: diameter, length and spacing;
- for lug terminals: position and spacing;  
width, length and thickness of terminal plates;
- for screw terminals: nominal diameter, nominal length, screw-part length,  
position and spacing.

When the configuration is other than described above, the detail specification shall state such dimensional information as will adequately describe the capacitor.

### **1.4.3 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 bump or shock tests.

### **1.4.4 Ratings and characteristics**

#### **1.4.4.1 General**

The ratings and characteristics shall be given in accordance with the relevant clauses of this specification, including the items as specified below.

#### 1.4.4.2 Nominal capacitance range

See 2.2.1.

When products approved to the detail specification have different nominal capacitance ranges, the following statement should be added:

"The nominal capacitance range 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](http://www.iecq.org)".

#### 1.4.4.3 Particular characteristics

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

#### 1.4.4.4 Soldering

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

#### 1.4.5 Marking

The detail specification shall specify the content of the marking on the capacitor and on the packaging. Any deviations from 1.6, these shall be stated in the detail specification.

### 1.5 Terms and definitions

For the purposes of this document, the applicable terms and definitions of IEC 60384-1:2016 and the following apply.

#### 1.5.1

##### capacitance

<electrolytic capacitor> capacitance of an equivalent circuit having capacitance and resistance in series measured with alternating current approximately sinusoidal waveform at a specified frequency

#### 1.5.2

##### capacitor

<long-life grade> capacitor intended for applications where a high degree of stability of characteristics over a long life is essential

#### 1.5.3

##### capacitor

<general-purpose grade> capacitor intended for applications where the high performance level of long-life grade capacitors is not required

### 1.6 Marking

#### 1.6.1 General

See IEC 60384-1:2016, 2.4, with the following details.

#### 1.6.2 Information for marking

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:

- a) nominal capacitance;

- b) rated voltage (d.c. voltage may be indicated by the symbol:  $\overline{\text{---}}$  (IEC 60417-5031:2002) or  $\text{---}$ );
- c) category voltage and category temperatures;
- d) polarity of the terminations: for multi-section capacitors, the nominal capacitance and rated voltage of the sections connected to each termination shall be shown in an unambiguous way. The termination of a capacitor section which is intended for direct connection to the rectifier (so-called reservoir section) shall be marked with the number 1 or with the colour red;
- e) tolerance on nominal capacitance;
- f) year and month (or, year and week) of manufacture;
- g) manufacturer's name and/or trade mark;
- h) manufacturer's type designation;
- i) reference to the detail specification.

### 1.6.3 Marking on capacitors

The capacitor shall be clearly marked with a), b), c), d), e) and f) of 1.6.2 with as many as possible of the remaining items as is considered necessary.

### 1.6.4 Marking on packaging

The packaging containing the capacitors should be clearly marked with all the information listed in 1.6.2 as necessary.

## 2 Preferred ratings and characteristics

### 2.1 Preferred characteristics

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

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

The lower and upper category temperatures shall be taken from the following:

- lower category temperature:  $-55\text{ °C}$ ,  $-40\text{ °C}$ ,  $-25\text{ °C}$  and  $-10\text{ °C}$ ;
- upper category temperature:  $+85\text{ °C}$ ,  $+100\text{ °C}$ ,  $+105\text{ °C}$  and  $+125\text{ °C}$ .

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

### 2.2 Preferred values of ratings

#### 2.2.1 Nominal capacitance ( $C_N$ )

Preferred values of nominal capacitance are indicated in microfarad ( $\mu\text{F}$ ).

Preferred values of nominal capacitance shall be taken from the E 12 series of IEC 60063, as follows:

1,0 – 1,2 – 1,5 – 1,8 – 2,2 – 2,7 – 3,3 – 3,9 – 4,7 – 5,6 – 6,8 – 8,2;

and their decimal multiples ( $\times 10^n$ ,  $n$ : integer).

### 2.2.2 Tolerance on nominal capacitance

Preferred values of tolerances on nominal capacitance are given in Table 1.

**Table 1 – Preferred values of tolerances**

Tolerances %
–10 to +10
–10 to +20 <sup>a</sup>
–10 to +30
–10 to +50
–10 to +75
–10 to +100
–20 to +20
<sup>a</sup> For electronic flash only.

### 2.2.3 Rated voltage ( $U_R$ )

Preferred values of rated d.c. voltages taken from the R 10 and R 20 series of ISO 3 are:

- from R 10: 1,0 – 1,25 – 1,6 – 2,0 – 2,5 – 3,15 – 4,0 – 5,0 – 6,3 – 8,0;
- from R 20: 3,5<sup>1</sup> – 4,5;
- and their decimal multiples ( $\times 10^n$ ,  $n$ : integer).

### 2.2.4 Category voltage ( $U_C$ )

The category voltage is equal to the rated voltage.

### 2.2.5 Ripple voltage

An alternating voltage may be applied provided that the peak voltage resulting from the alternating voltage superimposed on the d.c. voltage does not exceed the value of rated d.c. voltage. The rated ripple current (see 2.2.8) does not exceed the permissible reverse voltage.

### 2.2.6 Reverse voltage

The permissible reverse voltage shall be given in the detail specification.

### 2.2.7 Surge voltage ratio

The surge voltage shall be 1,15 times the rated voltage for rated voltages  $\leq 315$  V or 1,10 times the rated voltage for rated voltages  $> 315$  V (see 4.14).

### 2.2.8 Rated ripple current

The rated ripple current at 100 Hz or 120 Hz and at upper category temperature shall be given in the detail specification. Alternatively, for capacitors for switched mode power supply application, the rated ripple current shall be stated at the relevant frequency.

NOTE The rated ripple current is determined by the dimensions of the capacitor and several other factors, for example, the tangent of loss angle and the permissible temperature rise (see 2.2.5).

<sup>1</sup> ISO 3 indicates the value 3,55 for R 20.

### **3 Quality assessment procedures**

#### **3.1 Primary stage of manufacture**

For capacitors with solid electrolyte, the primary stage of manufacture is the formation of the anode body.

For capacitors with non-solid electrolyte, the primary stage of manufacture is the capacitor manufacturer's evaluation of the formed anode foil.

#### **3.2 Structurally similar components**

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

#### **3.3 Certified test records of released lots**

The information required in IEC 60384-1:2016, Q.1.5, shall be made available when prescribed in the detail specification and when requested by a purchaser. After the endurance test, the required parameters are the capacitance change, tangent of loss angle and leakage current.

#### **3.4 Qualification approval (QA) procedures**

##### **3.4.1 General**

The procedures for qualification approval testing are given in IEC 60384-1:2016, 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 3.5. The procedure using a fixed sample size schedule is given in 3.4.2 and 3.4.3.

##### **3.4.2 Qualification approval on the basis of the fixed sample size procedure**

The fixed sample size procedure is described in IEC 60384-1:2016, Q.2.4. The sample shall be representative of the range of capacitors for which approval is sought. The sample may be the whole or the part of the range given in the detail specification.

The sample shall consist of four specimens having the maximum and minimum voltages and, for these voltages, the maximum and minimum case size. When the range of rated voltages exceeds 200 V, an intermediate voltage shall also be tested. In each of these case size/voltage combinations (values), the maximum capacitance shall be chosen. Thus, for the approval of a range, testing is required of either four or six values. When the range consists of less than four values, the number of specimens to be tested shall be that required for four values.

Two (for 6 values) or three (for 4 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 2 gives the number of samples to be tested in each group or subgroup together with the permissible number of non-conforming items for qualification approval tests.

### 3.4.3 Tests

The complete series of tests specified in Table 2 and Table 3 are required for the approval of capacitors covered by a 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.

Specimens found to be non-conforming in the tests of Group 0 shall not be used for the other groups.

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

Table 2 and Table 3 together form the fixed sample size test schedule for the qualification approval on the basis of the fixed sample size procedure.

Table 2 gives the number of the samples and permissible non-conforming items for each test or test groups.

Table 3 gives a summary of the test conditions and performance requirements, and choices of the test conditions and performance requirements in the detail specification.

The test conditions and performance requirements for the qualification approval on the basis of the fixed sample size procedure should be identical to those for quality conformance inspection given in the detail specification.

**Table 2 – Sampling plan for qualification approval, assessment level EZ**

Group no.	Test	Subclause	Number of specimens	Permissible number of nonconforming items
			$n^e$	$c$
0	High surge current <sup>a</sup>	4.21	108+ 12 <sup>f</sup> + 12 <sup>g</sup> +12 <sup>h</sup>	0
	Visual examination	4.2		
	Dimensions	4.2		
	Leakage current	4.3.1		
	Capacitance	4.3.2		
	Tangent of loss angle	4.3.3		
	Impedance <sup>b</sup>	4.3.4		
	Spare specimens			
	1A	Robustness of terminations		
Resistance to soldering heat <sup>c</sup>		4.5		
1B	Solderability <sup>c</sup>	4.6	12	0
	Rapid change of temperature	4.7		
	Vibration	4.8		
	Bump or shock <sup>b</sup>	4.9 or 4.10		
1	Climatic sequence	4.11	24	0
2	Damp heat, steady state	4.12	12	0
3	Endurance	4.13	36	0
4A	Surge voltage	4.14	12	0
4B	Reverse voltage <sup>b</sup>	4.15	12 <sup>f</sup>	0
	Pressure relief <sup>d</sup>	4.16		
5A	Storage at high temperature	4.17	12	0
	Voltage transient overload <sup>d</sup>	4.22		
5B	Storage at low temperature <sup>b</sup>	4.18	12 <sup>g</sup>	0
6	Characteristics at high and low temperature	4.19	12	0
	Charge and discharge <sup>b</sup>	4.20		

<sup>a</sup> If required for solid electrolyte capacitors only.

<sup>b</sup> If required.

<sup>c</sup> Not applicable to capacitors with screw terminations or other terminations, not designed to be soldered, as stated in the detail specifications.

<sup>d</sup> If required for non-solid electrolyte capacitors only.

<sup>e</sup> For case size/voltage combinations, see 3.4.2.

<sup>f</sup> Additional capacitor samples for the tests of subgroup 4B.

<sup>g</sup> Additional capacitor samples for the tests of subgroup 5B.

<sup>h</sup> Spare specimens.

**Table 3 – Test schedule for qualification approval (1 of 10)**

Subclause number and test <sup>a</sup> , inspection items	D or ND <sup>b</sup>	Conditions of test <sup>a</sup> and measurements	Number of specimens ( <i>n</i> ) and number of permissible nonconforming items ( <i>c</i> )	Performance requirements <sup>a</sup>												
<p><b>Group 0</b></p> <p>4.2.1 High surge current<sup>c</sup></p> <p>4.2 Visual examination</p> <p>4.2 Dimensions (detail)</p> <p>4.3.1 Leakage current</p> <p>4.3.2 Capacitance</p> <p>4.3.3 Tangent of loss angle</p> <p>4.3.4 Impedance<sup>g</sup></p>	<p>ND</p>	<p>See IEC 60384-1:2016, 4.39</p> <p>See 4.2.2</p> <p>See 4.2.2</p> <p>See 4.3.1.2</p> <p>See 4.3.2.2</p> <p>See 4.3.3.2</p> <p>See 4.3.4.2 and 4.3.4.3</p>	<p>See Table 2</p>	<p>No visible damage</p> <p>Legible marking and as specified in the detail specification</p> <p>See detail specification</p> <p>Non-solid electrolyte:</p> <table border="1" data-bbox="1062 757 1414 1193"> <tr> <td data-bbox="1062 757 1174 913"><math>C_N \times U_R</math><sup>h</sup></td> <td colspan="2" data-bbox="1174 757 1414 824">Leakage current <math>\mu\text{A}</math> (at 20 °C <math>\pm</math> 2 °C)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1062 824 1174 913"></td> <td data-bbox="1174 824 1289 913">Long-life grade</td> <td data-bbox="1289 824 1414 913">General-purpose grade</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1062 913 1174 1104"><math>\leq 1\ 000</math></td> <td data-bbox="1174 913 1289 1104">0,01 <math>C_N \times U_R</math> or 1 <math>\mu\text{A}</math>, whichever is the greater</td> <td data-bbox="1289 913 1414 1104">0,05 <math>C_N \times U_R</math> or 5 <math>\mu\text{A}</math>, whichever is the greater</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1062 1104 1174 1193"><math>&gt; 1\ 000</math></td> <td data-bbox="1174 1104 1289 1193">0,006 <math>C_N \times U_R + 4\ \mu\text{A}</math></td> <td data-bbox="1289 1104 1414 1193">0,03 <math>C_N \times U_R + 20\ \mu\text{A}</math></td> </tr> </table> <p>Solid electrolyte:</p> <p>For long-life grade: <math>\leq 0,1 C_N U_R</math> (at 20 °C <math>\pm</math> 2 °C)<sup>h</sup></p> <p>For general-purpose grade: <math>\leq 0,15 C_N U_R</math> (at 20 °C <math>\pm</math> 2 °C)<sup>h</sup></p> <p>Within specified tolerances</p> <p>See detail specification</p> <p>Within limits specified in the detail specification</p>	$C_N \times U_R$ <sup>h</sup>	Leakage current $\mu\text{A}$ (at 20 °C $\pm$ 2 °C)			Long-life grade	General-purpose grade	$\leq 1\ 000$	0,01 $C_N \times U_R$ or 1 $\mu\text{A}$ , whichever is the greater	0,05 $C_N \times U_R$ or 5 $\mu\text{A}$ , whichever is the greater	$> 1\ 000$	0,006 $C_N \times U_R + 4\ \mu\text{A}$	0,03 $C_N \times U_R + 20\ \mu\text{A}$
$C_N \times U_R$ <sup>h</sup>	Leakage current $\mu\text{A}$ (at 20 °C $\pm$ 2 °C)															
	Long-life grade	General-purpose grade														
$\leq 1\ 000$	0,01 $C_N \times U_R$ or 1 $\mu\text{A}$ , whichever is the greater	0,05 $C_N \times U_R$ or 5 $\mu\text{A}$ , whichever is the greater														
$> 1\ 000$	0,006 $C_N \times U_R + 4\ \mu\text{A}$	0,03 $C_N \times U_R + 20\ \mu\text{A}$														
<p><b>Group 1A</b></p> <p>4.4 Robustness of terminations</p> <p>4.4.2 Initial inspection</p> <p style="padding-left: 40px;">Capacitance</p> <p>4.4.3 Final inspections</p> <p style="padding-left: 40px;">Visual examination</p> <p>4.5 Resistance to soldering heat<sup>d</sup></p> <p>4.5.3 Recovery</p> <p>4.5.4 Final inspections</p> <p style="padding-left: 40px;">Visual examination</p> <p style="padding-left: 40px;">Capacitance</p>	<p>D</p>	<p>See 4.3.2.2</p> <p>See 4.2.2</p> <p>See 4.5.2</p> <p>See 4.5.3</p> <p>See 4.2.2</p> <p>See 4.3.2.2</p>	<p>See Table 2</p>	<p>Within specified tolerance</p> <p>No visible damage</p> <p>No visible damage</p> <p>Legible marking</p> <p><math> \Delta C/C  \leq 5\%</math> of value measured in 4.4.2</p>												

Table 3 (2 of 10)

Subclause number and test <sup>a</sup> , inspection items	D or ND <sup>b</sup>	Conditions of test <sup>a</sup> and measurements	Number of specimens ( <i>n</i> ) and number of permissible nonconforming items ( <i>c</i> )	Performance requirements <sup>a</sup>
<b>Group 1B</b>	D		See Table 2	
4.6 Solderability <sup>d</sup>		See 4.6.2		
4.6.1 Final inspections Visual examination		See 4.2.2		Good tinning as evidenced by free flowing of the solder with wetting of the terminations or meet the required parameter(s) in the detail specification as applicable
4.7 Rapid change of temperature		See 4.7.3		
4.7.2 Initial inspection Capacitance		See 4.3.2.2		Within specified tolerance
4.7.4 Recovery		See 4.7.4		
4.7.5 Final inspections				
Solid electrolyte:				
Visual examination		See 4.2.2		No visible damage
Leakage current		See 4.3.1.2		For long-life grade: $\leq 0,1 C_N U_R$ (at $20\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ ) <sup>h</sup> For general-purpose grade: $\leq 0,15 C_N U_R$ (at $20\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ ) <sup>h</sup>
Tangent of loss angle		See 4.3.3.2		See detail specification
Impedance <sup>c</sup>		See 4.3.4.2 and 4.3.4.3		See detail specification
Non-solid electrolyte:				
Visual examination		See 4.2.2		No leakage of electrolyte or other visible damage
4.8 Vibration		See 4.8.2		
4.8.3 Final inspections Visual examination		See 4.2.2		No visible damage and for non-solid electrolyte capacitors no leakage of electrolyte Legible marking
Capacitance		See 4.3.2.2		$ \Delta C/C  \leq 5\%$ of value measured in 4.7.2, unless otherwise prescribed in the detail specification
4.9 Bump (or shock, see 4.10)		See 4.9.2		
4.10 Shock (or bump, see 4.9)		See 4.10.2		
4.9.3 or 4.10.3 Final inspections Visual examination		See 4.2.2		No visible damage and for non-solid electrolyte capacitors no leakage of electrolyte
Capacitance		See 4.3.2.2		$ \Delta C/C  \leq 5\%$ of values measured in 4.7.2, unless otherwise specified in the detail specification

Table 3 (3 of 10)

Subclause number and test <sup>a</sup> , inspection items	D or ND <sup>b</sup>	Conditions of test <sup>a</sup> and measurements	Number of specimens ( <i>n</i> ) and number of permissible nonconforming items ( <i>c</i> )	Performance requirements <sup>a</sup>												
<b>Group 1</b>	D		See Table 2													
4.11 Climatic sequence																
4.11.2 Initial inspection Capacitance		See 4.3.2.2		Within specified tolerance												
4.11.3 Dry heat		See IEC 60384-1:2016, 4.21.3.														
4.11.4 Damp heat, cyclic, Test Db, first cycle		See IEC 60384-1:2016, 4.21.4.														
4.11.5 Cold		See IEC 60384-1:2016, 4.21.5.														
4.11.6 Low air pressure <sup>9</sup>		See 4.11.6.2														
4.11.6.4 Intermediate and final measurement Visual examination		See 4.2.2		No breakdown, flashover or harmful deformation of the case												
4.11.7 Damp heat, cyclic, Test Db, remaining cycles		See IEC 60384-1:2016, 4.21.7.														
4.11.8 Sealing <sup>9</sup>		See 4.11.8.2														
4.11.8.3 Recovery		See 4.11.8.3														
4.11.9 Final inspections Visual examination		See 4.2.2		No visible damage and for non-solid electrolyte capacitors no leakage of electrolyte Legible marking												
Leakage current		See 4.3.1.2		Non-solid electrolyte: <table border="1" data-bbox="1043 1200 1415 1592"> <thead> <tr> <th data-bbox="1043 1200 1155 1261"><math>C_N \times U_R</math> <sup>h</sup></th> <th colspan="2" data-bbox="1160 1200 1415 1261">Leakage current <math>\mu\text{A}</math> (at 20 °C ± 2 °C)</th> </tr> <tr> <td data-bbox="1043 1267 1155 1328"></td> <th data-bbox="1160 1267 1287 1328">Long-life grade</th> <th data-bbox="1292 1267 1415 1328">General-purpose grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1043 1335 1155 1503">≤1 000</td> <td data-bbox="1160 1335 1287 1503">0,01 <math>C_N \times U_R</math> or 1 <math>\mu\text{A}</math>, whichever is the greater</td> <td data-bbox="1292 1335 1415 1503">0,05 <math>C_N \times U_R</math> or 5 <math>\mu\text{A}</math>, whichever is the greater</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1043 1509 1155 1592">&gt;1 000</td> <td data-bbox="1160 1509 1287 1592">0,006 <math>C_N \times U_R + 4 \mu\text{A}</math></td> <td data-bbox="1292 1509 1415 1592">0,03 <math>C_N \times U_R + 20 \mu\text{A}</math></td> </tr> </tbody> </table>	$C_N \times U_R$ <sup>h</sup>	Leakage current $\mu\text{A}$ (at 20 °C ± 2 °C)			Long-life grade	General-purpose grade	≤1 000	0,01 $C_N \times U_R$ or 1 $\mu\text{A}$ , whichever is the greater	0,05 $C_N \times U_R$ or 5 $\mu\text{A}$ , whichever is the greater	>1 000	0,006 $C_N \times U_R + 4 \mu\text{A}$	0,03 $C_N \times U_R + 20 \mu\text{A}$
$C_N \times U_R$ <sup>h</sup>	Leakage current $\mu\text{A}$ (at 20 °C ± 2 °C)															
	Long-life grade	General-purpose grade														
≤1 000	0,01 $C_N \times U_R$ or 1 $\mu\text{A}$ , whichever is the greater	0,05 $C_N \times U_R$ or 5 $\mu\text{A}$ , whichever is the greater														
>1 000	0,006 $C_N \times U_R + 4 \mu\text{A}$	0,03 $C_N \times U_R + 20 \mu\text{A}$														
Capacitance		See 4.3.2.2		Solid electrolyte: For long-life grade: ≤0,1 $C_N U_R$ (at 20 °C ± 2 °C) <sup>h</sup> For general-purpose grade: ≤0,15 $C_N U_R$ (at 20 °C ± 2 °C) <sup>h</sup>   $\Delta C/C$   for: Solid electrolyte: Long-life grade: ≤5 % General-purpose grade: ≤10 % Non-solid electrolyte: ≤10 % of value measured in 4.5.3, 4.9.3 or 4.10.3 as applicable												
Tangent of loss angle		See 4.3.3.2		≤1,2 times the initial limit												

Table 3 (4 of 10)

Subclause number and test <sup>a</sup> , inspection items	D or ND <sup>b</sup>	Conditions of test <sup>a</sup> and measurements	Number of specimens ( <i>n</i> ) and number of permissible nonconforming items ( <i>c</i> )	Performance requirements <sup>a</sup>										
<b>Group 2</b>	D		See Table 2											
4.12 Damp heat, steady state		See 4.12.3			Within specified tolerance  No visible damage, and for non-solid electrolyte capacitor, no leakage of electrolyte. Legible marking Non-solid electrolyte:									
4.12.2 Initial inspection														
Capacitance		See 4.3.2.2												
4.12.4 Recovery		See 4.12.4												
4.12.5 Final inspections														
Visual examination		See 4.2.2												
Leakage current		See 4.3.1.2												
Capacitance	See 4.3.2.2		<table border="1"> <tr> <td rowspan="2"><math>C_N \times U_R^h</math></td> <td colspan="2">Leakage current <math>\mu\text{A}</math> (at <math>20\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}</math>)</td> </tr> <tr> <td>Long-life grade</td> <td>General-purpose grade</td> </tr> <tr> <td><math>\leq 1\ 000</math></td> <td><math>0,01\ C_N \times U_R</math> or <math>1\ \mu\text{A}</math>, whichever is the greater</td> <td><math>0,05\ C_N \times U_R</math> or <math>5\ \mu\text{A}</math>, whichever is the greater</td> </tr> <tr> <td><math>&gt; 1\ 000</math></td> <td><math>0,006\ C_N \times U_R + 4\ \mu\text{A}</math></td> <td><math>0,03\ C_N \times U_R + 20\ \mu\text{A}</math></td> </tr> </table>	$C_N \times U_R^h$	Leakage current $\mu\text{A}$ (at $20\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ )		Long-life grade	General-purpose grade	$\leq 1\ 000$	$0,01\ C_N \times U_R$ or $1\ \mu\text{A}$ , whichever is the greater	$0,05\ C_N \times U_R$ or $5\ \mu\text{A}$ , whichever is the greater	$> 1\ 000$	$0,006\ C_N \times U_R + 4\ \mu\text{A}$	$0,03\ C_N \times U_R + 20\ \mu\text{A}$
$C_N \times U_R^h$	Leakage current $\mu\text{A}$ (at $20\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ )													
	Long-life grade	General-purpose grade												
$\leq 1\ 000$	$0,01\ C_N \times U_R$ or $1\ \mu\text{A}$ , whichever is the greater	$0,05\ C_N \times U_R$ or $5\ \mu\text{A}$ , whichever is the greater												
$> 1\ 000$	$0,006\ C_N \times U_R + 4\ \mu\text{A}$	$0,03\ C_N \times U_R + 20\ \mu\text{A}$												
Tangent of loss angle	See 4.3.3.2		Solid electrolyte: For long-life grade: $\leq 0,1\ C_N U_R$ (at $20\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ ) <sup>h</sup> For general-purpose grade: $\leq 0,15\ C_N U_R$ (at $20\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ ) <sup>h</sup> $ \Delta C/C $ for: Solid electrolyte: Long-life grade: $\leq 5\ \%$ General-purpose grade: $\leq 10\ \%$ Non-solid electrolyte: Long-life grade: $\leq 10\ \%$ General-purpose grade: $\leq 20\ \%$ of value measured in 4.12.2 $\leq 1,2$ times the initial limit $\leq 1,2$ times the limit in the detail specification $\geq 100\ \text{M}\Omega$											
Impedance <sup>9</sup>	See 4.3.4.2 and 4.3.4.3													
Insulation resistance of the external insulation <sup>9</sup>	See IEC 60384-1:2016, 4.5.4.													
Voltage proof of the external insulation <sup>9</sup>	See IEC 60384-1:2016, 4.6.3.4.		No breakdown or flashover											

Table 3 (5 of 10)

Subclause number and test <sup>a</sup> , inspection items	D or ND <sup>b</sup>	Conditions of test <sup>a</sup> and measurements	Number of specimens ( <i>n</i> ) and number of permissible nonconforming items ( <i>c</i> )	Performance requirements <sup>a</sup>																				
<b>Group 3</b> 4.13 Endurance 4.13.2 Initial inspection Capacitance 4.13.4 Recovery 4.13.5 Final inspections Solid electrolyte: Visual examination Leakage current Capacitance Tangent of loss angle Impedance <sup>°</sup> Insulation resistance of the external insulation <sup>°</sup> Voltage proof of the external insulation <sup>°</sup> Non-solid electrolyte: Visual examination Leakage current Capacitance	D	See 4.13.3  See 4.3.2.2 See 4.13.4  See 4.2.2  See 4.3.1.2  See 4.3.2.2  See 4.3.3.2 See 4.3.4.2 and 4.3.4.3  See IEC 60384-1:2016, 4.5.4. See IEC 60384-1:2016, 4.6.3.4.  See 4.2.2  See 4.3.1.2  See 4.3.2.2	See Table 2	Within specified tolerance  No visible damage Legible marking For long-life grade: $\leq 0,1 C_N U_R$ (at $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ) <sup>h</sup> For general-purpose grade: $\leq 0,15 C_N U_R$ (at $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ) <sup>h</sup> $ \Delta C/C  \leq 10 \%$ of value measured in 4.13.2 $\leq 1,2$ times the initial limit $\leq 1,2$ times the limit in the detail specification $\geq 100 \text{ M}\Omega$ No breakdown or flashover  No leakage of electrolyte or other visible damage Legible marking <table border="1" data-bbox="1043 1265 1415 1668"> <tr> <td><math>C_N \times U_R</math><sup>h</sup></td> <td colspan="2">Leakage current <math>\mu\text{A}</math> (at <math>20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}</math>)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Long-life grade</td> <td>General-purpose grade</td> </tr> <tr> <td><math>\leq 1\ 000</math></td> <td><math>0,01 C_N \times U_R</math> or <math>1 \mu\text{A}</math>, whichever is the greater</td> <td><math>0,05 C_N \times U_R</math> or <math>5 \mu\text{A}</math>, whichever is the greater</td> </tr> <tr> <td><math>&gt; 1\ 000</math></td> <td><math>0,006 C_N \times U_R + 4 \mu\text{A}</math></td> <td><math>0,03 C_N \times U_R + 20 \mu\text{A}</math></td> </tr> </table> $ \Delta C/C $ compared to values measured in 4.13.2: Long-life grade: <table border="1" data-bbox="1043 1780 1415 1930"> <tr> <td>Rated voltage V</td> <td><math> \Delta C/C </math> %</td> </tr> <tr> <td><math>U_R \leq 6,3</math></td> <td>+15 to -30</td> </tr> <tr> <td><math>6,3 &lt; U_R \leq 160</math></td> <td><math>\pm 20</math></td> </tr> <tr> <td><math>160 &lt; U_R</math></td> <td><math>\pm 15</math></td> </tr> </table>	$C_N \times U_R$ <sup>h</sup>	Leakage current $\mu\text{A}$ (at $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ )			Long-life grade	General-purpose grade	$\leq 1\ 000$	$0,01 C_N \times U_R$ or $1 \mu\text{A}$ , whichever is the greater	$0,05 C_N \times U_R$ or $5 \mu\text{A}$ , whichever is the greater	$> 1\ 000$	$0,006 C_N \times U_R + 4 \mu\text{A}$	$0,03 C_N \times U_R + 20 \mu\text{A}$	Rated voltage V	$ \Delta C/C $ %	$U_R \leq 6,3$	+15 to -30	$6,3 < U_R \leq 160$	$\pm 20$	$160 < U_R$	$\pm 15$
$C_N \times U_R$ <sup>h</sup>	Leakage current $\mu\text{A}$ (at $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ )																							
	Long-life grade	General-purpose grade																						
$\leq 1\ 000$	$0,01 C_N \times U_R$ or $1 \mu\text{A}$ , whichever is the greater	$0,05 C_N \times U_R$ or $5 \mu\text{A}$ , whichever is the greater																						
$> 1\ 000$	$0,006 C_N \times U_R + 4 \mu\text{A}$	$0,03 C_N \times U_R + 20 \mu\text{A}$																						
Rated voltage V	$ \Delta C/C $ %																							
$U_R \leq 6,3$	+15 to -30																							
$6,3 < U_R \leq 160$	$\pm 20$																							
$160 < U_R$	$\pm 15$																							

Table 3 (6 of 10)

Subclause number and test <sup>a</sup> , inspection items	D or ND <sup>b</sup>	Conditions of test <sup>a</sup> and measurements	Number of specimens ( <i>n</i> ) and number of permissible nonconforming items ( <i>c</i> )	Performance requirements <sup>a</sup>
<b>Group 3</b> (continued) 4.13.5 (continued) Capacitance	D	See 4.3.2.2	See Table 2	General-purpose grade: Rated voltage V $U_R \leq 6,3$ $6,3 < U_R \leq 160$ $160 < U_R$ $ \Delta C/C $ % +25 to -40 ±30 ±20
Tangent of loss angle		See 4.3.3.2		Long-life grade: ≤1,5 times the limit specified in 4.3.3 General-purpose grade: ≤2 times the limit specified in 4.3.3 or ≤0,4, whichever is the greater
Impedance <sup>f</sup>		See 4.3.4.2 and 4.3.4.3		Long-life grade: ≤2 times the limit specified in the detail specification General-purpose grade: ≤4 times the limit in the detail specification ≥100 MΩ
Insulation resistance of the external insulation <sup>f</sup> Voltage proof of the external insulation <sup>f</sup>		See IEC 60384-1:2016, 4.5.4. See IEC 60384-1:2016, 4.6.3.4.		No breakdown or flashover
<b>Group 4A</b> 4.14 Surge voltage 4.14.2 Initial inspection Capacitance 4.14.4 Recovery 4.14.5 Final inspections Visual examination <sup>f</sup> Leakage current	D	See 4.14.3 See 4.3.2.2 See 4.14.4 See 4.2.2 See 4.3.1.2	See Table 2	Within specified tolerances No visible damage and no leakage of electrolyte Non-solid electrolyte: $C_N \times U_R$ <sup>h</sup> Leakage current µA (at 20 °C ± 2 °C) Long-life grade General-purpose grade ≤1 000 >1 000 0,01 $C_N \times U_R$ or 1 µA, whichever is the greater 0,05 $C_N \times U_R$ or 5 µA, whichever is the greater 0,006 $C_N \times U_R$ + 4 µA 0,03 $C_N \times U_R$ + 20 µA
Capacitance		See 4.3.2.2		Solid electrolyte: For long-life grade: ≤0,1 $C_N U_R$ (at 20 °C ± 2 °C) <sup>h</sup> For general-purpose grade: ≤0,15 $C_N U_R$ (at 20 °C ± 2 °C) <sup>h</sup> $ \Delta C/C $ for Solid electrolyte: Long-life grade: ≤5 % General-purpose grade: ≤10 % Non-solid electrolyte: ≤15 % of value measured in 4.14.2
Tangent of loss angle		See 4.3.3.2		See detail specification



Table 3 (8 of 10)

Subclause number and test <sup>a</sup> , inspection items	D or ND <sup>b</sup>	Conditions of test <sup>a</sup> and measurements	Number of specimens ( <i>n</i> ) and number of permissible nonconforming items ( <i>c</i> )	Performance requirements <sup>a</sup>											
<b>Group 5A</b> (continued) 4.17.5 (continued) Capacitance  Tangent of loss angle  4.22 Voltage transient overload <sup>f</sup> 4.22.2 Initial inspection Capacitance 4.22.3 Final inspections Visual examination Capacitance Leakage current Tangent of loss angle Other parameters	D	See 4.3.2.2  See 4.3.3.2  See IEC 60384-1:2016, 4.40.  See 4.3.2.2  See 4.2.2 See 4.3.2.2 See 4.3.1.2 See 4.3.3.2	See Table 2	$ \Delta C/C $ for: Solid electrolyte: $\leq 5\%$ Non-solid electrolyte: $\leq 10\%$ of value measured in 4.17.2 Solid electrolyte: See detail specification Non-solid electrolyte: $\leq 1,2$ times the initial limit  Within specified tolerance  See detail specification See detail specification See detail specification See detail specification See detail specification											
<b>Group 5B<sup>e</sup></b> 4.18 Storage at low temperature <sup>f</sup> 4.18.2 Initial inspection Capacitance 4.18.4 Recovery 4.18.5 Final inspections Visual examination  Leakage current  Capacitance Tangent of loss angle	ND	See IEC 60384-1:2016, 4.25.2.2  See 4.3.2.2  See 4.18.4  See 4.2.2  See 4.3.1.2  See 4.3.2.2  See 4.3.3.2	See Table 2	Within specified tolerance  No visible damage and no leakage of electrolyte Legible marking Non-solid electrolyte: <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"><math>C_N \times U_R^h</math></th> <th colspan="2">Leakage current <math>\mu\text{A}</math> (at <math>20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}</math>)</th> </tr> <tr> <th>Long-life grade</th> <th>General-purpose grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\leq 1\ 000</math></td> <td><math>0,01 C_N \times U_R</math> or <math>1\ \mu\text{A}</math>, whichever is the greater</td> <td><math>0,05 C_N \times U_R</math> or <math>5\ \mu\text{A}</math>, whichever is the greater</td> </tr> <tr> <td><math>&gt; 1\ 000</math></td> <td><math>0,006 C_N \times U_R + 4\ \mu\text{A}</math></td> <td><math>0,03 C_N \times U_R + 20\ \mu\text{A}</math></td> </tr> </tbody> </table> Solid electrolyte: For long-life grade: $\leq 0,1 C_N U_R$ (at $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ) <sup>h</sup> For general-purpose grade: $\leq 0,15 C_N U_R$ (at $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ) <sup>h</sup> $ \Delta C/C  \leq 10\%$ of value measured in 4.18.2 See detail specification	$C_N \times U_R^h$	Leakage current $\mu\text{A}$ (at $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ )		Long-life grade	General-purpose grade	$\leq 1\ 000$	$0,01 C_N \times U_R$ or $1\ \mu\text{A}$ , whichever is the greater	$0,05 C_N \times U_R$ or $5\ \mu\text{A}$ , whichever is the greater	$> 1\ 000$	$0,006 C_N \times U_R + 4\ \mu\text{A}$	$0,03 C_N \times U_R + 20\ \mu\text{A}$
$C_N \times U_R^h$	Leakage current $\mu\text{A}$ (at $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ )														
	Long-life grade	General-purpose grade													
$\leq 1\ 000$	$0,01 C_N \times U_R$ or $1\ \mu\text{A}$ , whichever is the greater	$0,05 C_N \times U_R$ or $5\ \mu\text{A}$ , whichever is the greater													
$> 1\ 000$	$0,006 C_N \times U_R + 4\ \mu\text{A}$	$0,03 C_N \times U_R + 20\ \mu\text{A}$													

**Table 3 (9 of 10)**

Subclause number and test <sup>a</sup> , inspection items	D or ND <sup>b</sup>	Conditions of test <sup>a</sup> and measurements	Number of specimens ( <i>n</i> ) and number of permissible nonconforming items ( <i>c</i> )	Performance requirements <sup>a</sup>
<p><b>Group 6</b></p> <p>4.19 Characteristics at high and low temperature</p> <p>Solid electrolyte:</p> <p>Step 1: 20 °C</p> <p>    Capacitance <sup>c i</sup></p> <p>    Impedance (at the same frequency as Step 2) <sup>c i</sup></p> <p>    Tangent of loss angle<sup>c</sup></p> <p>Step 2: lower category temperature</p> <p>    Capacitance<sup>c</sup></p> <p>    Impedance</p> <p>    Tangent of loss angle<sup>c</sup></p> <p>Step 3: upper category temperature</p> <p>    Leakage current</p> <p>    Capacitance<sup>c</sup></p> <p>    Tangent of loss angle<sup>c</sup></p> <p>Non-solid electrolyte:</p> <p>Step 1: 20 °C</p> <p>    Capacitance <sup>f i</sup></p> <p>    Tangent of loss angle <sup>f</sup></p> <p>    Impedance (at same frequency as Step 2) <sup>f i</sup></p> <p>Step 2: lower category temperature</p>	<p>D</p>	<p>See IEC 60384-1:2016, 4.29</p> <p>See 4.3.2.2</p> <p>See 4.3.4.2 and 4.3.4.3</p> <p>See 4.3.3.2</p> <p>See 4.3.2.2</p> <p>See 4.3.4.4</p> <p>See 4.3.3.2</p> <p>See 4.3.1.2</p> <p>See 4.3.2.2</p> <p>See 4.3.3.2</p> <p>See 4.3.2.2</p> <p>See 4.3.3.2</p> <p>See 4.3.4.2 and 4.3.4.3</p>	<p>See Table 2</p>	<p><math> \Delta C/C  \leq 20\%</math> of the value measured in Step 1</p> <p>Ratio with respect to value in Step 1: <math>\leq 2</math> times</p> <p><math>\leq 2</math> times the initial limit</p> <p>At 125 °C (with <math>U_R</math>): <math>\leq 15</math> times the limit of 4.3.1.3</p> <p>At 105 °C (with <math>U_R</math>): <math>\leq 12,5</math> times the limit of 4.3.1.3</p> <p>At 85 °C (with <math>U_R</math>): <math>\leq 10</math> times the limit of 4.3.1.3</p> <p><math> \Delta C/C  \leq 20\%</math> of value measured in Step 1</p> <p><math>\leq</math> initial limit</p>

Table 3 (10 of 10)

Subclause number and test <sup>a</sup> , inspection items	D or ND <sup>b</sup>	Conditions of test <sup>a</sup> and measurements	Number of specimens ( <i>n</i> ) and number of permissible nonconforming items ( <i>c</i> )	Performance requirements <sup>a</sup>										
<b>Group 6</b> (continued) 4.19 (continued) Impedance <sup>f</sup>	D	See 4.3.4.4	See Table 2	Ratio with respect to the value in Step 1 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rated voltage V</th> <th>Ratio of impedance</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>U_R \leq 6,3</math></td> <td><math>\leq 10</math></td> </tr> <tr> <td><math>6,3 &lt; U_R \leq 16</math></td> <td><math>\leq 8</math></td> </tr> <tr> <td><math>16 &lt; U_R \leq 160</math></td> <td><math>\leq 6</math></td> </tr> <tr> <td><math>160 &lt; U_R</math></td> <td><math>\leq 10</math></td> </tr> </tbody> </table>	Rated voltage V	Ratio of impedance	$U_R \leq 6,3$	$\leq 10$	$6,3 < U_R \leq 16$	$\leq 8$	$16 < U_R \leq 160$	$\leq 6$	$160 < U_R$	$\leq 10$
Rated voltage V	Ratio of impedance													
$U_R \leq 6,3$	$\leq 10$													
$6,3 < U_R \leq 16$	$\leq 8$													
$16 < U_R \leq 160$	$\leq 6$													
$160 < U_R$	$\leq 10$													
Step 3: upper category temperature Leakage current		See 4.3.1.2		At 125 °C: $\leq 10$ times the limit of 4.3.1.3 At 105 °C: $\leq 8$ times the limit of 4.3.1.3 At 100 °C: $\leq 8$ times the limit of 4.3.1.3 At 85 °C: $\leq 5$ times the limit of 4.3.1.3										
Capacitance <sup>f</sup>		See 4.3.2.2		See detail specification										
Tangent of loss angle <sup>f</sup>		See 4.3.3.2		See detail specification										
4.20 Charge and discharge <sup>g</sup>		See 4.20.3												
4.20.2 Initial inspection														
Capacitance		See 4.3.2.2		Within specified tolerance										
4.20.4 Final inspections														
Visual examination		See 4.2.2		No visible damage and for non-solid electrolyte capacitors no leakage of electrolyte										
Capacitance		See 4.3.2.2		$ \Delta C/C $ for: Solid electrolyte: $\leq 5$ % Non-solid electrolyte: $\leq 10$ % of value measured in 4.20.2										
<p><sup>a</sup> Subclause numbers of test and performance requirements refer to Clause 4.</p> <p><sup>b</sup> In this table, D = destructive, ND = non-destructive.</p> <p><sup>c</sup> If required for solid electrolyte capacitors only.</p> <p><sup>d</sup> Not applicable to capacitors with screw terminations or other terminations, not designed to be soldered, as stated in the detail specification.</p> <p><sup>e</sup> Group 5B is only applicable to capacitors with a lower category temperature of <math>-25</math> °C and <math>-10</math> °C.</p> <p><sup>f</sup> If required for non-solid electrolyte capacitors only.</p> <p><sup>g</sup> If required.</p> <p><sup>h</sup> <math>C_N</math> = nominal capacitance in microfarads; <math>U_R</math> = rated voltage in volts.</p> <p><sup>i</sup> For use as reference value.</p>														

### **3.5 Quality conformance inspection**

#### **3.5.1 Formation of inspection lots**

##### **3.5.1.1 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 3.2).
- b) The sample tested shall be representative of the values and dimensions contained in the inspection lot:
  - in relation to their number;
  - with a minimum of five of any one value.
- 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).

##### **3.5.1.2 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-voltage ratings. In order to cover the range of approvals in any period, one case size shall be tested from each voltage group. In subsequent periods, other case sizes and/or voltage ratings in production shall be tested with the aim of covering the whole range.

#### **3.5.2 Test schedule**

The schedule for the lot-by-lot and periodic tests for the quality conformance inspection is given in the blank detail specification.

#### **3.5.3 Delayed delivery**

When, according to the procedures of IEC 60384-1:2016, Q.1.7, re-inspection should be made, solderability and capacitance shall be checked as specified in Groups A and B inspection.

#### **3.5.4 Assessment levels**

The assessment levels given in the blank detail specification shall preferably be selected from Table 4 and Table 5.

**Table 4 – Lot-by-lot inspection**

Inspection subgroup <sup>a</sup>	EZ		
	IL <sup>b</sup>	<i>n</i> <sup>b</sup>	<i>c</i> <sup>b</sup>
A0 <sup>e</sup>	100 % <sup>c</sup>		
A1	S-3	<i>d</i>	0
A2	S-3	<i>d</i>	0
B1	S-3	<i>d</i>	0
B2	S-3	<i>d</i>	0

<sup>a</sup> The content of the inspection subgroup is described in Clause 2 of the blank detail specification.

<sup>b</sup> IL = inspection level  
*n* = sample size  
*c* = permissible number of non-conforming items.

<sup>c</sup> After removal of nonconforming items by 100 % testing during the manufacturing process, sampling inspection shall be performed in order to monitor the outgoing quality level by nonconforming items per million ( $\times 10^{-6}$ ). The sampling level shall be established by the manufacturer, preferably according to IEC 61193-2:2007, Annex A. In case one or more nonconforming items occur in a sample, this lot shall be rejected, but the whole sample shall be inspected and 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 according to the method given in IEC 61193-2:2007, 6.2.

<sup>d</sup> Number to be tested: Sample size shall be determined according to IEC 61193-2:2007, 4.3.2.

<sup>e</sup> If required for solid electrolyte capacitors only.

**Table 5 – Periodic inspection**

Inspection subgroup <sup>a</sup>	EZ		
	<i>p</i> <sup>b</sup>	<i>n</i> <sup>b</sup>	<i>c</i> <sup>b</sup>
C1A	6	9	0
C1B	6	18	0
C1	6	27	0
C2	6	9	0
C3	3	21	0
C4A	12	6	0
C4B	12	6	0
C5A	6	12	0
C5B	12	6	0
C6	6	15	0

<sup>a</sup> The content of the inspection subgroup is described in Clause 2 of the blank detail specification.

<sup>b</sup> *p* = periodicity in months  
*n* = sample size  
*c* = permissible number of non-conforming items

## 4 Test and measurement procedures

NOTE Clause 4 supplements the information given in IEC 60384-1:2016, Clause 4.

### 4.1 Pre-conditioning (for non-solid electrolyte capacitors only)

Before starting the test programme, all capacitors shall be pre-conditioned by the application of the rated voltage from a d.c. voltage source having a low internal resistance, such as a regulated power supply. The voltage shall be applied to the capacitor through a resistor the

value of which shall be approximately 100  $\Omega$  for rated voltages up to and including 100 V, and approximately 1 000  $\Omega$  for rated voltages above 100 V.

The voltage shall be maintained for 1 h after its value across the capacitor has become equal to the rated voltage with a tolerance of  $\pm 3$  %. After this pre-conditioning, the capacitors shall be discharged through a resistor of approximately 1  $\Omega$  per applied volt.

The tests in 3.4.3 shall be made after the capacitors have been stored for a period of 12 h to 48 h during which no voltage shall be applied. No further pre-conditioning as described above shall be applied during the test programme.

## **4.2 Visual examination and check of dimensions**

### **4.2.1 General**

See IEC 60384-1:2016, 4.4, with the following details.

### **4.2.2 Visual examination and check of dimensions**

Visual examination shall be carried out with suitable equipment with approximately 10 $\times$  magnification and lighting appropriate to the specimen under test and quality level required.

The operator should have available facilities for incident or transmitted illumination as well as an appropriate measuring facility.

The capacitors shall be examined to verify that the materials, design, construction and physical dimensions are appropriate.

### **4.2.3 Requirements**

See Table 3.

The workmanship shall be in accordance with the applicable requirements given in the detail specification.

## **4.3 Electrical tests**

### **4.3.1 Leakage current**

#### **4.3.1.1 General**

See IEC 60384-1:2016, 4.9, with the following details.

#### **4.3.1.2 Measuring conditions**

The rated voltage shall be applied across the capacitor and its protective resistor. Unless otherwise stated in the detail specification, the protective resistor shall be approximately 100  $\Omega$  for rated voltages  $\leq 100$  V and approximately 1 000  $\Omega$  for rated voltages  $> 100$  V.

#### **4.3.1.3 Requirements**

See Table 3.

### **4.3.2 Capacitance**

#### **4.3.2.1 General**

See IEC 60384-1:2016, 4.7, with the following details.

#### **4.3.2.2 Measuring conditions**

Unless otherwise specified in the detail specifications, the capacitance shall be measured at a frequency of 100 Hz or 120 Hz.

The peak alternating voltage actually applied across the capacitor terminations shall not exceed 0,5 V (r.m.s.).

Basically, a d.c. voltage should not be applied to the capacitor during measurement.

A d.c. bias voltage of 0,7 V to 1,0 V may be applied during the measurement to avoid negative voltage application to the capacitor by applied a.c. voltage.

The inaccuracy of the measuring instrument shall not exceed 2 % of the limit specified in the detail specification, whether this is given as an absolute value or as a change of capacitance.

#### **4.3.2.3 Requirements**

See Table 3.

### **4.3.3 Tangent of loss angle ( $\tan \delta$ ) or equivalent series resistance (ESR)**

#### **4.3.3.1 General**

See IEC 60384-1:2016, 4.8, with the following details.

#### **4.3.3.2 Measuring conditions**

The measurement shall be under the conditions of 4.3.2.2. The inaccuracy of the measuring equipment shall not exceed 0,01 absolute value.

#### **4.3.3.3 Requirements**

The requirements are given in Table 3, with the following details:

- a) The limits for the tangent of loss angle ( $\tan \delta$ ) or for the equivalent series resistance (ESR) shall be specified in the detail specification.
- b) For capacitors with non-solid electrolyte, instead of the tangent of loss angle ( $\tan \delta$ ), the equivalent series resistance (ESR) may be specified in the detail specification.

### **4.3.4 Impedance (if required)**

#### **4.3.4.1 General**

See IEC 60384-1:2016, 4.10, with the following details.

#### **4.3.4.2 Measuring frequency**

The measuring frequency shall be chosen from one of the following values: 100 Hz, 120 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz and 1 MHz, and shall be that at which the lowest value of impedance is likely to occur. The tolerance on all frequencies for measuring purposes shall not exceed 20 %. The value of the measuring frequency shall be prescribed in the detail specification.

#### **4.3.4.3 Measuring conditions**

The measuring voltage shall be as small as necessary to avoid undue heating of the capacitor.

To demonstrate that the voltage is sufficiently small, it shall be applied to one of the capacitors in each sample for 1 min during which time there shall be no readable change in the impedance of the capacitor.

The error of measurement shall not exceed 5 % of the requirement or 0,02  $\Omega$ , whichever is the greater.

#### **4.3.4.4 Measurement at lower category temperature**

The measuring frequency at lower category temperature shall be 100 Hz or 120 Hz unless otherwise specified in the detail specification.

#### **4.3.4.5 Requirements**

See Table 3.

### **4.3.5 Insulation resistance of the external insulation (if required)**

#### **4.3.5.1 General**

See IEC 60384-1:2016, 4.5, with the following details.

#### **4.3.5.2 Measuring conditions**

A metal foil shall be wrapped closely around the full length of the body of the capacitor, protruding by at least 5 mm from each end, provided a distance of not less than 0,5 mm can be maintained between the metal foil and the terminations. The ends of the foil shall not be folded over the ends of the capacitor. If the 0,5 mm distance cannot be maintained, the protrusion of the foil shall be reduced as necessary to establish the 0,5 mm distance.

When applicable, the V-block method is permitted as an alternative.

A d.c. voltage of 100 V  $\pm$  15 V shall be applied between the metal foil or the V-block and the termination connected to the capacitor body for a minimum of 1 min or for the time required to obtain a stable reading. At the end of this period, the insulation resistance shall be measured.

#### **4.3.5.3 Requirements**

See Table 3.

### **4.3.6 Voltage proof of the external insulation (if required)**

#### **4.3.6.1 General**

See IEC 60384-1:2016, 4.6, with the following details.

#### **4.3.6.2 Measuring conditions**

A metal foil shall be wrapped closely around the full length of the capacitor, protruding by at least 5 mm from each end, provided a distance of not less than 1 mm can be maintained between the metal foil and the terminations. The ends of the foil shall not be folded over the ends of the capacitor. If the 1 mm distance cannot be maintained, the protrusion of the foil shall be reduced as may be necessary to establish the 1 mm distance.

When applicable, the V-block method is permitted as an alternative.

A d.c. voltage gradually increasing at a rate of 100 V/s to a maximum of 1 000 V shall be applied between the metal foil or the V-block and the termination connected to the capacitor body.

The voltage of 1 000 V shall be applied for 1 min ± 5 s.

#### **4.3.6.3 Requirements**

See Table 3.

### **4.4 Robustness of terminations**

#### **4.4.1 General**

See IEC 60384-1:2016, 4.13, with the following details.

The test method and degree of severity shall be given in the detail specification.

#### **4.4.2 Initial inspection**

See Table 3.

#### **4.4.3 Final inspection**

After recovery, the capacitors shall be visually examined under normal lighting and approximately 10× magnification and measured electrical characteristics given in Table 3.

### **4.5 Resistance to soldering heat**

#### **4.5.1 General**

This test is not applicable to capacitors with screw terminations or other terminations not designed to be soldered, as stated in the detail specification.

See IEC 60384-1:2016, 4.14, with the following details.

#### **4.5.2 Test conditions**

No pre-drying.

#### **4.5.3 Recovery**

The recovery period shall be 1 h to 2 h.

#### **4.5.4 Final inspection and requirements**

After recovery, the capacitors shall be visually examined under normal lighting and approximately 10× magnification and measured electrical characteristics given in Table 3.

### **4.6 Solderability**

#### **4.6.1 General**

This test is not applicable to capacitors with screw terminations or other terminations not designed to be soldered, as stated in the detail specification.

See IEC 60384-1:2016, 4.15, with the following details.

#### **4.6.2 Test conditions**

See IEC 60384-1:2016, 4.15.

Temperature of the solder bath:

- Sn-Pb solder: 235 °C ± 3 °C for (2 ± 0,2) s or (5 ± 0,5) s;
- Sn-Ag-Cu solder: 245 °C ± 3 °C for (3 ± 0,3) s;
- Sn-Cu solder: 250 °C ± 3 °C for (3 ± 0,3) s.

When the solder bath method is not appropriate, the soldering iron shall be used with soldering iron Size A.

When the wetting balance method is appropriate, the detail specification may refer to IEC 60068-2-54.

#### **4.6.3 Final inspection**

See Table 3

### **4.7 Rapid change of temperature**

#### **4.7.1 General**

See IEC 60384-1:2016, 4.16, with the following details.

#### **4.7.2 Initial inspection**

See Table 3.

#### **4.7.3 Test conditions**

Test conditions are as follows:

- The capacitors shall be tested for 5 cycles;
- The duration of the exposure at each temperature limit shall be 30 min or 3 h as specified in the detail specification.

#### **4.7.4 Recovery**

The minimum recovery period shall be 16 h.

#### **4.7.5 Final inspections and requirements**

See Table 3.

### **4.8 Vibration**

#### **4.8.1 General**

See IEC 60384-1:2016, 4.17, with the following details.

#### **4.8.2 Test conditions**

The capacitors shall be tested for all three (X, Y and Z) axis in one of the severities as indicated in Table 6 as prescribed in the detail specification.

**Table 6 – Amplitude and acceleration options**

Frequency Hz	Amplitude or acceleration (whichever is the lower acceleration)	Duration h
10 to 55	0,35 mm or 50 m/s <sup>2</sup>	0,5
10 to 55	0,75 mm or 100 m/s <sup>2</sup>	2
10 to 500	0,75 mm or 100 m/s <sup>2</sup>	2
10 to 2 000	0,75 mm or 100 m/s <sup>2</sup>	2

The frequency range and the mounting method shall be prescribed in the detail specification. 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 mm ± 1 mm.

#### **4.8.3 Final inspections and requirements**

See Table 3.

### **4.9 Bump (if required)**

#### **4.9.1 General**

See IEC 60384-1:2016, 4.18, with the following details.

Whether the bump or the shock test applies shall be stated in the detail specification.

#### **4.9.2 Test conditions**

Test conditions are as follows:

- total number of bumps: 1 000 times for general-purpose grade capacitors;  
4 000 times for long-life grade capacitors;
- peak acceleration: 400 m/s<sup>2</sup> (40  $g_n$ );
- duration of pulse: 6 ms.

The mounting method shall be prescribed in the detail specification. 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 mm ± 1 mm.

#### **4.9.3 Final inspections and requirements**

See Table 3.

### **4.10 Shock (if required)**

#### **4.10.1 General**

See IEC 60384-1:2016, 4.19, with the following details.

Whether the shock or the bump test applies shall be stated in the detail specification.

#### **4.10.2 Test conditions**

The preferred severities, as listed in Table 7, shall be stated in the detail specification.

Pulse shape: half-sine.

**Table 7 – Preferred severities**

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

The mounting method shall be prescribed in the detail specification. 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 mm ± 1 mm.

#### 4.10.3 Final inspections and requirements

See Table 3.

#### 4.11 Climatic sequence

##### 4.11.1 General

See IEC 60384-1:2016, 4.21, with the following details.

##### 4.11.2 Initial inspection

See Table 3.

##### 4.11.3 Dry heat

See IEC 60384-1:2016, 4.21.3.

##### 4.11.4 Damp heat, cyclic, test Db, first cycle

See IEC 60384-1:2016, 4.21.4.

##### 4.11.5 Cold

See IEC 60384-1:2016, 4.21.5.

##### 4.11.6 Low air pressure (if required)

###### 4.11.6.1 General

See IEC 60384-1:2016, 4.21.6, with the following details.

###### 4.11.6.2 Test conditions

Test conditions are as follows:

- Duration: 5 min;
- Temperature: 15 °C to 35 °C;
- Air pressure: 8 kPa.

###### 4.11.6.3 Applied d.c. voltage during test carried out

While still at the specified low pressure and during the last minute of the five-minute period, the rated voltage  $U_R$  shall be applied.

#### **4.11.6.4 Intermediate measurement**

During and after the test, the capacitor shall meet the requirements given in Table 3.

#### **4.11.7 Damp heat, cyclic, test Db, remaining cycles**

See IEC 60384-1:2016, 4.21.7.

#### **4.11.8 Sealing (if required)**

##### **4.11.8.1 General**

See IEC 60384-1:2016, 4.20, with the following details.

The capacitors shall be tested at the end of the climatic sequence.

##### **4.11.8.2 Test conditions**

Whether Method 1 or Method 2 applies shall be prescribed in the detail specification.

##### **4.11.8.3 Recovery**

If the capacitors have been immersed in a liquid, they shall be shaken to remove excess liquid.

The recovery period shall be 1 h to 2 h under the standard atmospheric conditions.

#### **4.11.9 Final inspections and requirements**

See Table 3.

#### **4.12 Damp heat, steady state**

##### **4.12.1 General**

See IEC 60384-1:2016, 4.22, with the following details.

##### **4.12.2 Initial inspection**

See Table 3.

##### **4.12.3 Test conditions**

Test conditions are as follows:

- Temperature:  $+40\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ ;
- Relative humidity:  $(93 \pm 3)\%$ ;
- Applied voltage: No voltage shall be applied;
- Duration: 10, 21 or 56 days.

##### **4.12.4 Recovery**

The recovery period shall be 1 h to 2 h.

##### **4.12.5 Final inspections and requirements**

See Table 3.

## **4.13 Endurance**

### **4.13.1 General**

See IEC 60384-1:2016, 4.23, with the following details.

### **4.13.2 Initial inspection**

See Table 3.

### **4.13.3 Test conditions**

Test conditions are as follows:

The duration shall be selected from the following lists. The conditions shall be specified in the detail specification.

- Duration: long-life grade: 2 000 h; 3 000 h; 5 000 h; 7 000 h or 10 000 h;  
general-purpose grade: 1 000h or 2 000 h;
- Temperature: upper category temperature;
- Applied voltage: rated voltage, unless otherwise specified in the detail specification.

When specified in the detail specification a sinusoidal alternating voltage with frequency of 50 Hz, 60 Hz, 100 Hz or 120 Hz, as specified, shall be superimposed on the d.c. voltage so that the peak voltage does not exceed the value of the rated d.c. voltage and that the rated ripple current is not exceeded.

- a) For solid electrolyte capacitors, the impedance of the voltage source shall be maximum 3  $\Omega$ .
- b) For non-solid electrolyte capacitors, the d.c. voltage shall be supplied by a regulated power supply having a low internal resistance and shall be applied to each capacitor or capacitor section through a separate resistor. The value of this resistor shall be so chosen that a short circuit of one of the capacitors or capacitor sections will have no influence on the rest of the sample, but the resistance value shall not exceed 1 000  $\Omega$ .

### **4.13.4 Recovery**

The minimum recovery period shall be 16 h.

### **4.13.5 Final inspections and requirements**

See Table 3.

When a repetitive pressure relief device is applied at the capacitor, the effects of the intended operation of the pressure relief device (for example, slight colouring or discolouring, slight wetting, etc.) should not be considered as leakage and/or visual damage.

## **4.14 Surge voltage**

### **4.14.1 General**

See IEC 60384-1:2016, 4.26, with the following details.

### **4.14.2 Initial inspection**

See Table 3.

#### 4.14.3 Test conditions

The capacitors shall be submitted to 1 000 cycles, each consisting of a charge as described below, followed by a no-load period of 5 min 30 s, with a disconnected capacitor allowed to discharge internally.

- a) Applied voltage (see 2.2.7):
  - 1) 1,15 times the rated voltage for rated voltages  $\leq 315$  V;
  - 2) 1,10 times the rated voltage for rated voltages  $> 315$  V.
- b) Internal resistance of the voltage source: as required for  $RC = 0,1 \text{ s} \pm 0,05 \text{ s}$ .
- c) Temperature:
  - 1) upper category temperature for long-life grade capacitors;
  - 2) room temperature for general-purpose grade capacitors.
- d) Duration: 30 s.

#### 4.14.4 Recovery

The recovery period shall be 1 h to 2 h.

#### 4.14.5 Final inspections and requirements

See Table 3.

When the detail specification indicates that a repetitive pressure relief device is applied at the capacitor, the effects of the intended operation of the pressure relief device (for example, slight colouring or discolouring, slight wetting, etc.) should not be considered as leakage and/or visual damage.

#### 4.15 Reverse voltage (if required)

##### 4.15.1 Initial inspection

See Table 3.

##### 4.15.2 Test conditions

Test conditions are as follows:

The capacitors shall be tested in condition a) then in condition b).

- a) condition:
  - 1) Temperature: upper category temperature.
  - 2) Applied voltage:
    - for solid electrolyte capacitors: a d.c. voltage 0,15 times the rated voltage shall be applied in the reverse voltage polarity direction.
    - for non-solid electrolyte capacitors: a voltage of 1 V d.c., unless otherwise specified in the detail specification, shall be supplied in reverse voltage polarity direction.
  - 3) Duration: 125 h.
- b) condition:
  - 1) Temperature: upper category temperature.
  - 2) Applied voltage: d.c. voltage equal to the rated voltage in the forward polarity direction.
  - 3) Duration: 125 h.

#### **4.15.3 Recovery**

Recovery period shall be specified in the detail specification.

#### **4.15.4 Final inspections and requirements**

See Table 3.

#### **4.16 Pressure relief (if required)**

Unless otherwise specified in the detail specification, one of the tests, as described in IEC 60384-1:2016, 4.28, shall be applied for non-solid electrolyte capacitors only.

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

#### **4.17 Storage at high temperature**

##### **4.17.1 General**

See IEC 60384-1:2016, 4.25.1, with the following details.

##### **4.17.2 Initial inspection**

See Table 3.

##### **4.17.3 Test conditions**

Test conditions are as follows:

- Temperature: upper category temperature;
- Duration: 96 h  $\pm$  4 h.

##### **4.17.4 Recovery**

The minimum recovery period shall be 16 h.

##### **4.17.5 Final inspections and requirements**

See Table 3.

#### **4.18 Storage at low temperature (if required)**

##### **4.18.1 General**

If required for non-solid electrolyte capacitors only, see IEC 60384-1:2016, 4.25.2, with the following details.

##### **4.18.2 Initial inspection**

See Table 3.

##### **4.18.3 Test conditions**

See IEC 60384-1:2016, 4.25.2.2.

##### **4.18.4 Recovery**

The minimum recovery period shall be 16 h.

#### 4.18.5 Final inspections and requirements

See Table 3.

#### 4.19 Characteristics at high and low temperature

##### 4.19.1 General

See IEC 60384-1:2016, 4.29, with the following details.

##### 4.19.2 Inspections and requirements

The capacitors shall be measured at each temperature step and shall meet the requirements given in Table 3.

#### 4.20 Charge and discharge (if required)

##### 4.20.1 General

See IEC 60384-1:2016, 4.27, with the following details.

##### 4.20.2 Initial inspection

See Table 3.

##### 4.20.3 Test conditions

At an ambient temperature of  $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ , the capacitors shall be subjected to the specified number of cycles, each cycle consisting of a charge according to a) followed by a discharge according to b).

In cases where an increase of the cycling period is required, leaving the charging time unchanged in order not to exceed the maximum permissible heat generated in the capacitor, this shall be stated in the detail specification.

##### a) Charge

Applied voltage:	rated d.c. voltage;
Internal resistance of the voltage source plus external series resistor:	as required for $RC = 0,1\text{ s}$ ;
Duration:	0,5 s.

##### b) Discharge

Applied voltage:	No voltage applied;
Discharge resistor:	as required for $RC = 0,1\text{ s}$ ;
Duration:	0,5 s.

##### c) Number of cycles:

for capacitors with rated voltage $U_R \leq 160\text{ V}$ :	$10^6$ cycles
for capacitors with rated voltage $U_R > 160\text{ V}$ :	specified in the detail specification.

The charge time constant and discharge time constant shall be specified in the detail specification.

##### 4.20.4 Final inspections and requirements

See Table 3.

#### **4.21 High surge current** (if required)

##### **4.21.1 General**

If required for solid electrolyte capacitors only, see IEC 60384-1:2016, 4.39, with the following details.

##### **4.21.2 Final inspections and requirements**

See Table 3.

#### **4.22 Voltage transient overload** (if required)

##### **4.22.1 General**

If required for non-solid electrolyte capacitors only, see IEC 60384-1:2016, 4.40, with the following details.

##### **4.22.2 Initial inspection**

See Table 3.

##### **4.22.3 Final inspections and requirements**

See Table 3.

The items described in IEC 60384-1:2016, 4.40.4, shall be specified in the detail specification.

The measurements described in IEC 60384-1:2016, 4.40.1 and 4.40.3, shall be capacitance, leakage current, tangent of loss angle and the other parameters required in the detail specification.

## Bibliography

IEC 60384-18, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 18: Sectional specification – Fixed aluminium electrolytic surface mount capacitors with solid (MnO<sub>2</sub>) and non-solid electrolyte*

---

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	46
1 Généralités.....	48
1.1 Domaine d'application .....	48
1.2 Objet .....	48
1.3 Références normatives.....	48
1.4 Informations à fournir dans une spécification particulière .....	49
1.4.1 Généralités .....	49
1.4.2 Dessin d'encombrement et dimensions .....	49
1.4.3 Montage .....	49
1.4.4 Valeurs assignées et caractéristiques.....	50
1.4.5 Marquage .....	50
1.5 Termes et définitions.....	50
1.6 Marquage .....	51
1.6.1 Généralités .....	51
1.6.2 Informations pour le marquage .....	51
1.6.3 Marquage sur les condensateurs .....	51
1.6.4 Marquage sur l'emballage .....	51
2 Valeurs assignées et caractéristiques préférentielles.....	51
2.1 Caractéristiques préférentielles .....	51
2.2 Valeurs préférentielles des caractéristiques assignées.....	52
2.2.1 Capacité nominale ( $C_N$ ) .....	52
2.2.2 Tolérance sur la capacité nominale .....	52
2.2.3 Tension assignée ( $U_R$ ).....	52
2.2.4 Tension de catégorie ( $U_C$ ) .....	52
2.2.5 Tension ondulée .....	52
2.2.6 Tension inverse .....	53
2.2.7 Rapport de surtension.....	53
2.2.8 Courant ondulé assigné.....	53
3 Procédures d'assurance de la qualité.....	53
3.1 Étape initiale de fabrication .....	53
3.2 Composants de structure semblable .....	53
3.3 Rapports certifiés d'essais des lots acceptés .....	53
3.4 Procédures d'homologation (QA – qualification approval).....	53
3.4.1 Généralités .....	53
3.4.2 Homologation basée sur la procédure avec un effectif d'échantillons fixe .....	53
3.4.3 Essais .....	54
3.5 Contrôle de conformité de la qualité .....	67
3.5.1 Formation des lots d'inspection .....	67
3.5.2 Programme d'essai .....	67
3.5.3 Livraison différée .....	67
3.5.4 Niveaux d'assurance.....	67
4 Essais et procédures de mesure .....	68
4.1 Préconditionnement (pour condensateurs à électrolyte non solide uniquement).....	68
4.2 Examen visuel et contrôle des dimensions.....	69
4.2.1 Généralités .....	69

4.2.2	Examen visuel et contrôle des dimensions.....	69
4.2.3	Exigences.....	69
4.3	Essais électriques.....	69
4.3.1	Courant de fuite.....	69
4.3.2	Capacité.....	70
4.3.3	Tangente de l'angle de perte ( $\tan \delta$ ) ou résistance-série équivalente (RSE).....	70
4.3.4	Impédance (si exigé).....	70
4.3.5	Résistance d'isolement de l'isolation externe (si exigé).....	71
4.3.6	Tension de tenue de l'isolation externe (si exigé).....	71
4.4	Robustesse des sorties.....	72
4.4.1	Généralités.....	72
4.4.2	Inspection initiale.....	72
4.4.3	Inspection finale.....	72
4.5	Résistance à la chaleur de brasage.....	72
4.5.1	Généralités.....	72
4.5.2	Conditions d'essai.....	72
4.5.3	Reprise.....	72
4.5.4	Inspection finale et exigences.....	73
4.6	Brasabilité.....	73
4.6.1	Généralités.....	73
4.6.2	Conditions d'essai.....	73
4.6.3	Inspection finale.....	73
4.7	Variations rapides de température.....	73
4.7.1	Généralités.....	73
4.7.2	Inspection initiale.....	73
4.7.3	Conditions d'essai.....	73
4.7.4	Reprise.....	73
4.7.5	Inspections finales et exigences.....	74
4.8	Vibrations.....	74
4.8.1	Généralités.....	74
4.8.2	Conditions d'essai.....	74
4.8.3	Inspections finales et exigences.....	74
4.9	Secousses (si exigé).....	74
4.9.1	Généralités.....	74
4.9.2	Conditions d'essai.....	74
4.9.3	Inspections finales et exigences.....	75
4.10	Chocs (si exigé).....	75
4.10.1	Généralités.....	75
4.10.2	Conditions d'essai.....	75
4.10.3	Inspections finales et exigences.....	75
4.11	Séquence climatique.....	75
4.11.1	Généralités.....	75
4.11.2	Inspection initiale.....	75
4.11.3	Chaleur sèche.....	75
4.11.4	Chaleur humide, cyclique, essai Db, premier cycle.....	75
4.11.5	Froid.....	75
4.11.6	Basse pression atmosphérique (si exigé).....	76
4.11.7	Chaleur humide, cyclique, essai Db, cycles restants.....	76

4.11.8	Étanchéité (si exigé) .....	76
4.11.9	Inspections finales et exigences .....	76
4.12	Chaleur humide, essai continu .....	76
4.12.1	Généralités .....	76
4.12.2	Inspection initiale .....	77
4.12.3	Conditions d'essai .....	77
4.12.4	Reprise .....	77
4.12.5	Inspections finales et exigences .....	77
4.13	Endurance .....	77
4.13.1	Généralités .....	77
4.13.2	Inspection initiale .....	77
4.13.3	Conditions d'essai .....	77
4.13.4	Reprise .....	78
4.13.5	Inspections finales et exigences .....	78
4.14	Surtension .....	78
4.14.1	Généralités .....	78
4.14.2	Inspection initiale .....	78
4.14.3	Conditions d'essai .....	78
4.14.4	Reprise .....	78
4.14.5	Inspections finales et exigences .....	78
4.15	Tension inverse (si exigé) .....	78
4.15.1	Inspection initiale .....	78
4.15.2	Conditions d'essai .....	79
4.15.3	Reprise .....	79
4.15.4	Inspections finales et exigences .....	79
4.16	Décharge de pression (si exigé) .....	79
4.17	Stockage à haute température .....	79
4.17.1	Généralités .....	79
4.17.2	Inspection initiale .....	79
4.17.3	Conditions d'essai .....	79
4.17.4	Reprise .....	80
4.17.5	Inspections finales et exigences .....	80
4.18	Stockage à basse température (si exigé) .....	80
4.18.1	Généralités .....	80
4.18.2	Inspection initiale .....	80
4.18.3	Conditions d'essai .....	80
4.18.4	Reprise .....	80
4.18.5	Inspections finales et exigences .....	80
4.19	Caractéristiques à haute et basse températures .....	80
4.19.1	Généralités .....	80
4.19.2	Inspections et exigences .....	80
4.20	Charge et décharge (si exigé) .....	80
4.20.1	Généralités .....	80
4.20.2	Inspection initiale .....	80
4.20.3	Conditions d'essai .....	80
4.20.4	Inspections finales et exigences .....	81
4.21	Surintensité (si exigé) .....	81
4.21.1	Généralités .....	81
4.21.2	Inspections finales et exigences .....	81

4.22	Surtension transitoire (si exigé) .....	81
4.22.1	Généralités .....	81
4.22.2	Inspection initiale .....	81
4.22.3	Inspections finales et exigences .....	81
	Bibliographie .....	83
	Tableau 1 – Valeurs préférentielles de tolérance .....	52
	Tableau 2 – Plan d'échantillonnage pour homologation, niveau d'assurance EZ .....	55
	Tableau 3 – Programme d'essai pour homologation ( <i>1 de 11</i> ) .....	56
	Tableau 4 – Inspection lot par lot .....	68
	Tableau 5 – Inspection périodique.....	68
	Tableau 6 – Options d'amplitude et d'accélération .....	74
	Tableau 7 – Sévérités préférentielles .....	75

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

---

### **CONDENSATEURS FIXES UTILISÉS DANS LES ÉQUIPEMENTS ÉLECTRONIQUES –**

#### **Partie 4: Spécification intermédiaire – Condensateurs électrolytiques à l'aluminium, à électrolyte solide (MnO<sub>2</sub>) et non solide**

##### AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 60384-4 a été établie par le comité d'études 40 de l'IEC: Condensateurs et résistances pour équipements électroniques.

Cette cinquième édition annule et remplace la quatrième édition parue en 2007. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) Révision de la structure conformément aux Directives ISO/IEC, Partie 2:2011 (sixième édition) dans la mesure du possible, et l'harmonisation entre les autres types similaires des documents;
- b) En outre, l'Article 4 et tous les tableaux ont été examinés afin d'éviter les duplications et les contradictions.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
40/2467/FDIS	40/2476/RVD

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

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

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

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. À cette date, la publication sera

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

# CONDENSATEURS FIXES UTILISÉS DANS LES ÉQUIPEMENTS ÉLECTRONIQUES –

## Partie 4: Spécification intermédiaire – Condensateurs électrolytiques à l'aluminium, à électrolyte solide (MnO<sub>2</sub>) et non solide

### 1 Généralités

#### 1.1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60384 s'applique aux condensateurs fixes électrolytiques à l'aluminium, à électrolyte solide (MnO<sub>2</sub>) et non solide, destinés principalement aux applications en courant continu dans des équipements électroniques. Elle couvre les condensateurs utilisés dans des applications de longue durée de vie et les condensateurs utilisés dans des applications d'usage général.

Les condensateurs fixes électrolytiques à l'aluminium pour montage en surface ne sont pas inclus, mais ils sont couverts par l'IEC 60384-18.

Les condensateurs utilisés dans des applications d'usage spécial peuvent nécessiter des exigences supplémentaires.

#### 1.2 Objet

La présente norme a pour objet de spécifier les valeurs assignées et caractéristiques préférentielles, de sélectionner, en se référant à l'IEC 60384-1:2016, les procédures d'assurance de la qualité, les essais et les méthodes de mesure appropriés et de donner les exigences générales de performance pour ce type de condensateur. Les sévérités et les exigences d'essai précisées dans les spécifications particulières se rapportant à la présente spécification intermédiaire doivent présenter des niveaux de performance supérieurs ou égaux, les niveaux de performance inférieurs n'étant pas autorisés.

#### 1.3 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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 60063, *Séries de valeurs normales pour résistances et condensateurs*

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

IEC 60068-2-54:2006, *Essais d'environnement – Partie 2-54: Essais – Essai Ta: Essais de la soudabilité des composants électroniques à l'aide de la méthode de la balance de mouillage*

IEC 60384-1:2016, *Condensateurs fixes utilisés dans les équipements électroniques – Partie 1: Spécification générique*

IEC 60417, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel*

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

ISO 3, *Nombres normaux – Séries de nombres normaux***1.4 Informations à fournir dans une spécification particulière****1.4.1 Généralités**

Les spécifications particulières doivent être établies à partir de la spécification particulière-cadre.

Les spécifications particulières ne doivent pas indiquer d'exigences inférieures à celles de la spécification générique, intermédiaire ou particulière-cadre. Si des exigences plus strictes sont incluses, elles doivent être indiquées en 1.9 de la spécification particulière et indiquées dans les programmes d'essai, par exemple, par un astérisque.

Les informations fournies en 1.4.2 peuvent, pour des raisons pratiques, être présentées sous forme de tableau.

Les informations suivantes doivent être fournies dans chaque spécification particulière et les valeurs citées doivent être choisies de préférence parmi celles fournies dans l'article approprié de la présente spécification intermédiaire.

**1.4.2 Dessin d'encombrement et dimensions**

Une représentation des condensateurs doit être incluse pour identifier facilement les condensateurs et les comparer à d'autres.

Les dimensions et les tolérances associées, qui affectent l'interchangeabilité et le montage, doivent être indiquées dans la spécification particulière. Toutes les dimensions doivent de préférence être indiquées en millimètres. Toutefois, quand les dimensions originales sont indiquées en pouces, les dimensions converties en millimètres doivent être ajoutées.

Les valeurs numériques du corps doivent être indiquées comme suit:

- pour les types généraux: largeur, longueur et hauteur;
- pour les types cylindriques: diamètre et longueur.

Les valeurs numériques des bornes doivent être indiquées comme suit:

- pour les bornes de sortie diamètre, longueur et espacement;
- pour les bornes pour cosses et barrettes: position et espacement;  
largeur, longueur et épaisseur des plaques à bornes;
- pour les bornes à serrage sous tête de vis: diamètre nominal, longueur nominale et longueur des vis,  
position et espacement.

Lorsque la configuration est différente de celle décrite ci-dessus, la spécification particulière doit indiquer ces informations sur les dimensions et décrire convenablement le condensateur.

**1.4.3 Montage**

La spécification particulière doit spécifier la méthode de montage à appliquer pour une utilisation normale et lors des essais de vibrations et de secousses ou de chocs. La conception du condensateur peut être telle que des supports de montage spéciaux soient exigés pour son utilisation. Dans ce cas, la spécification particulière doit décrire les supports de montage, lesquels doivent être utilisés lors des essais de vibrations et de secousses ou de chocs.

#### **1.4.4 Valeurs assignées et caractéristiques**

##### **1.4.4.1 Généralités**

Les valeurs assignées et caractéristiques doivent être conformes aux articles correspondants de la présente spécification et respecter les points présentés ci-après.

##### **1.4.4.2 Plage de capacités nominales**

Voir 2.2.1.

Lorsque des produits approuvés conformément à la spécification particulière comportent différentes plages de capacités nominales, il convient d'ajouter la déclaration suivante:

«La plage de capacités nominales disponibles dans chaque plage de tensions peut être consultée dans le registre des agréments, disponible par exemple sur le site web [www.iecq.org](http://www.iecq.org), le système de certification en ligne IECQ».

##### **1.4.4.3 Caractéristiques particulières**

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

##### **1.4.4.4 Brasage**

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

##### **1.4.5 Marquage**

La spécification particulière doit indiquer le contenu du marquage sur le condensateur et sur l'emballage. Toute différence par rapport à 1.6 doit être indiquée dans la spécification particulière.

#### **1.5 Termes et définitions**

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions applicables de l'IEC 60384-1:2016 et les suivants s'appliquent.

##### **1.5.1**

###### **capacité**

<d'un condensateur électrolytique> capacité d'un circuit équivalent ayant une capacité et une résistance en série mesurée avec une forme d'onde de courant alternatif approximativement sinusoïdale à une fréquence spécifiée

##### **1.5.2**

###### **condensateur**

<catégorie longue durée de vie> condensateur destiné à des applications dans lesquelles un haut degré de stabilité des caractéristiques sur une longue durée de vie est essentiel

##### **1.5.3**

###### **condensateur**

<catégorie usage général> condensateur destiné à des applications dans lesquelles les performances élevées des condensateurs de la catégorie longue durée de vie ne sont pas exigées

## 1.6 Marquage

### 1.6.1 Généralités

Voir 2.4 de l'IEC 60384-1:2016 avec les détails suivants.

### 1.6.2 Informations pour le marquage

Les informations fournies par le marquage sont normalement sélectionnées dans la liste suivante. L'importance relative de chaque élément est indiquée par sa position dans la liste:

- a) capacité nominale;
- b) tension assignée (la tension continue peut être représentée par le symbole:  $\text{-----}$  (L'IEC 60417-5031:2002) ou  $\text{_____}$ );
- c) tension de catégorie et températures de catégorie;
- d) polarité des sorties: pour les condensateurs à plusieurs sections, la capacité nominale et la tension assignée des sections raccordées à chaque sortie doivent apparaître sans ambiguïté. La sortie d'une section de condensateur destinée à être raccordée directement au redresseur (appelée la section réservoir) doit être marquée 1 ou être de couleur rouge;
- e) tolérance sur la capacité nominale;
- f) année et mois (ou année et semaine) de fabrication;
- g) nom du fabricant et/ou marque de fabrique;
- h) désignation de type du fabricant;
- i) référence à la spécification particulière.

### 1.6.3 Marquage sur les condensateurs

Les éléments a), b), c), d), e) et f) de 1.6.2 doivent être clairement marqués sur le condensateur. Les autres éléments sont, dans toute la mesure du possible, marqués en fonction de leur nécessité.

### 1.6.4 Marquage sur l'emballage

Il convient que l'emballage contenant les condensateurs comporte un marquage clair indiquant toutes les informations présentées en 1.6.2, selon le cas.

## 2 Valeurs assignées et caractéristiques préférentielles

### 2.1 Caractéristiques préférentielles

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

Les condensateurs couverts par la présente spécification sont classés en catégories climatiques selon les règles générales indiquées dans l'Annexe A de l'IEC 60068-1:2013.

Les températures des catégories inférieure et supérieure doivent être choisies parmi les valeurs suivantes:

- température de catégorie inférieure:  $-55\text{ °C}$ ,  $-40\text{ °C}$ ,  $-25\text{ °C}$  et  $-10\text{ °C}$ ;
- température de catégorie supérieure:  $+85\text{ °C}$ ,  $+100\text{ °C}$ ,  $+105\text{ °C}$  et  $+125\text{ °C}$ .

Les sévérités pour les essais au froid et en chaleur sèche sont les températures des catégories inférieure et supérieure, respectivement.

## 2.2 Valeurs préférentielles des caractéristiques assignées

### 2.2.1 Capacité nominale ( $C_N$ )

Les valeurs préférentielles de capacité nominale sont données en microfarad ( $\mu\text{F}$ ).

Les valeurs préférentielles de capacité nominale doivent être choisies dans la série E 12 de l'IEC 60063. Ces valeurs sont:

1,0 – 1,2 – 1,5 – 1,8 – 2,2 – 2,7 – 3,3 – 3,9 – 4,7 – 5,6 – 6,8 – 8,2;

et leurs multiples décimaux ( $\times 10^n$ ,  $n$ : entier).

### 2.2.2 Tolérance sur la capacité nominale

Les valeurs préférentielles de tolérance sur la capacité nominale sont indiquées dans le Tableau 1.

**Tableau 1 – Valeurs préférentielles de tolérance**

Tolérances %
–10 à +10
–10 à +20 <sup>a</sup>
–10 à +30
–10 à +50
–10 à +75
–10 à +100
–20 à +20
<sup>a</sup> Pour éclair électronique uniquement.

### 2.2.3 Tension assignée ( $U_R$ )

Les valeurs préférentielles des tensions continues assignées choisies dans les séries R 10 et R 20 de l'ISO 3 sont:

– de R 10: 1,0 – 1,25 – 1,6 – 2,0 – 2,5 – 3,15 – 4,0 – 5,0 – 6,3 – 8,0;

– de R 20: 3,5<sup>1</sup> – 4,5;

– et leurs multiples décimaux ( $\times 10^n$ ,  $n$ : entier).

### 2.2.4 Tension de catégorie ( $U_C$ )

La tension de catégorie est égale à la tension assignée.

### 2.2.5 Tension ondulée

Une tension alternative peut être appliquée à condition que la tension de crête résultant de la tension alternative superposée à la tension continue ne dépasse pas la valeur de la tension continue assignée. Le courant ondulé assigné (voir 2.2.8) ne dépasse pas la tension inverse admissible.

<sup>1</sup> L'ISO 3 indique pour R 20 la valeur de 3,55.

### **2.2.6 Tension inverse**

La tension inverse admissible doit être indiquée dans la spécification particulière.

### **2.2.7 Rapport de surtension**

La surtension doit être 1,15 fois la tension assignée pour des tensions assignées  $\leq 315$  V ou 1,10 fois la tension assignée pour des tensions assignées  $> 315$  V (voir 4.14).

### **2.2.8 Courant ondulé assigné**

Le courant ondulé assigné à 100 Hz ou à 120 Hz et à la température de catégorie supérieure doit être indiqué dans la spécification particulière. En variante, pour les condensateurs utilisés dans des applications à alimentation à découpage, le courant ondulé assigné doit être indiqué pour la fréquence appropriée.

NOTE Le courant ondulé assigné est déterminé par les dimensions du condensateur et différents autres facteurs, par exemple, la tangente de l'angle de perte et l'échauffement admissible (voir 2.2.5).

## **3 Procédures d'assurance de la qualité**

### **3.1 Étape initiale de fabrication**

Pour les condensateurs à électrolyte solide, l'étape initiale de fabrication est la formation du corps de l'anode.

Pour les condensateurs à électrolyte non solide, l'étape initiale de fabrication est l'évaluation, réalisée par le fabricant de condensateurs, de la feuille d'anode formée.

### **3.2 Composants de structure semblable**

Les condensateurs, considérés comme ayant une structure semblable, sont des condensateurs produits à partir de matériaux et processus semblables, bien que leurs dimensions de boîtiers et leurs valeurs puissent être différentes.

### **3.3 Rapports certifiés d'essais des lots acceptés**

Les informations exigées en Q.1.5 de l'IEC 60384-1:2016 doivent être mises à disposition lorsqu'elles sont précisées dans la spécification particulière et lorsqu'elles sont demandées par un acheteur. Après l'essai d'endurance, les paramètres exigés sont la variation de capacité, la tangente de l'angle de perte et le courant de fuite.

### **3.4 Procédures d'homologation (QA – qualification approval)**

#### **3.4.1 Généralités**

Les procédures d'essais d'homologation sont présentées dans l'Article Q.2 de l'IEC 60384-1:2016.

Le programme à utiliser pour les essais d'homologation basés sur des essais lot par lot et des essais périodiques est présenté en 3.5. La procédure utilisant un programme avec un effectif d'échantillons fixe est présentée en 3.4.2 et 3.4.3.

#### **3.4.2 Homologation basée sur la procédure avec un effectif d'échantillons fixe**

La procédure avec un effectif d'échantillons fixe est décrite en Q.2.4 de l'IEC 60384-1:2016. L'échantillon doit être représentatif de la plage de condensateurs à homologuer. Il peut représenter la totalité ou une partie de la plage indiquée dans la spécification particulière.

L'échantillon doit être composé de quatre éprouvettes présentant les tensions maximales et minimales et, pour ces tensions, la dimension de boîtier maximale et minimale. Quand la plage de tensions assignées dépasse 200 V, une tension intermédiaire doit également faire l'objet d'essais. Pour chacune de ces combinaisons (valeurs) dimension de boîtier/tension, la capacité maximale doit être choisie. Ainsi, pour homologuer une plage, les essais sont exigés pour quatre ou six valeurs. Lorsque la plage est composée de moins de quatre valeurs, le nombre d'éprouvettes soumises à l'essai doit être celui exigé pour quatre valeurs.

Deux (pour 6 valeurs) ou trois (pour 4 valeurs) éprouvettes par valeur peuvent être utilisées pour remplacer les éprouvettes non conformes en raison d'incidents non imputables au fabricant.

Les nombres donnés dans le Groupe 0 relèvent du principe 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 d'éprouvettes exigé pour le Groupe 0 doit être augmenté du nombre exigé pour les groupes supplémentaires.

Le Tableau 2 indique le nombre d'échantillons à soumettre à un essai dans chaque groupe ou sous-groupe et le nombre admissible d'éléments non conformes pour les essais d'homologation.

### **3.4.3 Essais**

Les séries complètes d'essais spécifiées dans le Tableau 2 et le Tableau 3 sont exigées pour l'homologation des condensateurs couverts par une spécification particulière. Les essais de chaque groupe doivent être effectués dans l'ordre indiqué.

La totalité de l'échantillon doit être soumise aux essais du Groupe 0, puis divisée pour les autres groupes.

Les éprouvettes non conformes observées pendant les essais du Groupe 0 ne doivent pas être utilisées pour les autres groupes.

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

Le Tableau 2 et le Tableau 3 forment ensemble le programme d'essai avec un effectif d'échantillons fixe pour l'homologation basée sur la procédure avec un effectif d'échantillons fixe.

Le Tableau 2 indique le nombre d'échantillons et d'éléments non conformes admissibles pour chaque essai ou groupe d'essais.

Le Tableau 3 donne un résumé des conditions d'essai et des exigences de performance et les choix des conditions d'essai et des exigences de performance fournies dans la spécification particulière.

Il convient que les conditions d'essai et les exigences de performance pour l'homologation basée sur la procédure avec un effectif d'échantillons fixe soient identiques à celles applicables au contrôle de conformité de la qualité présentées dans la spécification particulière.

**Tableau 2 – Plan d'échantillonnage pour homologation, niveau d'assurance EZ**

Groupe n°	Essai	Paragraphe	Nombre d'éprouvettes <i>n</i> <sup>e</sup>	Nombre admissible d'éléments non conformes <i>c</i>
0	Surintensité <sup>a</sup>	4.21	108+ 12 <sup>f</sup> + 12 <sup>g</sup> +12 <sup>h</sup>	0
	Examen visuel	4.2		
	Dimensions	4.2		
	Courant de fuite	4.3.1		
	Capacité	4.3.2		
	Tangente de l'angle de perte	4.3.3		
	Impédance <sup>b</sup>	4.3.4		
	Éprouvettes de rechange			
1A	Robustesse des sorties	4.4	12	0
	Résistance à la chaleur de brasage <sup>c</sup>	4.5		
1B	Brasabilité <sup>c</sup>	4.6	12	0
	Variations rapides de température	4.7		
	Vibrations	4.8		
	Secousses ou chocs <sup>b</sup>	4.9 ou 4.10		
1	Séquence climatique	4.11	24	0
2	Chaleur humide, essai continu	4.12	12	0
3	Endurance	4.13	36	0
4A	Surtension	4.14	12	0
4B	Tension inverse <sup>b</sup>	4.15	12 <sup>f</sup>	0
	Décharge de pression <sup>d</sup>	4.16		
5A	Stockage à haute température	4.17	12	0
	Surtension transitoire <sup>d</sup>	4.22		
5B	Stockage à basse température <sup>b</sup>	4.18	12 <sup>g</sup>	0
6	Caractéristiques à haute et basse températures	4.19	12	0
	Charge et décharge <sup>b</sup>	4.20		

<sup>a</sup> Si cela est exigé pour les condensateurs à électrolyte solide uniquement.

<sup>b</sup> Si cela est exigé.

<sup>c</sup> Ne s'applique pas aux condensateurs équipés de bornes à vis ou autres connexions de sortie non conçues pour le brasage, comme cela est indiqué dans les spécifications particulières.

<sup>d</sup> Si cela est exigé pour les condensateurs à électrolyte non solide uniquement.

<sup>e</sup> Voir 3.4.2 pour les combinaisons dimension de boîtier/tension.

<sup>f</sup> Échantillons de condensateurs supplémentaires pour les essais du sous-groupe 4B.

<sup>g</sup> Échantillons de condensateurs supplémentaires pour les essais du sous-groupe 5B.

<sup>h</sup> Éprouvettes de rechange.

**Tableau 3 – Programme d’essai pour homologation (1 de 11)**

Numéro de paragraphe et essai <sup>a</sup> , éléments d’inspection	D ou ND <sup>b</sup>	Conditions d’essai <sup>a</sup> et mesurages	Nombre d’éprouvettes ( <i>n</i> ) et nombre admissible d’éléments non conformes ( <i>c</i> )	Exigences de performance <sup>a</sup>												
<p><b>Groupe 0</b></p> <p>4.21 Surintensité <sup>c</sup></p> <p>4.2 Examen visuel</p> <p>4.2 Dimensions (détail)</p> <p>4.3.1 Courant de fuite</p> <p>4.3.2 Capacité</p> <p>4.3.3 Tangente de l’angle de perte</p> <p>4.3.4 Impédance <sup>g</sup></p>	<p>ND</p>	<p>Voir IEC 60384-1:2016, 4.39</p> <p>Voir 4.2.2</p> <p>Voir 4.2.2</p> <p>Voir 4.3.1.2</p> <p>Voir 4.3.2.2</p> <p>Voir 4.3.3.2</p> <p>Voir 4.3.4.2 et 4.3.4.3</p>	<p>Voir le Tableau 2</p>	<p>Aucun dommage visible</p> <p>Marquage lisible et comme spécifié dans la spécification particulière</p> <p>Se reporter à la spécification particulière</p> <p>Électrolyte non solide:</p> <table border="1" data-bbox="1066 748 1417 1200"> <tr> <td data-bbox="1066 748 1174 920"><math>C_N \times U_R</math> <sup>h</sup></td> <td colspan="2" data-bbox="1174 748 1417 813">Courant de fuite <math>\mu A</math> (à 20 °C ± 2 °C)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1066 813 1174 920"></td> <td data-bbox="1174 813 1289 920">Catégorie longue durée de vie</td> <td data-bbox="1289 813 1417 920">Catégorie usage général</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1066 920 1174 1106">≤ 1 000</td> <td data-bbox="1174 920 1289 1106">0,01 <math>C_N \times U_R</math> ou 1 <math>\mu A</math>, selon la valeur la plus élevée</td> <td data-bbox="1289 920 1417 1106">0,05 <math>C_N \times U_R</math> ou 5 <math>\mu A</math>, selon la valeur la plus élevée</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1066 1106 1174 1200">&gt; 1 000</td> <td data-bbox="1174 1106 1289 1200">0,006 <math>C_N \times U_R</math> + 4 <math>\mu A</math></td> <td data-bbox="1289 1106 1417 1200">0,03 <math>C_N \times U_R</math> + 20 <math>\mu A</math></td> </tr> </table> <p>Électrolyte solide:</p> <p>Pour la catégorie longue durée de vie:  <math>\leq 0,1 C_N U_R</math> (à 20 °C ± 2 °C) <sup>h</sup></p> <p>Pour la catégorie usage général:  <math>\leq 0,15 C_N U_R</math> (à 20 °C ± 2 °C) <sup>h</sup></p> <p>Selon les tolérances spécifiées</p> <p>Se reporter à la spécification particulière</p> <p>Selon les limites spécifiées dans la spécification particulière</p>	$C_N \times U_R$ <sup>h</sup>	Courant de fuite $\mu A$ (à 20 °C ± 2 °C)			Catégorie longue durée de vie	Catégorie usage général	≤ 1 000	0,01 $C_N \times U_R$ ou 1 $\mu A$ , selon la valeur la plus élevée	0,05 $C_N \times U_R$ ou 5 $\mu A$ , selon la valeur la plus élevée	> 1 000	0,006 $C_N \times U_R$ + 4 $\mu A$	0,03 $C_N \times U_R$ + 20 $\mu A$
$C_N \times U_R$ <sup>h</sup>	Courant de fuite $\mu A$ (à 20 °C ± 2 °C)															
	Catégorie longue durée de vie	Catégorie usage général														
≤ 1 000	0,01 $C_N \times U_R$ ou 1 $\mu A$ , selon la valeur la plus élevée	0,05 $C_N \times U_R$ ou 5 $\mu A$ , selon la valeur la plus élevée														
> 1 000	0,006 $C_N \times U_R$ + 4 $\mu A$	0,03 $C_N \times U_R$ + 20 $\mu A$														
<p><b>Groupe 1A</b></p> <p>4.4 Robustesse des sorties</p> <p>4.4.2 Inspection initiale</p> <p style="padding-left: 40px;">Capacité</p> <p>4.4.3 Inspections finales</p> <p style="padding-left: 40px;">Examen visuel</p> <p>4.5 Résistance à la chaleur de brasage <sup>d</sup></p> <p>4.5.3 Reprise</p> <p>4.5.4 Inspections finales</p> <p style="padding-left: 40px;">Examen visuel</p> <p style="padding-left: 40px;">Capacité</p>	<p>D</p>	<p>Voir 4.3.2.2</p> <p>Voir 4.2.2</p> <p>Voir 4.5.2</p> <p>Voir 4.5.3</p> <p>Voir 4.2.2</p> <p>Voir 4.3.2.2</p>	<p>Voir le Tableau 2</p>	<p>Selon les tolérances spécifiées</p> <p>Aucun dommage visible</p> <p>Aucun dommage visible</p> <p>Marquage lisible</p> <p><math> \Delta C/C  \leq 5\%</math> de la valeur mesurée en 4.4.2</p>												

Tableau 3 (2 de 11)

Numéro de paragraphe et essai <sup>a</sup> , éléments d'inspection	D ou ND <sup>b</sup>	Conditions d'essai <sup>a</sup> et mesurages	Nombre d'éprouvettes ( <i>n</i> ) et nombre admissible d'éléments non conformes ( <i>c</i> )	Exigences de performance <sup>a</sup>
<b>Groupe 1B</b>	D		Voir le Tableau 2	
4.6 Brasabilité <sup>d</sup>		Voir 4.6.2		
4.6.1 Inspections finales Examen visuel		Voir 4.2.2		Bon étamage comme en témoignage l'écoulement libre de la brasure avec mouillage des sorties ou respect des paramètres exigés dans la spécification particulière, selon le cas
4.7 Variations rapides de température		Voir 4.7.3		
4.7.2 Inspection initiale Capacité		Voir 4.3.2.2		Selon les tolérances spécifiées
4.7.4 Reprise		Voir 4.7.4		
4.7.5 Inspections finales				
Électrolyte solide:				
Examen visuel		Voir 4.2.2		Aucun dommage visible
Courant de fuite		Voir 4.3.1.2		Pour la catégorie longue durée de vie: $\leq 0,1 C_N U_R$ (à $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ ) <sup>h</sup>
Tangente de l'angle de perte		Voir 4.3.3.2		Pour la catégorie usage général: $\leq 0,15 C_N U_R$ (à $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ ) <sup>h</sup>
Impédance <sup>e</sup>		Voir 4.3.4.2 et 4.3.4.3		Se reporter à la spécification particulière
Électrolyte non solide:				
Examen visuel		Voir 4.2.2		Se reporter à la spécification particulière
4.8 Vibrations		Voir 4.8.2		
4.8.3 Inspections finales Examen visuel		Voir 4.2.2		Pas de fuite d'électrolyte ni autre dommage visible
Capacité		Voir 4.3.2.2		Aucun dommage visible et pas de fuite d'électrolyte pour les condensateurs à électrolyte non solide Marquage lisible
4.9 Secousses (ou chocs, voir 4.10)		Voir 4.9.2		$ \Delta C/C  \leq 5\%$ de la valeur mesurée en 4.7.2, sauf indication contraire dans la spécification particulière
4.10 Chocs (ou secousses, voir 4.9)		Voir 4.10.2		
4.9.3 ou 4.10.3 Inspections finales		Voir 4.2.2		
Examen visuel				Aucun dommage visible et pas de fuite d'électrolyte pour les condensateurs à électrolyte non solide
Capacité		Voir 4.3.2.2		$ \Delta C/C  \leq 5\%$ des valeurs mesurées en 4.7.2, sauf indication contraire dans la spécification particulière

**Tableau 3 (3 de 11)**

Numéro de paragraphe et essai <sup>a</sup> , éléments d'inspection	D ou ND <sup>b</sup>	Conditions d'essai <sup>a</sup> et mesurages	Nombre d'éprouvettes ( <i>n</i> ) et nombre admissible d'éléments non conformes ( <i>c</i> )	Exigences de performance <sup>a</sup>
<b>Groupe 1</b> 4.11 Séquence climatique 4.11.2 Inspection initiale Capacité 4.11.3 Chaleur sèche 4.11.4 Chaleur humide, cyclique, Essai Db, premier cycle 4.11.5 Froid 4.11.6 Basse pression atmosphérique <sup>g</sup> 4.11.6.4 Mesurage intermédiaire et final Examen visuel 4.11.7 Chaleur humide, cyclique, Essai Db, cycles restants 4.11.8 Étanchéité <sup>g</sup> 4.11.8.3 Reprise	D	Voir 4.3.2.2  Voir IEC 60384-1:2016, 4.21.3. Voir IEC 60384-1:2016, 4.21.4.  Voir IEC 60384-1:2016, 4.21.5. Voir 4.11.6.2  Voir 4.2.2  Voir IEC 60384-1:2016, 4.21.7.  Voir 4.11.8.2 Voir 4.11.8.3	Voir le Tableau 2	Selon les tolérances spécifiées           Pas de claquage, de contournement, ni de déformation dangereuse du boîtier

Tableau 3 (4 de 11)

Numéro de paragraphe et essai <sup>a</sup> , éléments d'inspection	D ou ND <sup>b</sup>	Conditions d'essai <sup>a</sup> et mesurages	Nombre d'éprouvettes (n) et nombre admissible d'éléments non conformes (c)	Exigences de performance <sup>a</sup>					
4.11.9 Inspections finales Examen visuel  Courant de fuite          Capacité          Tangente de l'angle de perte		Voir 4.2.2		Aucun dommage visible et pas de fuite d'électrolyte pour les condensateurs à électrolyte non solide Marquage lisible Électrolyte non solide:					
		Voir 4.3.1.2		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td data-bbox="1024 629 1139 779" rowspan="2"><math>C_N \times U_R</math> <sup>h</sup></td> <td colspan="2" data-bbox="1139 629 1417 689">Courant de fuite <math>\mu\text{A}</math> (à 20 °C ± 2 °C)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1139 689 1289 779">Catégorie longue durée de vie</td> <td data-bbox="1289 689 1417 779">Catégorie usage général</td> </tr> </table>	$C_N \times U_R$ <sup>h</sup>	Courant de fuite $\mu\text{A}$ (à 20 °C ± 2 °C)		Catégorie longue durée de vie	Catégorie usage général
		$C_N \times U_R$ <sup>h</sup>		Courant de fuite $\mu\text{A}$ (à 20 °C ± 2 °C)					
				Catégorie longue durée de vie	Catégorie usage général				
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td data-bbox="1024 779 1139 965"><math>\leq 1\ 000</math></td> <td data-bbox="1139 779 1289 965">0,01 <math>C_N \times U_R</math> ou 1 <math>\mu\text{A}</math>, selon la valeur la plus élevée</td> <td data-bbox="1289 779 1417 965">0,05 <math>C_N \times U_R</math> ou 5 <math>\mu\text{A}</math>, selon la valeur la plus élevée</td> </tr> </table>	$\leq 1\ 000$	0,01 $C_N \times U_R$ ou 1 $\mu\text{A}$ , selon la valeur la plus élevée	0,05 $C_N \times U_R$ ou 5 $\mu\text{A}$ , selon la valeur la plus élevée					
$\leq 1\ 000$	0,01 $C_N \times U_R$ ou 1 $\mu\text{A}$ , selon la valeur la plus élevée	0,05 $C_N \times U_R$ ou 5 $\mu\text{A}$ , selon la valeur la plus élevée							
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td data-bbox="1024 965 1139 1189"><math>&gt; 1\ 000</math></td> <td data-bbox="1139 965 1289 1189">0,006 <math>C_N \times U_R + 4\ \mu\text{A}</math></td> <td data-bbox="1289 965 1417 1189">0,03 <math>C_N \times U_R + 20\ \mu\text{A}</math></td> </tr> </table>	$> 1\ 000$	0,006 $C_N \times U_R + 4\ \mu\text{A}$	0,03 $C_N \times U_R + 20\ \mu\text{A}$					
$> 1\ 000$	0,006 $C_N \times U_R + 4\ \mu\text{A}$	0,03 $C_N \times U_R + 20\ \mu\text{A}$							
Voir 4.3.2.2	Électrolyte solide: Pour la catégorie longue durée de vie: $\leq 0,1 C_N U_R$ (à 20 °C ± 2 °C) <sup>h</sup> Pour la catégorie usage général: $\leq 0,15 C_N U_R$ (à 20 °C ± 2 °C) <sup>h</sup> $ \Delta C/C $ pour: Électrolyte solide: Catégorie longue durée de vie: $\leq 5\ \%$ Catégorie usage général: $\leq 10\ \%$ Électrolyte non solide: $\leq 10\ \%$ de la valeur mesurée en 4.5.3, 4.9.3 ou 4.10.3, selon le cas $\leq 1,2$ fois la limite initiale								
Voir 4.3.3.2									

Tableau 3 (5 de 11)

Numéro de paragraphe et essai <sup>a</sup> , éléments d'inspection	D ou ND <sup>b</sup>	Conditions d'essai <sup>a</sup> et mesurages	Nombre d'éprouvettes (n) et nombre admissible d'éléments non conformes (c)	Exigences de performance <sup>a</sup>												
<p><b>Groupe 2</b></p> <p>4.12 Chaleur humide, essai continu</p> <p>4.12.2 Inspection initiale</p> <p style="padding-left: 40px;">Capacité</p> <p>4.12.4 Reprise</p> <p>4.12.5 Inspections finales</p> <p style="padding-left: 40px;">Examen visuel</p> <p style="padding-left: 40px;">Courant de fuite</p> <p style="padding-left: 40px;">Capacité</p> <p style="padding-left: 40px;">Tangente de l'angle de perte</p> <p style="padding-left: 40px;">Impédance<sup>g</sup></p> <p>Résistance d'isolement de l'isolation externe<sup>g</sup></p> <p style="padding-left: 40px;">Tension de tenue de l'isolation externe<sup>g</sup></p>	<p>D</p>	<p>Voir 4.12.3</p> <p>Voir 4.3.2.2</p> <p>Voir 4.12.4</p> <p>Voir 4.2.2</p> <p>Voir 4.3.1.2</p> <p>Voir 4.3.2.2</p> <p>Voir 4.3.3.2</p> <p>Voir 4.3.4.2 et 4.3.4.3</p> <p>Voir IEC 60384-1:2016, 4.5.4.</p> <p>Voir IEC 60384-1:2016, 4.6.3.4.</p>	<p>Voir le Tableau 2</p>	<p>Selon les tolérances spécifiées</p> <p>Aucun dommage visible et pas de fuite d'électrolyte pour le condensateur à électrolyte non solide</p> <p>Marquage lisible</p> <p>Électrolyte non solide:</p> <table border="1" data-bbox="1024 884 1415 1288"> <thead> <tr> <th data-bbox="1024 884 1141 952"><math>C_N \times U_R</math><sup>h</sup></th> <th colspan="2" data-bbox="1141 884 1415 952">Courant de fuite <math>\mu A</math> (à 20 °C ± 2 °C)</th> </tr> <tr> <th data-bbox="1024 952 1141 1030"></th> <th data-bbox="1141 952 1284 1030">Catégorie longue durée de vie</th> <th data-bbox="1284 952 1415 1030">Catégorie usage général</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1024 1030 1141 1198">≤ 1 000</td> <td data-bbox="1141 1030 1284 1198">0,01 <math>C_N \times U_R</math> ou 1 <math>\mu A</math>, selon la valeur la plus élevée</td> <td data-bbox="1284 1030 1415 1198">0,05 <math>C_N \times U_R</math> ou 5 <math>\mu A</math>, selon la valeur la plus élevée</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1024 1198 1141 1288">&gt; 1 000</td> <td data-bbox="1141 1198 1284 1288">0,006 <math>C_N \times U_R</math> + 4 <math>\mu A</math></td> <td data-bbox="1284 1198 1415 1288">0,03 <math>C_N \times U_R</math> + 20 <math>\mu A</math></td> </tr> </tbody> </table> <p>Électrolyte solide:</p> <p>Pour la catégorie longue durée de vie: ≤ 0,1 <math>C_N U_R</math> (à 20 °C ± 2 °C)<sup>h</sup></p> <p>Pour la catégorie usage général: ≤ 0,15 <math>C_N U_R</math> (à 20 °C ± 2 °C)<sup>h</sup></p> <p><math> \Delta C/C </math> pour:</p> <p>Électrolyte solide:</p> <p>Catégorie longue durée de vie: ≤ 5 %</p> <p>Catégorie usage général: ≤ 10 %</p> <p>Électrolyte non solide:</p> <p>Catégorie longue durée de vie: ≤ 10 %</p> <p>Catégorie usage général: ≤ 20 % de la valeur mesurée en 4.12.2</p> <p>≤ 1,2 fois la limite initiale</p> <p>≤ 1,2 fois la limite définie dans la spécification particulière</p> <p>≥ 100 MΩ</p> <p>Pas de claquage ni de contournement</p>	$C_N \times U_R$ <sup>h</sup>	Courant de fuite $\mu A$ (à 20 °C ± 2 °C)			Catégorie longue durée de vie	Catégorie usage général	≤ 1 000	0,01 $C_N \times U_R$ ou 1 $\mu A$ , selon la valeur la plus élevée	0,05 $C_N \times U_R$ ou 5 $\mu A$ , selon la valeur la plus élevée	> 1 000	0,006 $C_N \times U_R$ + 4 $\mu A$	0,03 $C_N \times U_R$ + 20 $\mu A$
$C_N \times U_R$ <sup>h</sup>	Courant de fuite $\mu A$ (à 20 °C ± 2 °C)															
	Catégorie longue durée de vie	Catégorie usage général														
≤ 1 000	0,01 $C_N \times U_R$ ou 1 $\mu A$ , selon la valeur la plus élevée	0,05 $C_N \times U_R$ ou 5 $\mu A$ , selon la valeur la plus élevée														
> 1 000	0,006 $C_N \times U_R$ + 4 $\mu A$	0,03 $C_N \times U_R$ + 20 $\mu A$														

Tableau 3 (6 de 11)

Numéro de paragraphe et essai <sup>a</sup> , éléments d'inspection	D ou ND <sup>b</sup>	Conditions d'essai <sup>a</sup> et mesurages	Nombre d'éprouvettes (n) et nombre admissible d'éléments non conformes (c)	Exigences de performance <sup>a</sup>																		
<b>Groupe 3</b> 4.13 Endurance 4.13.2 Inspection initiale Capacité 4.13.4 Reprise 4.13.5 Inspections finales Électrolyte solide: Examen visuel Courant de fuite Capacité Tangente de l'angle de perte Impédance <sup>c</sup> Résistance d'isolement de l'isolation externe <sup>c</sup> Tension de tenue de l'isolation externe <sup>c</sup> Électrolyte non solide: Examen visuel Courant de fuite Capacité	D	Voir 4.13.3  Voir 4.3.2.2 Voir 4.13.4  Voir 4.2.2 Voir 4.3.1.2  Voir 4.3.2.2 Voir 4.3.3.2 Voir 4.3.4.2 et 4.3.4.3 Voir IEC 60384-1:2016, 4.5.4. Voir IEC 60384-1:2016, 4.6.3.4.  Voir 4.2.2 Voir 4.3.1.2  Voir 4.3.2.2	Voir le Tableau 2	Selon les tolérances spécifiées  Aucun dommage visible Marquage lisible Pour la catégorie longue durée de vie: $\leq 0,1 C_N U_R$ (à $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ ) <sup>h</sup> Pour la catégorie usage général: $\leq 0,15 C_N U_R$ (à $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ ) <sup>h</sup> $ \Delta C/C  \leq 10\%$ de la valeur mesurée en 4.13.2 $\leq 1,2$ fois la limite initiale  $\leq 1,2$ fois la limite définie dans la spécification particulière $\geq 100\text{ M}\Omega$  Pas de claquage ni de contournement  Pas de fuite d'électrolyte ou autre dommage visible Marquage lisible <table border="1" data-bbox="1027 1294 1417 1720"> <tr> <td data-bbox="1027 1294 1139 1361"><math>C_N \times U_R</math><sup>h</sup></td> <td colspan="2" data-bbox="1139 1294 1417 1361">Courant de fuite <math>\mu\text{A}</math> (à <math>20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}</math>)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1027 1361 1139 1442"></td> <td data-bbox="1139 1361 1289 1442">Catégorie longue durée de vie</td> <td data-bbox="1289 1361 1417 1442">Catégorie usage général</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1027 1442 1139 1630"><math>\leq 1\ 000</math></td> <td data-bbox="1139 1442 1289 1630">0,01 <math>C_N \times U_R</math> ou <math>1\ \mu\text{A}</math>, selon la valeur la plus élevée</td> <td data-bbox="1289 1442 1417 1630">0,05 <math>C_N \times U_R</math> ou <math>5\ \mu\text{A}</math>, selon la valeur la plus élevée</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1027 1630 1139 1720"><math>&gt; 1\ 000</math></td> <td data-bbox="1139 1630 1289 1720">0,006 <math>C_N \times U_R + 4\ \mu\text{A}</math></td> <td data-bbox="1289 1630 1417 1720">0,03 <math>C_N \times U_R + 20\ \mu\text{A}</math></td> </tr> </table> <table border="1" data-bbox="1027 1720 1417 1989"> <tr> <td colspan="2" data-bbox="1027 1720 1417 1841"><math> \Delta C/C </math> comparé aux valeurs mesurées en 4.13.2: Catégorie longue durée de vie:</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1027 1841 1273 1899">Tension assignée V</td> <td data-bbox="1273 1841 1417 1899"><math> \Delta C/C </math> %</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1027 1899 1273 1989"><math>U_R \leq 6,3</math> <math>6,3 &lt; U_R \leq 160</math> <math>160 &lt; U_R</math></td> <td data-bbox="1273 1899 1417 1989">+15 à -30 <math>\pm 20</math> <math>\pm 15</math></td> </tr> </table>	$C_N \times U_R$ <sup>h</sup>	Courant de fuite $\mu\text{A}$ (à $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ )			Catégorie longue durée de vie	Catégorie usage général	$\leq 1\ 000$	0,01 $C_N \times U_R$ ou $1\ \mu\text{A}$ , selon la valeur la plus élevée	0,05 $C_N \times U_R$ ou $5\ \mu\text{A}$ , selon la valeur la plus élevée	$> 1\ 000$	0,006 $C_N \times U_R + 4\ \mu\text{A}$	0,03 $C_N \times U_R + 20\ \mu\text{A}$	$ \Delta C/C $ comparé aux valeurs mesurées en 4.13.2: Catégorie longue durée de vie:		Tension assignée V	$ \Delta C/C $ %	$U_R \leq 6,3$ $6,3 < U_R \leq 160$ $160 < U_R$	+15 à -30 $\pm 20$ $\pm 15$
$C_N \times U_R$ <sup>h</sup>	Courant de fuite $\mu\text{A}$ (à $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ )																					
	Catégorie longue durée de vie	Catégorie usage général																				
$\leq 1\ 000$	0,01 $C_N \times U_R$ ou $1\ \mu\text{A}$ , selon la valeur la plus élevée	0,05 $C_N \times U_R$ ou $5\ \mu\text{A}$ , selon la valeur la plus élevée																				
$> 1\ 000$	0,006 $C_N \times U_R + 4\ \mu\text{A}$	0,03 $C_N \times U_R + 20\ \mu\text{A}$																				
$ \Delta C/C $ comparé aux valeurs mesurées en 4.13.2: Catégorie longue durée de vie:																						
Tension assignée V	$ \Delta C/C $ %																					
$U_R \leq 6,3$ $6,3 < U_R \leq 160$ $160 < U_R$	+15 à -30 $\pm 20$ $\pm 15$																					

Tableau 3 (7 de 11)

Numéro de paragraphe et essai <sup>a</sup> , éléments d'inspection	D ou ND <sup>b</sup>	Conditions d'essai <sup>a</sup> et mesurages	Nombre d'éprouvettes (n) et nombre admissible d'éléments non conformes (c)	Exigences de performance <sup>a</sup>											
<p><b>Groupe 3</b> (suite) 4.13.5 (suite) Capacité</p> <p>Tangente de l'angle de perte</p> <p>Impédance<sup>f</sup></p> <p>Résistance d'isolement de l'isolation externe<sup>f</sup> Tension de tenue de l'isolation externe<sup>f</sup></p>	D	<p>Voir 4.3.2.2</p> <p>Voir 4.3.3.2</p> <p>Voir 4.3.4.2 et 4.3.4.3</p> <p>Voir IEC 60384-1:2016, 4.5.4. Voir IEC 60384-1:2016, 4.6.3.4.</p>	Voir le Tableau 2	<p>Catégorie usage général:</p> <table border="1" data-bbox="1011 533 1235 689"> <tr> <td>Tension assignée V</td> <td><math> \Delta C/C </math> %</td> </tr> <tr> <td><math>U_R \leq 6,3</math></td> <td>+25 à -40</td> </tr> <tr> <td><math>6,3 &lt; U_R \leq 160</math></td> <td>± 30</td> </tr> <tr> <td><math>160 &lt; U_R</math></td> <td>± 20</td> </tr> </table> <p>Catégorie longue durée de vie: ≤ 1,5 fois la limite définie en 4.3.3 Catégorie usage général: ≤ 2 fois la limite définie en 4.3.3 ou ≤ 0,4, selon la valeur la plus élevée Catégorie longue durée de vie: ≤ 2 fois la limite définie dans la spécification particulière Catégorie usage général: ≤ 4 fois la limite définie dans la spécification particulière ≥ 100 MΩ</p> <p>Pas de claquage ni de contournement</p>	Tension assignée V	$ \Delta C/C $ %	$U_R \leq 6,3$	+25 à -40	$6,3 < U_R \leq 160$	± 30	$160 < U_R$	± 20			
Tension assignée V	$ \Delta C/C $ %														
$U_R \leq 6,3$	+25 à -40														
$6,3 < U_R \leq 160$	± 30														
$160 < U_R$	± 20														
<p><b>Groupe 4A</b> 4.14 Surtension 4.14.2 Inspection initiale Capacité</p> <p>4.14.4 Reprise 4.14.5 Inspections finales Examen visuel<sup>f</sup></p> <p>Courant de fuite</p> <p>Capacité</p> <p>Tangente de l'angle de perte</p>	D	<p>Voir 4.14.3</p> <p>Voir 4.3.2.2</p> <p>Voir 4.14.4</p> <p>Voir 4.2.2</p> <p>Voir 4.3.1.2</p> <p>Voir 4.3.2.2</p> <p>Voir 4.3.3.2</p>	Voir le Tableau 2	<p>Selon les tolérances spécifiées</p> <p>Aucun dommage visible et pas de fuite d'électrolyte Électrolyte non solide:</p> <table border="1" data-bbox="1011 1368 1442 1715"> <thead> <tr> <th rowspan="2"><math>C_N \times U_R</math><sup>h</sup></th> <th colspan="2">Courant de fuite μA (à 20 °C ± 2 °C)</th> </tr> <tr> <th>Catégorie longue durée de vie</th> <th>Catégorie usage général</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≤ 1 000</td> <td>0,01 <math>C_N \times U_R</math> ou 1 μA, selon la valeur la plus élevée</td> <td>0,05 <math>C_N \times U_R</math> ou 5 μA, selon la valeur la plus élevée</td> </tr> <tr> <td>&gt; 1 000</td> <td>0,006 <math>C_N \times U_R</math> + 4 μA</td> <td>0,03 <math>C_N \times U_R</math> + 20 μA</td> </tr> </tbody> </table> <p>Électrolyte solide: Pour la catégorie longue durée de vie: ≤ 0,1 <math>C_N U_R</math> (à 20 °C ± 2 °C)<sup>h</sup> Pour la catégorie usage général: ≤ 0,15 <math>C_N U_R</math> (à 20 °C ± 2 °C)<sup>h</sup> <math> \Delta C/C </math> pour Électrolyte solide: Catégorie longue durée de vie: ≤ 5 % Catégorie usage général: ≤ 10 % Électrolyte non solide: ≤ 15 % de la valeur mesurée en 4.14.2 Se reporter à la spécification particulière</p>	$C_N \times U_R$ <sup>h</sup>	Courant de fuite μA (à 20 °C ± 2 °C)		Catégorie longue durée de vie	Catégorie usage général	≤ 1 000	0,01 $C_N \times U_R$ ou 1 μA, selon la valeur la plus élevée	0,05 $C_N \times U_R$ ou 5 μA, selon la valeur la plus élevée	> 1 000	0,006 $C_N \times U_R$ + 4 μA	0,03 $C_N \times U_R$ + 20 μA
$C_N \times U_R$ <sup>h</sup>	Courant de fuite μA (à 20 °C ± 2 °C)														
	Catégorie longue durée de vie	Catégorie usage général													
≤ 1 000	0,01 $C_N \times U_R$ ou 1 μA, selon la valeur la plus élevée	0,05 $C_N \times U_R$ ou 5 μA, selon la valeur la plus élevée													
> 1 000	0,006 $C_N \times U_R$ + 4 μA	0,03 $C_N \times U_R$ + 20 μA													



Tableau 3 (9 de 11)

Numéro de paragraphe et essai <sup>a</sup> , éléments d'inspection	D ou ND <sup>b</sup>	Conditions d'essai <sup>a</sup> et mesurages	Nombre d'éprouvettes (n) et nombre admissible d'éléments non conformes (c)	Exigences de performance <sup>a</sup>												
<p><b>Groupe 5A</b> (suite)</p> <p>4.17.5 (suite)</p> <p>Capacité</p> <p>Tangente de l'angle de perte</p> <p>4.22 Surtension transitoire <sup>f</sup></p> <p>4.22.2 Inspection initiale Capacité</p> <p>4.22.3 Inspections finales Examen visuel Capacité Courant de fuite Tangente de l'angle de perte Autres paramètres</p>	D	<p>Voir 4.3.2.2</p> <p>Voir 4.3.3.2</p> <p>Voir IEC 60384-1:2016, 4.40.</p> <p>Voir 4.3.2.2</p> <p>Voir 4.2.2</p> <p>Voir 4.3.2.2</p> <p>Voir 4.3.1.2</p> <p>Voir 4.3.3.2</p>	Voir le Tableau 2	<p><math> \Delta C/C </math> pour:</p> <p>Électrolyte solide: <math>\leq 5\%</math></p> <p>Électrolyte non solide: <math>\leq 10\%</math> de la valeur mesurée en 4.17.2</p> <p>Électrolyte solide: Se reporter à la spécification particulière</p> <p>Électrolyte non solide: <math>\leq 1,2</math> fois la limite initiale</p> <p>Selon les tolérances spécifiées</p> <p>Se reporter à la spécification particulière</p>												
<p><b>Groupe 5B<sup>e</sup></b></p> <p>4.18 Stockage à basse température <sup>f</sup></p> <p>4.18.2 Inspection initiale Capacité</p> <p>4.18.4 Reprise</p> <p>4.18.5 Inspections finales Examen visuel</p> <p>Courant de fuite</p> <p>Capacité</p> <p>Tangente de l'angle de perte</p>	ND	<p>Voir IEC 60384-1:2016, 4.25.2.2</p> <p>Voir 4.3.2.2</p> <p>Voir 4.18.4</p> <p>Voir 4.2.2</p> <p>Voir 4.3.1.2</p> <p>Voir 4.3.2.2</p> <p>Voir 4.3.3.2</p>	Voir le Tableau 2	<p>Selon les tolérances spécifiées</p> <p>Aucun dommage visible et pas de fuite d'électrolyte</p> <p>Marquage lisible</p> <p>Électrolyte non solide:</p> <table border="1" data-bbox="991 1417 1444 1760"> <thead> <tr> <th data-bbox="991 1417 1134 1473"><math>C_N \times U_R</math> <sup>h</sup></th> <th colspan="2" data-bbox="1139 1417 1444 1473">Courant de fuite <math>\mu A</math> (à <math>20^\circ C \pm 2^\circ C</math>)</th> </tr> <tr> <td data-bbox="991 1473 1134 1554"><math>\leq 1\ 000</math></td> <th data-bbox="1139 1473 1283 1554">Catégorie longue durée de vie</th> <th data-bbox="1287 1473 1444 1554">Catégorie usage général</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="991 1554 1134 1688"><math>\leq 1\ 000</math></td> <td data-bbox="1139 1554 1283 1688">0,01 <math>C_N \times U_R</math> ou 1 <math>\mu A</math>, selon la valeur la plus élevée</td> <td data-bbox="1287 1554 1444 1688">0,05 <math>C_N \times U_R</math> ou 5 <math>\mu A</math>, selon la valeur la plus élevée</td> </tr> <tr> <td data-bbox="991 1688 1134 1760"><math>&gt; 1\ 000</math></td> <td data-bbox="1139 1688 1283 1760">0,006 <math>C_N \times U_R</math> + 4 <math>\mu A</math></td> <td data-bbox="1287 1688 1444 1760">0,03 <math>C_N \times U_R</math> + 20 <math>\mu A</math></td> </tr> </tbody> </table> <p>Électrolyte solide:</p> <p>Pour la catégorie longue durée de vie: <math>\leq 0,1 C_N U_R</math> (à <math>20^\circ C \pm 2^\circ C</math>) <sup>h</sup></p> <p>Pour la catégorie usage général: <math>\leq 0,15 C_N U_R</math> (à <math>20^\circ C \pm 2^\circ C</math>) <sup>h</sup></p> <p><math> \Delta C/C  \leq 10\%</math> de la valeur mesurée en 4.18.2</p> <p>Se reporter à la spécification particulière</p>	$C_N \times U_R$ <sup>h</sup>	Courant de fuite $\mu A$ (à $20^\circ C \pm 2^\circ C$ )		$\leq 1\ 000$	Catégorie longue durée de vie	Catégorie usage général	$\leq 1\ 000$	0,01 $C_N \times U_R$ ou 1 $\mu A$ , selon la valeur la plus élevée	0,05 $C_N \times U_R$ ou 5 $\mu A$ , selon la valeur la plus élevée	$> 1\ 000$	0,006 $C_N \times U_R$ + 4 $\mu A$	0,03 $C_N \times U_R$ + 20 $\mu A$
$C_N \times U_R$ <sup>h</sup>	Courant de fuite $\mu A$ (à $20^\circ C \pm 2^\circ C$ )															
$\leq 1\ 000$	Catégorie longue durée de vie	Catégorie usage général														
$\leq 1\ 000$	0,01 $C_N \times U_R$ ou 1 $\mu A$ , selon la valeur la plus élevée	0,05 $C_N \times U_R$ ou 5 $\mu A$ , selon la valeur la plus élevée														
$> 1\ 000$	0,006 $C_N \times U_R$ + 4 $\mu A$	0,03 $C_N \times U_R$ + 20 $\mu A$														

Tableau 3 (10 de 11)

Numéro de paragraphe et essai <sup>a</sup> , éléments d'inspection	D ou ND <sup>b</sup>	Conditions d'essai <sup>a</sup> et mesurages	Nombre d'éprouvettes ( <i>n</i> ) et nombre admissible d'éléments non conformes ( <i>c</i> )	Exigences de performance <sup>a</sup>
<p><b>Groupe 6</b></p> <p>4.19 Caractéristiques à haute et basse températures</p> <p>Électrolyte solide:</p> <p><i>Palier 1:</i> 20 °C</p> <p>Capacité <sup>c i</sup></p> <p>Impédance (à la même fréquence qu'au Palier 2) <sup>c i</sup></p> <p>Tangente de l'angle de perte<sup>c</sup></p> <p><i>Palier 2:</i> température de catégorie inférieure</p> <p>Capacité <sup>c</sup></p> <p>Impédance</p> <p>Tangente de l'angle de perte<sup>c</sup></p> <p><i>Palier 3:</i> température de catégorie supérieure</p> <p>Courant de fuite</p> <p>Capacité <sup>c</sup></p> <p>Tangente de l'angle de perte<sup>c</sup></p> <p>Électrolyte non solide:</p> <p><i>Palier 1:</i> 20 °C</p> <p>Capacité <sup>f i</sup></p> <p>Tangente de l'angle de perte <sup>f</sup></p> <p>Impédance (à la même fréquence qu'au Palier 2) <sup>f i</sup></p> <p><i>Palier 2:</i> température de catégorie inférieure</p>	D	<p>Voir IEC 60384-1:2016 4.29</p> <p>Voir 4.3.2.2</p> <p>Voir 4.3.4.2 et 4.3.4.3</p> <p>Voir 4.3.3.2</p> <p>Voir 4.3.2.2</p> <p>Voir 4.3.4.4</p> <p>Voir 4.3.3.2</p> <p>Voir 4.3.1.2</p> <p>Voir 4.3.2.2</p> <p>Voir 4.3.3.2</p> <p>Voir 4.3.2.2</p> <p>Voir 4.3.3.2</p> <p>Voir 4.3.2.2</p> <p>Voir 4.3.3.2</p> <p>Voir 4.3.2.2</p> <p>Voir 4.3.3.2</p> <p>Voir 4.3.4.2 et 4.3.4.3</p>	Voir le Tableau 2	<p><math> \Delta C/C  \leq 20\%</math> de la valeur mesurée au Palier 1</p> <p>Rapport en fonction de la valeur du Palier 1: <math>\leq 2</math> fois</p> <p><math>\leq 2</math> fois la limite initiale</p> <p>À 125 °C (avec <math>U_R</math>):  <math>\leq 15</math> fois la limite définie en 4.3.1.3</p> <p>À 105 °C (avec <math>U_R</math>):  <math>\leq 12,5</math> fois la limite définie en 4.3.1.3</p> <p>À 85 °C (avec <math>U_R</math>):  <math>\leq 10</math> fois la limite définie en 4.3.1.3</p> <p><math> \Delta C/C  \leq 20\%</math> de la valeur mesurée au Palier 1</p> <p><math>\leq</math> limite initiale</p>

**Tableau 3 (11 de 11)**

Numéro de paragraphe et essai <sup>a</sup> , éléments d'inspection	D ou ND <sup>b</sup>	Conditions d'essai <sup>a</sup> et mesurages	Nombre d'éprouvettes (n) et nombre admissible d'éléments non conformes (c)	Exigences de performance <sup>a</sup>	
<b>Groupe 6</b> (suite) 4.19 (suite)	D		Voir le Tableau 2	Rapport en fonction de la valeur du Palier 1	
Impédance <sup>f</sup>		Voir 4.3.4.4		Tension assignée V	Rapport d'impédance
				$U_R \leq 6,3$ $6,3 < U_R \leq 16$ $16 < U_R \leq 160$ $160 < U_R$	$\leq 10$ $\leq 8$ $\leq 6$ $\leq 10$
<i>Palier 3</i> : température de catégorie supérieure				À 125 °C: $\leq 10$ fois la limite définie en 4.3.1.3 À 105 °C: $\leq 8$ fois la limite définie en 4.3.1.3 À 100 °C: $\leq 8$ fois la limite définie en 4.3.1.3 À 85 °C: $\leq 5$ fois la limite définie en 4.3.1.3	
Courant de fuite		Voir 4.3.1.2		Se reporter à la spécification particulière	
Capacité <sup>f</sup>		Voir 4.3.2.2		Se reporter à la spécification particulière	
Tangente de l'angle de perte <sup>f</sup>		Voir 4.3.3.2		Se reporter à la spécification particulière	
4.20 Charge et décharge <sup>g</sup>		Voir 4.20.3		Selon les tolérances spécifiées	
4.20.2 Inspection initiale		Voir 4.3.2.2		Selon les tolérances spécifiées	
4.20.4 Inspections finales		Voir 4.2.2		Aucun dommage visible et pas de fuite d'électrolyte pour les condensateurs à électrolyte non solide	
Examen visuel		Voir 4.2.2		Aucun dommage visible et pas de fuite d'électrolyte pour les condensateurs à électrolyte non solide	
Capacité		Voir 4.3.2.2		$\Delta C/C$   pour: Électrolyte solide: $\leq 5\%$ Électrolyte non solide: $\leq 10\%$ de la valeur mesurée en 4.20.2	

<sup>a</sup> Les numéros de paragraphes des exigences d'essai et de performance font référence à l'Article 4.  
<sup>b</sup> Dans ce tableau, D = destructif, ND = non destructif.  
<sup>c</sup> Si cela est exigé pour les condensateurs à électrolyte solide uniquement.  
<sup>d</sup> Ne s'applique pas aux condensateurs équipés de bornes à vis ou autres connexions de sortie non conçues pour le brasage, comme cela est indiqué dans la spécification particulière.  
<sup>e</sup> Le Groupe 5B s'applique uniquement aux condensateurs ayant une température de catégorie inférieure de  $-25\text{ °C}$  et  $-10\text{ °C}$ .  
<sup>f</sup> Si cela est exigé pour les condensateurs à électrolyte non solide uniquement.  
<sup>g</sup> Si cela est exigé.  
<sup>h</sup>  $C_N$  = capacité nominale en microfarads;  $U_R$  = tension assignée en volts.  
<sup>i</sup> Pour servir de valeur de référence.

### **3.5 Contrôle de conformité de la qualité**

#### **3.5.1 Formation des lots d'inspection**

##### **3.5.1.1 Inspection des groupes A et B**

Ces essais doivent être effectués lot par lot.

Un fabricant peut répartir la production actuelle en lots d'inspection soumis aux moyens de protection suivants:

- a) Le lot d'inspection doit être constitué de condensateurs de structure semblable (voir 3.2).
- b) L'échantillon soumis aux essais doit être représentatif des valeurs et des dimensions présentes dans le lot d'inspection:
  - par rapport à leur nombre;
  - avec un minimum de cinq valeurs.
- c) Si l'échantillon contient moins de cinq valeurs, le prélèvement des échantillons doit faire l'objet d'un accord avec le fabricant et l'organisme de certification

##### **3.5.1.2 Inspection du groupe C**

Ces essais doivent être effectués périodiquement.

Les échantillons doivent être représentatifs de la production actuelle pour les périodes spécifiées et doivent être divisés en fonction des caractéristiques assignées de haute, moyenne et basse tension. Pour couvrir la plage d'agrément sur une période quelconque, une dimension de boîtier doit être soumise à l'essai dans chaque groupe de tensions. Pour les périodes suivantes, les essais doivent porter sur d'autres dimensions de boîtier et/ou caractéristiques assignées de tension en production pour couvrir toute la plage.

#### **3.5.2 Programme d'essai**

Le programme pour les essais lot par lot et pour les essais périodiques pour le contrôle de conformité de la qualité est présenté dans la spécification particulière-cadre.

#### **3.5.3 Livraison différée**

Si, conformément aux procédures de Q.1.7 de l'IEC 60384-1:2016, il convient d'effectuer une nouvelle inspection, la brasabilité et la capacité doivent être contrôlées comme cela est spécifié dans l'inspection des Groupes A et B.

#### **3.5.4 Niveaux d'assurance**

Les niveaux d'assurance indiqués dans la spécification particulière-cadre doivent de préférence être choisis à partir du Tableau 4 et du Tableau 5.

**Tableau 4 – Inspection lot par lot**

Sous-groupe d'inspection <sup>a</sup>	EZ		
	IL <sup>b</sup>	<i>n</i> <sup>b</sup>	<i>c</i> <sup>b</sup>
A0 <sup>e</sup>	100 % <sup>c</sup>		
A1	S-3	<i>d</i>	0
A2	S-3	<i>d</i>	0
B1	S-3	<i>d</i>	0
B2	S-3	<i>d</i>	0

<sup>a</sup> Le contenu du sous-groupe d'inspection est décrit dans l'Article 2 de la spécification particulière-cadre.

<sup>b</sup> IL = niveau d'inspection  
*n* = effectif d'échantillons  
*c* = nombre admissible d'éléments non conformes

<sup>c</sup> Après le retrait des éléments non conformes avec les essais à 100 % au cours du procédé de fabrication, l'inspection par échantillonnage doit être réalisée afin de contrôler le niveau de qualité après inspection par éléments non conformes par million ( $\times 10^{-6}$ ). Le niveau d'échantillonnage doit être établi par le fabricant, de préférence selon l'Annexe A de l'IEC 61193-2:2007. Dans le cas où un échantillon comporte un ou plusieurs éléments non conformes, ce lot doit être rejeté, mais la totalité de l'échantillon doit être contrôlée et tous les éléments non conformes doivent être pris en compte pour le calcul des valeurs du niveau de qualité. Les valeurs du niveau de qualité après inspection par éléments non conformes par million ( $\times 10^{-6}$ ) doivent être calculées en cumulant les données d'inspection selon la méthode présentée en 6.2 de l'IEC 61193-2:2007.

<sup>d</sup> Nombre à soumettre à l'essai: L'effectif d'échantillons doit être déterminé conformément au 4.3.2 de l'IEC 61193-2:2007.

<sup>e</sup> Si cela est exigé pour les condensateurs à électrolyte solide uniquement.

**Tableau 5 – Inspection périodique**

Sous-groupe d'inspection <sup>a</sup>	EZ		
	<i>p</i> <sup>b</sup>	<i>n</i> <sup>b</sup>	<i>c</i> <sup>b</sup>
C1A	6	9	0
C1B	6	18	0
C1	6	27	0
C2	6	9	0
C3	3	21	0
C4A	12	6	0
C4B	12	6	0
C5A	6	12	0
C5B	12	6	0
C6	6	15	0

<sup>a</sup> Le contenu du sous-groupe d'inspection est décrit dans l'Article 2 de la spécification particulière-cadre.

<sup>b</sup> *p* = périodicité en mois  
*n* = effectif d'échantillons  
*c* = nombre admissible d'éléments non conformes

## 4 Essais et procédures de mesure

NOTE L'Article 4 complète les informations fournies dans l'Article 4 de l'IEC 60384-1:2016.

### 4.1 Préconditionnement (pour condensateurs à électrolyte non solide uniquement)

Avant de commencer le programme d'essai, tous les condensateurs doivent être préconditionnés en leur appliquant la tension assignée depuis une source de tension continue

de basse résistance interne, telle qu'une alimentation stabilisée. La tension doit être appliquée au condensateur par une résistance dont la valeur doit être d'environ 100  $\Omega$  pour les tensions assignées de valeurs inférieures ou égales à 100 V, et environ 1 000  $\Omega$  pour les tensions assignées supérieures à 100 V.

La tension doit être maintenue pendant 1 h lorsque sa valeur aux bornes du condensateur est égale à la tension assignée avec une tolérance de  $\pm 3$  %. Après ce préconditionnement, les condensateurs doivent être déchargés dans une résistance d'environ 1  $\Omega$  par volt appliqué.

Les essais de 3.4.3 doivent être effectués après un stockage des condensateurs pendant une période de 12 h à 48 h pendant laquelle aucune tension ne doit être appliquée. Aucun autre préconditionnement, tel que décrit ci-dessus, ne doit être appliqué pendant le programme d'essai.

## **4.2 Examen visuel et contrôle des dimensions**

### **4.2.1 Généralités**

Voir 4.4 de l'IEC 60384-1:2016 avec les détails suivants.

### **4.2.2 Examen visuel et contrôle des dimensions**

L'équipement utilisé pour l'examen visuel doit être approprié avec un grossissement d'environ  $\times 10$ , un éclairage approprié de l'éprouvette en essai et le niveau de qualité exigé.

Il convient que l'opérateur dispose d'équipements adaptés pour l'éclairage incident ou transmis, ainsi que d'équipements de mesure appropriés.

Les matériaux, la conception, la construction et les dimensions physiques des condensateurs doivent être examinés afin de vérifier qu'ils sont appropriés.

### **4.2.3 Exigences**

Voir le Tableau 3.

La qualité d'exécution doit être conforme aux exigences applicables indiquées dans la spécification particulière.

## **4.3 Essais électriques**

### **4.3.1 Courant de fuite**

#### **4.3.1.1 Généralités**

Voir 4.9 de l'IEC 60384-1:2016 avec les détails suivants.

#### **4.3.1.2 Conditions de mesure**

La tension assignée doit être appliquée aux bornes du condensateur et de sa résistance de protection. Sauf indication contraire dans la spécification particulière, la résistance de protection doit être d'environ 100  $\Omega$  pour les tensions assignées inférieures ou égales à 100 V et d'environ 1 000  $\Omega$  pour les tensions assignées supérieures à 100 V.

#### **4.3.1.3 Exigences**

Voir le Tableau 3.

## **4.3.2 Capacité**

### **4.3.2.1 Généralités**

Voir 4.7 de l'IEC 60384-1:2016 avec les détails suivants.

### **4.3.2.2 Conditions de mesure**

Sauf indication contraire dans les spécifications particulières, la capacité doit être mesurée à une fréquence de 100 Hz ou 120 Hz.

La tension alternative de crête réellement appliquée aux connexions de sortie du condensateur ne doit pas dépasser 0,5 V (valeur efficace).

En règle générale, il convient de ne pas appliquer une tension continue au condensateur lors du mesurage.

Une tension de polarisation continue de 0,7 V à 1,0 V peut être appliquée pendant le mesurage pour éviter une application de tension négative sur le condensateur par la tension alternative appliquée.

L'inexactitude des instruments de mesure ne doit pas dépasser 2 % de la limite définie dans la spécification particulière, qu'il s'agisse d'une valeur absolue ou d'une variation de capacité.

### **4.3.2.3 Exigences**

Voir le Tableau 3.

## **4.3.3 Tangente de l'angle de perte ( $\tan \delta$ ) ou résistance-série équivalente (RSE)**

### **4.3.3.1 Généralités**

Voir 4.8 de l'IEC 60384-1:2016 avec les détails suivants.

### **4.3.3.2 Conditions de mesure**

Le mesurage doit être effectué en respectant les conditions de 4.3.2.2. L'inexactitude de l'équipement de mesure ne doit pas dépasser 0,01 en valeur absolue.

### **4.3.3.3 Exigences**

Les exigences sont indiquées dans le Tableau 3 avec les détails suivants:

- a) Les limites pour la tangente de l'angle de perte ( $\tan \delta$ ) ou pour la résistance-série équivalente (RSE) doivent être précisées dans la spécification particulière.
- b) Pour les condensateurs à électrolyte non solide, la résistance-série équivalente (RSE) peut être spécifiée à la place de la tangente de l'angle de perte ( $\tan \delta$ ) dans la spécification particulière.

## **4.3.4 Impédance (si exigé)**

### **4.3.4.1 Généralités**

Voir 4.10 de l'IEC 60384-1:2016 avec les détails suivants.

### **4.3.4.2 Fréquence de mesure**

La fréquence de mesure doit être choisie parmi les valeurs suivantes: 100 Hz, 120 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz et 1 MHz, et elle doit être celle qui est la plus susceptible de donner la plus

petite impédance. La tolérance sur toutes les fréquences dans le cadre des mesurages ne doit pas dépasser 20 %. La valeur de la fréquence de mesure doit être précisée dans la spécification particulière.

#### **4.3.4.3 Conditions de mesure**

La tension de mesure doit être aussi faible que possible pour éviter une surchauffe anormale du condensateur.

Pour démontrer que la tension est suffisamment faible, elle doit être appliquée à l'un des condensateurs de chaque échantillon pendant une durée de 1 min pendant laquelle l'impédance du condensateur ne doit pas varier de manière visible.

L'erreur de mesure ne doit pas dépasser 5 % de l'exigence ou 0,02  $\Omega$ , selon la valeur la plus élevée.

#### **4.3.4.4 Mesurage à la température de catégorie inférieure**

La fréquence de mesure à la température de catégorie inférieure doit être de 100 Hz ou 120 Hz, sauf indication contraire dans la spécification particulière.

#### **4.3.4.5 Exigences**

Voir le Tableau 3.

### **4.3.5 Résistance d'isolement de l'isolation externe (si exigé)**

#### **4.3.5.1 Généralités**

Voir 4.5 de l'IEC 60384-1:2016 avec les détails suivants.

#### **4.3.5.2 Conditions de mesure**

Une feuille métallique doit être enroulée étroitement autour de toute la longueur du corps du condensateur, en dépassant d'au moins 5 mm à chaque extrémité, à condition de pouvoir maintenir une distance d'au moins 0,5 mm entre la feuille métallique et les sorties. Les extrémités de la feuille métallique ne doivent pas être repliées sur les extrémités du condensateur. Si la distance de 0,5 mm ne peut pas être maintenue, la partie de la feuille qui dépasse doit être réduite autant que nécessaire pour établir la distance de 0,5 mm.

Le cas échéant, la méthode du bloc métallique en V est permise en variante.

Une tension continue de  $(100 \pm 15)$  V doit être appliquée entre la feuille métallique ou le bloc en V et la sortie raccordée au corps du condensateur pendant au moins 1 min ou pendant le temps exigé pour obtenir une lecture stable. À la fin de cette période, la résistance d'isolement doit être mesurée.

#### **4.3.5.3 Exigences**

Voir le Tableau 3.

### **4.3.6 Tension de tenue de l'isolation externe (si exigé)**

#### **4.3.6.1 Généralités**

Voir 4.6 de l'IEC 60384-1:2016 avec les détails suivants.

#### **4.3.6.2 Conditions de mesure**

Une feuille métallique doit être enroulée étroitement autour de toute la longueur du condensateur, en dépassant d'au moins 5 mm à chaque extrémité, à condition de pouvoir maintenir une distance d'au moins 1 mm entre la feuille métallique et les sorties. Les extrémités de la feuille métallique ne doivent pas être repliées sur les extrémités du condensateur. Si la distance de 1 mm ne peut pas être maintenue, la partie de la feuille qui dépasse doit être réduite autant que nécessaire pour établir la distance de 1 mm.

Le cas échéant, la méthode du bloc métallique en V est permise en variante.

Une tension continue augmentant progressivement selon une vitesse de 100 V/s jusqu'à 1 000 V au maximum doit être appliquée entre la feuille métallique ou le bloc en V et la sortie raccordée au corps du condensateur.

La tension de 1 000 V doit être appliquée pendant  $1 \text{ min} \pm 5 \text{ s}$ .

#### **4.3.6.3 Exigences**

Voir le Tableau 3.

### **4.4 Robustesse des sorties**

#### **4.4.1 Généralités**

Voir 4.13 de l'IEC 60384-1:2016 avec les détails suivants.

La méthode d'essai et le degré de sévérité doivent être indiqués dans la spécification particulière.

#### **4.4.2 Inspection initiale**

Voir le Tableau 3.

#### **4.4.3 Inspection finale**

Après la reprise, les condensateurs doivent être examinés visuellement sous un éclairage normal avec un grossissement d'environ  $\times 10$  et selon les caractéristiques électriques indiquées au Tableau 3.

### **4.5 Résistance à la chaleur de brasage**

#### **4.5.1 Généralités**

Cet essai ne s'applique pas aux condensateurs équipés de bornes à vis ou d'autres connexions de sortie non conçues pour le brasage, comme cela est indiqué dans la spécification particulière.

Voir 4.14 de l'IEC 60384-1:2016 avec les détails suivants.

#### **4.5.2 Conditions d'essai**

Pas de préséchage.

#### **4.5.3 Reprise**

La période de reprise doit être comprise entre 1 h et 2 h.

#### **4.5.4 Inspection finale et exigences**

Après la reprise, les condensateurs doivent être examinés visuellement sous un éclairage normal avec un grossissement d'environ  $\times 10$  et selon les caractéristiques électriques indiquées au Tableau 3.

### **4.6 Brasabilité**

#### **4.6.1 Généralités**

Cet essai ne s'applique pas aux condensateurs équipés de bornes à vis ou d'autres connexions de sortie non conçues pour le brasage, comme cela est indiqué dans la spécification particulière.

Voir 4.15 de l'IEC 60384-1:2016 avec les détails suivants.

#### **4.6.2 Conditions d'essai**

Voir 4.15 de l'IEC 60384-1:2016.

Température du bain de brasage:

- Brasure Sn-Pb:  $(235 \pm 3)$  °C pendant  $(2 \pm 0,2)$  s ou  $(5 \pm 0,5)$  s;
- Brasure Sn-Ag-Cu:  $(245 \pm 3)$  °C pendant  $(3 \pm 0,3)$  s;
- Brasure Sn-Cu:  $(250 \pm 3)$  °C pendant  $(3 \pm 0,3)$  s.

Quand la méthode du bain de brasage n'est pas appropriée, un fer à braser de dimension A doit être utilisé.

Quand la méthode de la balance de mouillage est appropriée, la spécification particulière peut faire référence à l'IEC 60068-2-54.

#### **4.6.3 Inspection finale**

Voir le Tableau 3.

### **4.7 Variations rapides de température**

#### **4.7.1 Généralités**

Voir 4.16 de l'IEC 60384-1:2016 avec les détails suivants.

#### **4.7.2 Inspection initiale**

Voir le Tableau 3.

#### **4.7.3 Conditions d'essai**

Les conditions d'essai sont les suivantes:

- Les condensateurs doivent être soumis à l'essai pendant 5 cycles;
- La durée d'exposition à chaque limite de température doit être de 30 min ou 3 h, comme cela est précisé dans la spécification particulière.

#### **4.7.4 Reprise**

La période minimale de reprise doit être de 16 h.

#### 4.7.5 Inspections finales et exigences

Voir le Tableau 3.

### 4.8 Vibrations

#### 4.8.1 Généralités

Voir 4.17 de l'IEC 60384-1:2016 avec les détails suivants.

#### 4.8.2 Conditions d'essai

Les condensateurs doivent être soumis à l'essai sur les trois axes (X, Y et Z) selon l'une des sévérités indiquées au Tableau 6 comme cela est précisé dans la spécification particulière.

**Tableau 6 – Options d'amplitude et d'accélération**

Fréquence Hz	Amplitude ou accélération (selon l'accélération la moins sévère)	Durée h
10 à 55	0,35 mm ou 50 m/s <sup>2</sup>	0,5
10 à 55	0,75 mm ou 100 m/s <sup>2</sup>	2
10 à 500	0,75 mm ou 100 m/s <sup>2</sup>	2
10 à 2 000	0,75 mm ou 100 m/s <sup>2</sup>	2

La plage de fréquences et la méthode de montage doivent être précisées dans la spécification particulière. Pour les condensateurs à sorties axiales destinés à être montés par leurs connecteurs de sortie uniquement, la distance entre le corps et le point de montage doit être de  $(6 \pm 1)$  mm.

#### 4.8.3 Inspections finales et exigences

Voir le Tableau 3.

### 4.9 Secousses (si exigé)

#### 4.9.1 Généralités

Voir 4.18 de l'IEC 60384-1:2016 avec les détails suivants.

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

#### 4.9.2 Conditions d'essai

Les conditions d'essai sont les suivantes:

- nombre total de secousses: 1 000 pour les condensateurs de la catégorie usage général;  
4 000 pour les condensateurs de la catégorie longue durée de vie;
- accélération maximale: 400 m/s<sup>2</sup> (40  $g_n$ );
- durée d'impulsion: 6 ms.

La méthode de montage doit être précisée dans la spécification particulière. Pour les condensateurs à sorties axiales destinés à être montés par leurs connecteurs de sortie uniquement, la distance entre le corps et le point de montage doit être de  $(6 \pm 1)$  mm.

### 4.9.3 Inspections finales et exigences

Voir le Tableau 3.

### 4.10 Chocs (si exigé)

#### 4.10.1 Généralités

Voir 4.19 de l'IEC 60384-1:2016 avec les détails suivants.

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

#### 4.10.2 Conditions d'essai

La spécification particulière doit indiquer les sévérités préférentielles telles qu'elles sont présentées au Tableau 7.

Forme des impulsions: demi-sinusoïdale.

**Tableau 7 – Sévérités préférentielles**

Accélération maximale m/s <sup>2</sup>	Durée correspondante de l'impulsion ms
300	18
500	11
1 000	6

La méthode de montage doit être précisée dans la spécification particulière. Pour les condensateurs à sorties axiales destinés à être montés par leurs connecteurs de sortie uniquement, la distance entre le corps et le point de montage doit être de  $(6 \pm 1)$  mm.

### 4.10.3 Inspections finales et exigences

Voir le Tableau 3.

### 4.11 Séquence climatique

#### 4.11.1 Généralités

Voir 4.21 de l'IEC 60384-1:2016 avec les détails suivants.

#### 4.11.2 Inspection initiale

Voir le Tableau 3.

#### 4.11.3 Chaleur sèche

Voir 4.21.3 de l'IEC 60384-1:2016.

#### 4.11.4 Chaleur humide, cyclique, essai Db, premier cycle

Voir 4.21.4 de l'IEC 60384-1:2016.

#### 4.11.5 Froid

Voir 4.21.5 de l'IEC 60384-1:2016.

#### **4.11.6 Basse pression atmosphérique (si exigé)**

##### **4.11.6.1 Généralités**

Voir 4.21.6 de l'IEC 60384-1:2016 avec les détails suivants.

##### **4.11.6.2 Conditions d'essai**

Les conditions d'essai sont les suivantes:

- Durée: 5 min;
- Température: 15 °C à 35 °C;
- Pression atmosphérique: 8 kPa.

##### **4.11.6.3 Tension continue appliquée lors des essais**

Le condensateur étant toujours à la basse pression spécifiée, la tension assignée  $U_R$  doit lui être appliquée pendant la dernière des cinq minutes de la période d'essai.

##### **4.11.6.4 Mesurage intermédiaire**

Pendant et après l'essai, le condensateur doit satisfaire aux exigences indiquées dans le Tableau 3.

#### **4.11.7 Chaleur humide, cyclique, essai Db, cycles restants**

Voir 4.21.7 de l'IEC 60384-1:2016.

#### **4.11.8 Étanchéité (si exigé)**

##### **4.11.8.1 Généralités**

Voir 4.20 de l'IEC 60384-1:2016 avec les détails suivants.

Les condensateurs doivent être soumis à l'essai à la fin de la séquence climatique.

##### **4.11.8.2 Conditions d'essai**

La spécification particulière doit préciser si la Méthode 1 ou la Méthode 2 s'applique.

##### **4.11.8.3 Reprise**

Si les condensateurs ont été immergés dans un liquide, ils doivent être secoués pour retirer l'excès de liquide.

La période de reprise doit être comprise entre 1 h et 2 h dans les conditions atmosphériques normales.

#### **4.11.9 Inspections finales et exigences**

Voir le Tableau 3.

#### **4.12 Chaleur humide, essai continu**

##### **4.12.1 Généralités**

Voir 4.22 de l'IEC 60384-1:2016 avec les détails suivants.

#### 4.12.2 Inspection initiale

Voir le Tableau 3.

#### 4.12.3 Conditions d'essai

Les conditions d'essai sont les suivantes:

- Température:  $(+40 \pm 2)$  °C;
- Humidité relative:  $(93 \pm 3)$  %;
- Tension appliquée: Aucune tension ne doit être appliquée;
- Durée: 10, 21 ou 56 jours.

#### 4.12.4 Reprise

La période de reprise doit être comprise entre 1 h et 2 h.

#### 4.12.5 Inspections finales et exigences

Voir le Tableau 3.

### 4.13 Endurance

#### 4.13.1 Généralités

Voir 4.23 de l'IEC 60384-1:2016 avec les détails suivants.

#### 4.13.2 Inspection initiale

Voir le Tableau 3.

#### 4.13.3 Conditions d'essai

Les conditions d'essai sont les suivantes:

La durée doit être choisie à partir des durées suivantes. Les conditions doivent être précisées dans la spécification particulière.

- Durée: catégorie longue durée de vie: 2 000 h; 3 000 h; 5 000 h; 7 000 h ou 10 000 h;  
catégorie usage général: 1 000 h ou 2 000 h;
- Température: température de catégorie supérieure;
- Tension appliquée: tension assignée, sauf indication contraire dans la spécification particulière.

Lorsque cela est précisé dans la spécification particulière, une tension alternative sinusoïdale de fréquence 50 Hz, 60 Hz, 100 Hz ou 120 Hz, comme spécifiée, doit être superposée à la tension continue de telle sorte que la tension de crête ne dépasse pas la valeur de la tension continue assignée, sans dépasser le courant ondulé assigné.

- a) Pour les condensateurs à électrolyte solide, l'impédance de la source de tension doit être de 3  $\Omega$  au maximum.
- b) Pour les condensateurs à électrolyte non solide, la tension continue doit être fournie par une alimentation stabilisée de faible résistance interne et elle doit être appliquée à chaque condensateur ou section de condensateur par une résistance séparée. La valeur de cette résistance doit être choisie de telle sorte qu'un court-circuit d'un des condensateurs ou d'une des sections de condensateur n'ait pas d'influence sur le reste de l'échantillon. Cependant, la valeur de la résistance ne doit pas dépasser 1 000  $\Omega$ .

#### **4.13.4 Reprise**

La période minimale de reprise doit être de 16 h.

#### **4.13.5 Inspections finales et exigences**

Voir le Tableau 3.

Lorsqu'un dispositif de décharge de pression répétitif est appliqué au condensateur, il convient de ne pas considérer les effets du fonctionnement prévu du dispositif de décharge de pression (par exemple, légère coloration ou décoloration, léger mouillage, etc.) comme une fuite et/ou un dommage visible.

### **4.14 Surtension**

#### **4.14.1 Généralités**

Voir 4.26 de l'IEC 60384-1:2016 avec les détails suivants.

#### **4.14.2 Inspection initiale**

Voir le Tableau 3.

#### **4.14.3 Conditions d'essai**

Les condensateurs doivent être soumis à 1 000 cycles, chacun étant constitué d'une période de charge, dont la durée est indiquée ci-dessous, suivie d'une période de décharge dont la durée est de 5 min et 30 s, avec un condensateur débranché et pouvant se décharger de manière interne.

- a) Tension appliquée (voir 2.2.7):
  - 1) 1,15 fois la tension assignée pour les tensions assignées  $\leq 315$  V;
  - 2) 1,10 fois la tension assignée pour les tensions assignées  $> 315$  V.
- b) Résistance interne de la source de tension: selon les exigences pour  $RC = (0,1 \pm 0,05)$  s.
- c) Température:
  - 1) température de catégorie supérieure pour les condensateurs de la catégorie longue durée de vie;
  - 2) température ambiante pour les condensateurs de la catégorie usage général.
- d) Durée: 30 s.

#### **4.14.4 Reprise**

La période de reprise doit être comprise entre 1 h et 2 h.

#### **4.14.5 Inspections finales et exigences**

Voir le Tableau 3.

Lorsque la spécification particulière indique qu'un dispositif de décharge de pression répétitif est appliqué au condensateur, il convient de ne pas considérer les effets du fonctionnement prévu du dispositif de décharge de pression (par exemple, légère coloration ou décoloration, léger mouillage, etc.) comme une fuite et/ou un dommage visible.

### **4.15 Tension inverse (si exigé)**

#### **4.15.1 Inspection initiale**

Voir le Tableau 3.

#### 4.15.2 Conditions d'essai

Les conditions d'essai sont les suivantes:

Les condensateurs doivent être soumis à l'essai dans la condition a), puis dans la condition b).

a) condition:

- 1) Température: température de catégorie supérieure.
- 2) Tension appliquée:
  - pour les condensateurs à électrolyte solide: une tension continue égale à 0,15 fois la tension assignée doit être appliquée dans le sens de la polarité inverse.
  - pour les condensateurs à électrolyte non solide: une tension continue de 1 V, sauf indication contraire dans la spécification particulière, doit être fournie dans le sens de la polarité inverse.
- 3) Durée: 125 h.

b) condition:

- 1) Température: température de catégorie supérieure.
- 2) Tension appliquée: tension continue égale à la tension assignée dans le sens de la polarité directe.
- 3) Durée: 125 h.

#### 4.15.3 Reprise

La période de reprise doit être précisée dans la spécification particulière.

#### 4.15.4 Inspections finales et exigences

Voir le Tableau 3.

#### 4.16 Décharge de pression (si exigé)

Sauf indication contraire dans la spécification particulière, un des essais, comme décrit en 4.28 de l'IEC 60384-1:2016, doit être appliqué pour les condensateurs à électrolyte non solide uniquement.

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

#### 4.17 Stockage à haute température

##### 4.17.1 Généralités

Voir 4.25.1 de l'IEC 60384-1:2016 avec les détails suivants.

##### 4.17.2 Inspection initiale

Voir le Tableau 3.

##### 4.17.3 Conditions d'essai

Les conditions d'essai sont les suivantes:

- Température: température de catégorie supérieure;
- Durée:  $(96 \pm 4)$  h.

#### **4.17.4 Reprise**

La période minimale de reprise doit être de 16 h.

#### **4.17.5 Inspections finales et exigences**

Voir le Tableau 3.

#### **4.18 Stockage à basse température (si exigé)**

##### **4.18.1 Généralités**

Si le stockage à basse température est exigé pour les condensateurs à électrolyte non solide uniquement, voir 4.25.2 de l'IEC 60384-1:2016 avec les détails suivants.

##### **4.18.2 Inspection initiale**

Voir le Tableau 3.

##### **4.18.3 Conditions d'essai**

Voir 4.25.2.2 de l'IEC 60384-1:2016.

##### **4.18.4 Reprise**

La période minimale de reprise doit être de 16 h.

##### **4.18.5 Inspections finales et exigences**

Voir le Tableau 3.

#### **4.19 Caractéristiques à haute et basse températures**

##### **4.19.1 Généralités**

Voir 4.29 de l'IEC 60384-1:2016 avec les détails suivants.

##### **4.19.2 Inspections et exigences**

Les condensateurs doivent être mesurés à chaque palier de température et doivent satisfaire aux exigences du Tableau 3.

#### **4.20 Charge et décharge (si exigé)**

##### **4.20.1 Généralités**

Voir 4.27 de l'IEC 60384-1:2016 avec les détails suivants.

##### **4.20.2 Inspection initiale**

Voir le Tableau 3.

##### **4.20.3 Conditions d'essai**

À une température ambiante de  $(20 \pm 2)$  °C, les condensateurs doivent être soumis au nombre spécifié de cycles, chaque cycle étant constitué d'une charge selon a) suivie d'une décharge selon b).

La spécification particulière doit préciser les cas où une augmentation de la période des cycles est exigée, sans modifier le temps de charge pour ne pas dépasser la chaleur maximale admissible générée dans le condensateur.

a) Charge

Tension appliquée:	tension continue assignée;
Résistance interne de la source de tension plus résistance externe en série:	selon les exigences pour $RC = 0,1$ s;
Durée:	0,5 s.

b) Décharge

Tension appliquée:	Aucune tension appliquée;
Résistance de décharge:	selon les exigences pour $RC = 0,1$ s;
Durée:	0,5 s.

c) Nombre de cycles:

pour les condensateurs de tension assignée $U_R \leq 160$ V:	$10^6$ cycles
pour les condensateurs de tension assignée $U_R > 160$ V:	précisé dans la spécification particulière.

Les constantes de temps à la charge et à la décharge doivent être précisées dans la spécification particulière.

#### 4.20.4 Inspections finales et exigences

Voir le Tableau 3.

#### 4.21 Surintensité (si exigé)

##### 4.21.1 Généralités

Si l'essai aux surintensités est exigé pour les condensateurs à électrolyte solide uniquement, voir 4.39 de l'IEC 60384-1:2016 avec les détails suivants.

##### 4.21.2 Inspections finales et exigences

Voir le Tableau 3.

#### 4.22 Surtension transitoire (si exigé)

##### 4.22.1 Généralités

Si le mesurage de la surtension transitoire est exigé pour les condensateurs à électrolyte non solide uniquement, voir 4.40 de l'IEC 60384-1:2016 avec les détails suivants.

##### 4.22.2 Inspection initiale

Voir le Tableau 3.

##### 4.22.3 Inspections finales et exigences

Voir le Tableau 3.

Les éléments décrits en 4.40.4 de l'IEC 60384-1:2016 doivent être précisés dans la spécification particulière.

Les mesurages décrits en 4.40.1 et 4.40.3 de l'IEC 60384-1: 2016 doivent porter sur la capacité, le courant de fuite, la tangente de l'angle de perte et les autres paramètres exigés dans la spécification particulière.

## Bibliographie

IEC 60384-18, *Condensateurs fixes utilisés dans les équipements électroniques – Partie 18: Spécification intermédiaire – Condensateurs fixes électrolytiques à l'aluminium pour montage en surface à électrolyte solide (MnO<sub>2</sub>) et non solide*

---

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

3, rue de Varembé  
PO Box 131  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11  
Fax: + 41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)