

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

**Résistances fixes utilisées dans les équipements électroniques –
Partie 1: Spécification générique**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60115-1:2020



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2020 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 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.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 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.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

**Résistances fixes utilisées dans les équipements électroniques –
Partie 1: Spécification générique**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.040.10

ISBN 978-2-8322-7904-5

**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
INTRODUCTION	9
1 Scope	11
2 Normative references	11
3 Terms, definitions, product technologies and product classifications	13
3.1 Terms and definitions	13
3.2 Product technologies	20
3.3 Resistor encapsulations	23
3.4 Product classification	24
4 General requirements	25
4.1 Units and symbols	25
4.2 Preferred values	25
4.3 Coding	26
4.4 Marking of the resistors	26
4.5 Marking of the packaging	26
4.6 Ordering designation	27
4.7 Permissible substitutions	27
4.8 Packaging	28
4.9 Storage	29
4.10 Transportation	29
5 General provisions for measurements and test methods	30
5.1 General	30
5.2 Standard atmospheric conditions	30
5.3 Tolerances on test severity parameters	32
5.4 Drying	33
5.5 Mounting of specimens	33
5.6 Measurement of resistance	35
6 Electrical measurements and tests	37
6.1 Resistance	37
6.2 Temperature coefficient of resistance	39
6.3 Inductance	42
6.4 Voltage coefficient of resistance	44
6.5 Non-linearity	45
6.6 Current noise	46
6.7 Temperature rise	47
7 Endurance tests	48
7.1 Endurance at the rated temperature 70 °C	48
7.2 Endurance at room temperature	50
7.3 Endurance at a maximum temperature	55
8 Electrical overload tests	59
8.1 Short-term overload	59
8.2 Single-pulse high-voltage overload test	61
8.3 Periodic-pulse high-voltage overload test	66
8.4 Periodic-pulse overload test	68
8.5 Electrostatic discharge	70

9	Mechanical measurements and tests	71
9.1	Visual examination.....	71
9.2	Gauging of dimensions	72
9.3	Detail dimensions	73
9.4	Robustness of the resistor body.....	74
9.5	Robustness of terminations.....	75
9.6	Robustness of threaded stud or screw terminations	78
9.7	Shear test	79
9.8	Substrate bending test	81
9.9	Bump	83
9.10	Shock	84
9.11	Vibration	85
10	Environmental and climatic tests	87
10.1	Rapid change of temperature.....	87
10.2	Operation at low temperature.....	88
10.3	Climatic sequence.....	89
10.4	Damp heat, steady state	92
10.5	Damp heat, steady state, accelerated	95
10.6	Corrosion	97
10.7	Whisker growth test	99
10.8	Hydrogen sulphide test	100
11	Tests related to component assembly.....	101
11.1	Solderability.....	101
11.2	Resistance to soldering heat.....	105
11.3	Solvent resistance	107
12	Tests related to safety	109
12.1	Insulation resistance	109
12.2	Voltage proof	114
12.3	Accidental overload test.....	115
12.4	Flammability	120
13	Quality assessment procedures	121
Annex A	(normative) Symbols and abbreviated terms	123
A.1	Symbols.....	123
A.2	Abbreviated terms.....	126
Annex B	(normative) Rules for the preparation of detail specifications for resistors and capacitors for electronic equipment for use within the IECQ system	129
Annex C	(informative) Example of a certified test record	130
Annex Q	(informative) Quality assessment procedures	132
Q.1	General.....	132
Q.2	IECQ Approved Component (IECQ AC) procedures	136
Q.3	IECQ Qualification Approval (QA) procedures	137
Q.4	IECQ Approved Component – Capability Certification (IECQ AC-C) procedures.....	138
Q.5	IECQ Approved Component – Technology Certification (IECQ AC-TC) procedure	140
Annex R	(informative) Failure rate level evaluation, determination and qualification.....	143
R.1	General.....	143
R.2	Certification and determination of a failure rate level.....	144

R.3	Non-conformances	146
R.4	Extension of a qualification to a higher failure rate level	146
R.5	Maintenance of a failure rate level	146
R.6	Deliveries	147
R.7	Determination of a component failure rate	148
Annex X (informative) Cross-references for references to the prior revision of this document		151
Bibliography		155
Figure 1	Hierarchical system of specifications	10
Figure 2	Voltage and dissipation on a resistor below and above its critical resistance	14
Figure 3	Standard measurement points on a leaded resistor	36
Figure 4	Standard measurement points on an SMD resistor	36
Figure 5	Measurement points on an assembled SMD resistor	37
Figure 6	Permissible resistance range due to tolerance	38
Figure 7	Permissible resistance range due to tolerance and TCR	39
Figure 8	Variation of resistance with temperature (example)	39
Figure 9	Test circuit for measurement of the inductance	43
Figure 10	Exponential voltage rise caused by inductance	44
Figure 11	Standard derating curve for the rated dissipation P_{70}	49
Figure 12	Derating curve with specification of a suitable test dissipation	53
Figure 13	Derating curve without specification of a suitable test dissipation	53
Figure 14	Derating curve for $UCT \geq MET$	57
Figure 15	Derating curve for $UCT < MET$	57
Figure 16	Parameters of an open-circuit lightning impulse voltage	62
Figure 17	Circuit for generation of 1,2/50 pulses	63
Figure 18	Circuit for generation of 10/700 pulses	64
Figure 19	Testing of resistor body robustness	75
Figure 20	Shear test for SMD resistors	80
Figure 21	Substrate bending test for SMD resistors	82
Figure 22	V-block fixture	110
Figure 23	Foil method applied to a resistor specimen	111
Figure 24	Mounting method applied to a resistor specimen	111
Figure 25	Parallel clamp fixture for rectangular SMD resistors	112
Figure 26	V-clamp test fixture for cylindrical SMD resistors	113
Figure 27	Gauze fixture for axial cylindrical specimens	117
Figure 28	Gauze fixture dimensions for cylindrical specimens	118
Figure 29	Gauze fixture dimensions for non-cylindrical specimens	119
Table 1	Reference atmospheric conditions	30
Table 2	Referee atmospheric conditions	31
Table 3	Standard atmospheric conditions for testing	31
Table 4	Controlled atmospheric conditions for recovery	32
Table 5	Default tolerances on temperature specifications	32

Table 6 – Default tolerances on voltage specifications	32
Table 7 – Default tolerances on duration specifications	33
Table 8 – Specimen drying procedures	33
Table 9 – Voltages for resistance measurement	35
Table 10 – Sequence of temperatures and measurements	40
Table 11 – Severities for the single-pulse high-voltage overload test	65
Table 12 – Severities for the periodic-pulse high-voltage overload test	68
Table 13 – Tensile test force for wire terminations	76
Table 14 – Test torque for threaded studs, screws and integral mounting devices	78
Table 15 – Recommended parameters for the substrate bending test	81
Table 16 – Recommended parameters for the bump test	84
Table 17 – Recommended parameters for the shock test	85
Table 18 – Recommended parameters for the vibration test	86
Table 19 – Recommended parameters for the rapid change of temperature test	88
Table 20 – Number of additional damp heat cycles	91
Table 21 – Severity parameters for the damp heat, steady state test	93
Table 22 – Bias voltage for the damp heat, steady state test	94
Table 23 – Severity parameters for the accelerated damp heat, steady state test	96
Table 24 – Grouped DC bias voltages for < 25 % deviation	97
Table 25 – Recommended parameters for the corrosion test	98
Table 26 – Test methods and parameters for the whisker growth test	100
Table 27 – Selection of accelerated ageing methods of IEC 60068-2-20	101
Table 28 – Process temperatures for selected solder alloy examples	102
Table 29 – Solderability test parameters for SMD resistors	103
Table 30 – Solderability test parameters for resistors with wire or tag terminations	104
Table 31 – Resistance to soldering heat test parameters for SMD resistors	106
Table 32 – RSH test parameters for resistors with wire or tag terminations	106
Table 33 – Recommended parameters for the solvent resistance test	109
Table 34 – Insulation resistance measuring voltage	114
Table 35 – Recommended parameters for the accidental overload test	120
Table R.1 – Requirements for the qualification of a failure rate level	145
Table R.2 – Requirements for the maintenance of a failure rate level qualification	147
Table R.3 – Environmental factor π_E for determination of the component failure rate	150
Table R.4 – Quality factor π_Q for determination of the component failure rate	150
Table X.1 – Cross-references for references to clauses (1 of 3)	151
Table X.2 – Cross-references for references to figures	153
Table X.3 – Cross reference for references to tables	154

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FIXED RESISTORS FOR USE IN ELECTRONIC EQUIPMENT –

Part 1: Generic specification

FOREWORD

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

International Standard IEC 60115-1 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 2008. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) this 5th edition employs a new document structure, where the tests of prior Clause 4 are given in Clauses 6 to 12 now, with an informative Annex X providing cross-references for references to the prior revision of this standard;
- b) the terms and definitions have been revised and amended, supplemented by a new section on resistor technologies and a new section on product classification levels;
- c) a new Subclause 4.7 on recommendations for permissible substitutions has been added;

- d) the provisions for packaging, storage and transportation in Subclauses 4.8, 4.9 and 4.10 have been completely revised;
- e) a new Subclause 5.3 on default tolerances for the most common test parameters has been added;
- f) the generic method of measuring resistance, now Subclause 5.6, has been separated from the test for compliance with a prescribed resistance value in 6.1, as a revision of the prior 4.5;
- g) the test for the temperature coefficient of resistance of Subclause 6.2 is a revision of the prior test 4.8, variation of resistance with temperature, where the special concessions for resistors below 10 Ω have been waived;
- h) the test methods for endurance testing of Subclauses 7.1 to 7.3 (prior 4.25.1 to 4.25.3) have been completely revised;
- i) the single-pulse high-voltage overload test of Subclause 8.2 (prior 4.27) has been completely revised, and now offers adjustable severities for the 1,2/50 and for the 10/700 pulse shape for the benefit of detail specifications with improved significance;
- j) the periodic-pulse high-voltage overload test of Subclause 8.3 (prior 4.28) has been revised and a corrected table of severities provided;
- k) the period-pulse overload test of Subclause 8.4 (prior 4.39) has been deprecated and streamlined to only offer the severity historically applied in subordinate specifications;
- l) the Subclauses 9.1 on visual inspection, 9.2 on the gauging of dimensions, and 9.3 on the assessment of detail dimensions (all parts of prior 4.4) have been completely revised;
- m) the tests for robustness of terminations (prior 4.16) have been revised and separated into tests for the robustness of solderable terminations, Subclause 9.5, and tests for the robustness of threaded stud or screw terminations, Subclause 9.6;
- n) the bump test of Subclause 9.9 (prior 4.20) and the shock test of Subclause 9.10 (prior 4.21) have been revised to reflect the merged relevant test standard IEC 60068-2-29;
- o) the dry heat and cold test of the climatic sequence of Subclause 10.3 (prior 4.23) have been revised to reflect the changes of the relevant test standards IEC 60068-2-2 and IEC 60068-2-1;
- p) the accelerated damp heat, steady state test of Subclause 10.5 (prior 4.37) has been amended with an option for a reduced number of bias voltages;
- q) the corrosion test of Subclause 10.6 has been completely revised in order to employ the better suitable test method of IEC 60068-2-52 instead of the prior used IEC 60068-2-11;
- r) the whisker growth test of Subclause 10.7 has been revised to reflect the changes of the new revision of the test methods of IEC 60068-2-82;
- s) the test methods for solderability of Subclause 11.1 (prior 4.17) and for resistance to soldering heat of Subclause 11.2 (prior 4.18) have been completely revised to incorporate the necessary option for the variety of lead-bearing and lead-free solder alloys and respective process conditions;
- t) the solvent resistance test of Subclause 11.3 combines the prior tests 4.29, component solvent resistance, and 4.30, solvent resistance of marking, in one test;
- u) the accidental overload test of Subclause 12.3 (prior 4.26) has been completely revised;
- v) the Annex Q on quality assessment procedures has been completely revised;
- w) a new Annex R on failure rate evaluation, determination and qualification has been added.

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

FDIS	Report on voting
40/2717/FDIS	40/2733/RVD

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

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

A list of all parts of the IEC 60115 series, under the general title *Fixed resistors for use in electronic equipment*, can be found on the IEC website.

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60115-1:2020

INTRODUCTION

The specification system for fixed resistors for use in electronic equipment is structured in a hierarchical system as shown in Figure 1, consisting of the following specification types.

Generic specification

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

For the scope of fixed resistors, the numeric reference to the generic specification is IEC 60115-1.

Sectional specification

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

For the scope of fixed resistors, the numeric references to the sectional specifications reach from IEC 60115-2 for leaded fixed low power film resistors to currently IEC 60115-9 for fixed surface mount resistor networks with individually measurable resistors. The variety of sectional specifications may be adapted to the portfolio of different technologies of fixed resistors.

Detail specification

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

Detail specifications can be either specifications within the IEC system, another specification system linked to IEC, or specified by the manufacturer or user. For the scope of fixed resistors, the numeric references to detail specifications are e.g. IEC 60115-2-101; if related to the sectional specification, IEC 60115-2; and if related to the ancillary blank detail specification, IEC 60115-2-1.

Blank detail specification

The hierarchical system of specifications is supplemented by one or more blank detail specification to a sectional specification, which are used to ensure a uniform presentation of detail specifications. The blank detail specifications provide the specification writer with a template on the layout to be adopted and on the information to be given and with guidance for the preparation of detail specifications in line with the requirements of the superior generic or sectional specifications. Blank detail specifications are not considered as relevant specifications since they do not themselves describe any particular component.

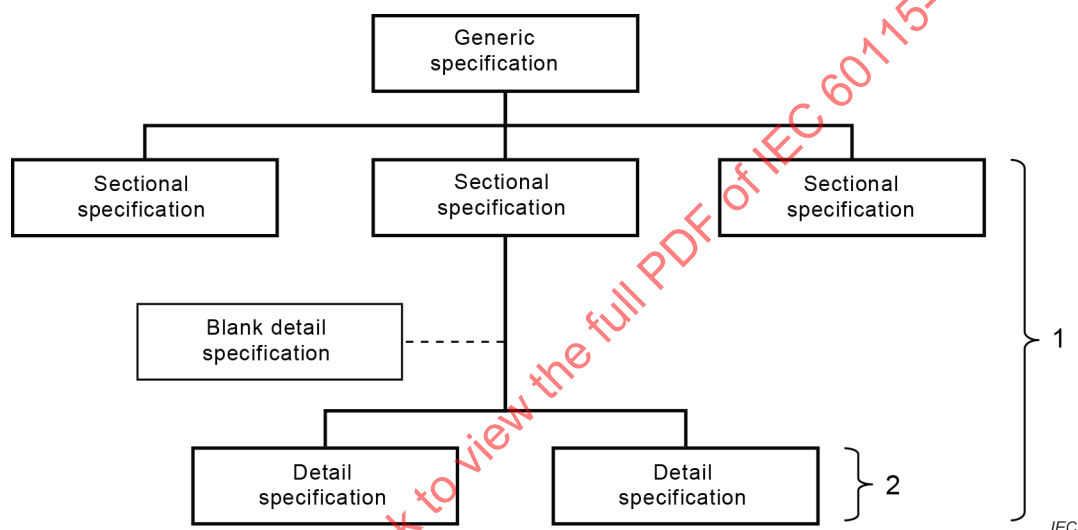
The presence of an established hierarchical specification system with blank detail specifications permits the preparation of detail specifications even outside of the relevant IEC technical committee.

For the scope of fixed resistors, the numeric references to blank detail specifications are e.g. IEC 60115-2-1: if related to the sectional specification, IEC 60115-2.

Relevant specification

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

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



Key

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

Figure 1 – Hierarchical system of specifications

FIXED RESISTORS FOR USE IN ELECTRONIC EQUIPMENT –

Part 1: Generic specification

1 Scope

This part of IEC 60115 is a generic specification and is applicable to fixed resistors for use in electronic equipment.

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

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

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

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)* (available at www.electropedia.org)

IEC 60062, *Marking codes for resistors and capacitors*

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

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

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

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

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

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

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

IEC 60068-2-20:2008, *Environmental testing – Part 2-20: Tests – Test T: Test methods for solderability and resistance to soldering heat of devices with leads*

IEC 60068-2-21:2006, *Environmental testing – Part 2-21: Tests – Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices*

IEC 60068-2-27:2008, *Environmental testing – Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock*

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

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

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

IEC 60068-2-52, *Environmental testing – Part 2-52: Tests – Test Kb: Salt mist, cyclic (sodium chloride solution)*

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

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

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

IEC 60068-2-82:2019, *Environmental testing – Part 2-82: Tests – Test XW1: Whisker test methods for components and parts used in electronic assemblies*

IEC 60195:2016, *Method of measurement of current noise generated in fixed resistors*

IEC 60286 (all parts), *Packaging of components for automatic handling*

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

IEC 60440:2012, *Method of measurement of non-linearity in resistors*

IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams* (available at <http://www.graphical-symbols.info/equipment>)

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

IEC 61191 (all parts), *Printed board assemblies*

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

IEC 61340-3-1, *Electrostatics – Part 3-1: Methods for simulation of electrostatic effects – Human body model (HBM) electrostatic discharge test waveforms*

IEC 61760-1, *Surface mounting technology – Part 1: Standard method for the specification of surface mounting components (SMDs)*

IEC 61760-2, *Surface mounting technology – Part 2: Transportation and storage conditions of surface mounting devices (SMD) – Application guide*

IEC 62090, *Product package labels for electronic components using bar code and two-dimensional symbologies*

IEC 62812:2019, *Low resistance measurements – Methods and guidance*

IEC 80000 (all parts), *Quantities and units*

IECQ 03-1:2018, *IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ System) – Rules of procedure – Part 1: General Requirements for all IECQ Schemes*

ISO 80000 (all parts), *Quantities and units*

3 Terms, definitions, product technologies and product classifications

NOTE A list of used symbols and abbreviated terms is provided in Annex A.

3.1 Terms and definitions

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

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

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

NOTE The numbering of the terms is not a suitable way to refer to terms and their definitions because the numbering could change whenever a term is deleted, or a new term is inserted in its correct place in alphabetical order.

3.1.1

category dissipation

fraction of the rated dissipation exactly defined by the relevant specification, applicable at the upper category temperature, taking into account the derating curve prescribed by the relevant specification

Note 1 to entry: For resistors, the category dissipation is zero, where the upper category temperature is the maximum element temperature.

Note 2 to entry: Related terminology: rated dissipation, upper category temperature, derating curve.

3.1.2

category temperature range

range of ambient temperatures, for which the resistor has been designed to operate continuously, given by the lower and upper category temperature

Note 1 to entry: Related terminology: lower category temperature, upper category temperature.

3.1.3

critical resistance

R_{crit}

resistance value, at which a specimen is concurrently loaded with the limiting element voltage U_{max} and the rated dissipation P_r , and which is determined by the equation

$$R_{crit} = \frac{U_{max}^2}{P_r}$$

Note 1 to entry: Specimens with a resistance $R < R_{crit}$ and loaded with the rated dissipation P_r , are subjected to a voltage $U < U_{max}$, while specimens with a resistance $R > R_{crit}$ and subjected to the limiting element voltage U_{max} , are loaded with a dissipation $P < P_r$ (see Figure 2).

For consideration of the rated dissipation, the ambient temperature and the derating curve need to be considered.

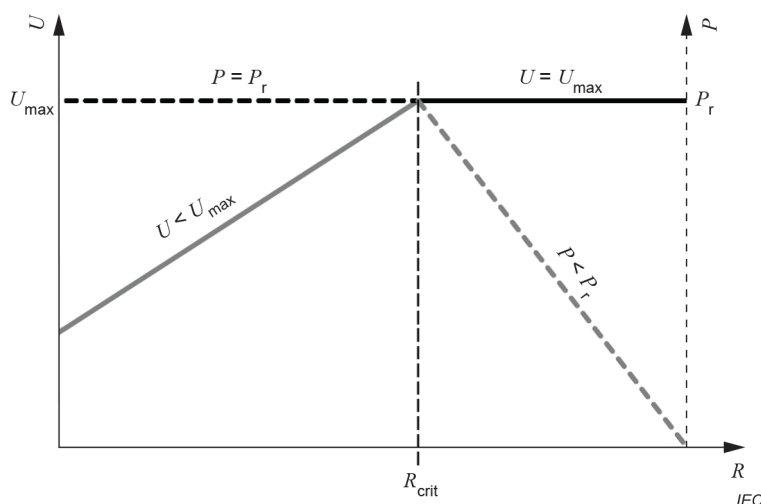


Figure 2 – Voltage and dissipation on a resistor below and above its critical resistance

Note 2 to entry: Related terminology: rated voltage, limiting element voltage.

3.1.4 derating curve

curve that shows the maximum allowable dissipation at ambient temperatures between the upper and lower category temperatures

Note 1 to entry: In the range between lower category temperature and rated temperature, it shows the rated dissipation, and between rated temperature and maximum element temperature, it shows a linear slope down to zero dissipation at the maximum element temperature. The slope depends on the thermal properties of the resistor, i.e. its capability to dissipate the heat to the environment.

Note 2 to entry: Related terminology: rated dissipation, rated temperature, maximum element temperature.

3.1.5 failure rate level

proven minimum reliability, established for a given statistical confidence level on the basis of accumulated non-conforming units from endurance testing under specified operating conditions

Note 1 to entry: Related terminology: non-conformance, non-conforming unit.

3.1.6 heat-sink resistor

resistor type designed for mounting on a separate heat-sink

Note 1 to entry: Related terminology: rated dissipation.

3.1.7 insulated resistor

resistor that is declared as being insulated by the relevant specification, which in order to support this has a specified insulating voltage and insulation resistance, and which is assessed for these properties with the suitable tests of this specification

Note 1 to entry: The mere existence of a protection of the resistive element, e.g. by means of a lacquer coating, does not constitute an insulation unless the insulating properties have been assessed properly.

Note 2 to entry: Typical tests for the assessment of insulation properties are endurance, climatic sequence and damp heat steady state tests.

Note 3 to entry: Related terminology: insulation resistance, insulation voltage.

3.1.8**insulation resistance** R_{ins}

resistance of the encapsulation of the insulated resistor measured between the resistor terminations connected together and any conducting mounting surface

Note 1 to entry: Related terminology: insulated resistor, insulation voltage.

3.1.9**insulation voltage** U_{ins}

maximum DC voltage or AC voltage peak value that can be applied under continuous operating conditions between the resistor terminations and any conducting mounting surface

Note 1 to entry: Related terminology: insulation resistance, insulated resistor.

3.1.10**laboratory temperature**

actual room temperature of the laboratory in which the particular test or measurement is executed, which is in the range defined as standard atmospheric conditions for testing

Note 1 to entry: Standard atmospheric conditions for testing are prescribed by IEC 60068-1 and cited for the convenience of the reader in 5.2.3. The prescription includes a permissible temperature range of 15 °C to 35 °C.

3.1.11**limiting element voltage** U_{max}

maximum DC or AC RMS voltage that can be continuously applied to the terminations of a resistor (generally dependent upon size and manufacturing technology of the resistor)

Note 1 to entry: Where the term "AC RMS voltage" is used in this document, the peak voltage does not exceed 1,42 times the RMS value.

Note 2 to entry: This voltage can only be applied to resistors if the resistance value is equal to or higher than the critical resistance value.

Note 3 to entry: Related terminology: rated voltage, critical resistance.

3.1.12**lower category temperature****LCT**

minimum ambient temperature at which a resistor has been designed to operate continuously

Note 1 to entry: Related terminology: upper category temperature, category temperature range.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.13**low-power resistor**

resistor that, when loaded with its rated dissipation at the rated temperature, without any accessory supporting dissipation and subjected to natural convection only, maintains a maximum element temperature of 200 °C or less

Note 1 to entry: The rated dissipation of low-power resistors typically does not exceed 3 W.

Note 2 to entry: The limitation of the applicable temperature range permits the upper category temperature to be at least the maximum element temperature ($MET \geq UCT$), which permits environmental testing to cover the whole applicable temperature range.

Note 3 to entry: Related terminology: power resistor, heat-sink resistor.

3.1.14

low resistance

resistance for which the predictable error when measured with a conventional two-wire sensing method is significant in comparison to the required precision or to the stated tolerance

Note 1 to entry: Related terminology: precision resistor

[SOURCE: IEC 62812:2019, 3.3, modified – Note 1 to entry has been added.]

3.1.15

maximum element temperature

MET

maximum permissible temperature at any point on or within the resistor, under any permissible operating condition

Note 1 to entry: The sum of the rated temperature and the temperature rise generated by the rated dissipation typically does not exceed the maximum element temperature. For any ambient temperature above the rated temperature, the sum of the rated temperature and the temperature rise generated by the permissible dissipation as specified by the derating curve typically does not exceed the maximum element temperature.

Note 2 to entry: Related terminology: maximum surface temperature.

Note 3 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.16

maximum surface temperature

maximum temperature permitted on the surface for any resistor of that type, if operated continuously at rated dissipation at an ambient temperature of 70 °C

Note 1 to entry: The maximum surface temperature is also known as "hot spot temperature", reflecting the typically limited spread of the affected area.

Note 2 to entry: Related terminology: maximum element temperature.

3.1.17

nominal resistance

R_n

designated resistance value, usually indicated on the resistor

Note 1 to entry: Values of nominal resistance are typically selected from a suitable E series as defined in IEC 60063.

Note 2 to entry: Related terminology: rated resistance, tolerance.

3.1.18

non-conformance

characteristic or attribute of a product that does not conform to the specified requirement

Note 1 to entry: Related terminology: non-conforming unit, failure rate level.

3.1.19

non-conforming unit

unit of product showing one or more non-conformances

Note 1 to entry: Related terminology: non-conformance, failure rate level.

3.1.20

power resistor

resistor which, when loaded with its rated dissipation at the rated temperature, without any accessory supporting dissipation and subjected to natural convection only, maintains a maximum element temperature in excess of 200 °C

Note 1 to entry: The typical rated dissipation of power resistors is in a range of 1 W to 1 000 W.

Note 2 to entry: The use of applicable temperature above 200 °C leads for practical reasons to a necessary limitation of the upper category temperature to 200 °C, which results in MET > UCT.

Note 3 to entry: Related terminology: low power resistor, heat-sink resistor.

3.1.21

precision resistor

resistor that is specified with a tighter tolerance on its nominal resistance and/or a lower temperature coefficient of resistance compared to typical standard tolerance and TCR of resistors made with the same product technology, and which in its prescribed testing meets tighter stability requirements than what is usually met by resistor made with the same product technology

Note 1 to entry: The classification of a resistor being a precision resistor depends on the product type and technology, and even on a general trend over time. Current examples for precision resistors are wirewound power resistors with a tolerance of 1 %, or low power film resistors with a TCR of $25 \times 10^{-6}/\text{K}$ and a tolerance of 0,1 %, or a metal foil resistor with a resistance lower than 10 mΩ, a TCR of $50 \times 10^{-6}/\text{K}$ and a tolerance of 1 %.

Note 2 to entry: Related terminology: low resistance, stability class, temperature coefficient of resistance, tolerance on rated resistance.

3.1.22

rated dissipation

P_r

<general> maximum permissible dissipation at a rated temperature under the conditions of an endurance test and of the respective acceptance criteria

Note 1 to entry: If the rated dissipation depends on special means supporting the flow of the dissipated heat to the environment, for example, special circuit board material, special conductor dimensions, heat-sink, such means have to be identified wherever the rated dissipation is mentioned.

Note 2 to entry: Related terminology: rated temperature, rated voltage.

3.1.23

rated dissipation at 70 °C

P_{70}

<general> maximum permissible dissipation at an ambient temperature of 70 °C under the conditions of the test "endurance at the rated temperature 70 °C" and of the respective acceptance criteria

Note 1 to entry: If the rated dissipation depends on special means supporting the flow of the dissipated heat to the environment, for example, special circuit board material, special conductor dimensions, heat-sink, such means have to be identified wherever the rated dissipation is mentioned.

Note 2 to entry: Related terminology: rated temperature, rated voltage.

3.1.24

rated dissipation at 25 °C

P_{25}

<heat-sink resistors> maximum permissible dissipation at an ambient temperature of 25 °C, with the specimen being mounted on a reference heat-sink, under the conditions of the test "endurance at room temperature" and of the respective acceptance criteria

Note 1 to entry: Related terminology: heat-sink resistor, rated temperature, rated voltage.

3.1.25

rated dissipation at 25 °C

P_{25}

<power resistors> maximum permissible dissipation at an ambient temperature of 25 °C under the conditions of the test "endurance at room temperature" and of the respective acceptance criteria

Note 1 to entry: If the rated dissipation depends on special means supporting the flow of the dissipated heat to the environment, for example, special circuit board material, special conductor dimensions, or a heat-sink, such means shall be identified wherever the rated dissipation is mentioned.

Note 2 to entry: Related terminology: power resistor, rated temperature, rated voltage.

3.1.26

rated resistance

R_r

resistance value for which the resistor has been designed, and which is generally used for the denomination of the resistor

Note 1 to entry: The definition of rated resistance, R_r , is identical to the definition of nominal resistance, R_n , given above. Therefore the nominal resistance R_n can be applied in all cases where a rated resistance R_r is called for, e.g. in a quality assessment system.

Note 2 to entry: Related terminology: nominal resistance, tolerance.

3.1.27

rated temperature

ϑ_r

maximum ambient temperature at which the rated dissipation can be applied continuously under the conditions of the endurance test prescribed for this temperature, which has a value of 70 °C, unless otherwise prescribed by the relevant sectional specification

Note 1 to entry: Related terminology: Rated dissipation.

3.1.28

rated voltage

U_r

DC or AC RMS voltage determined by the rated dissipation P_r and the nominal resistance R_n with the equation

$$U_r = \sqrt{P_r \times R_n}$$

Note 1 to entry: Resulting from the "limiting element voltage", the rated voltage will probably not be applicable to high resistance specimens due to the size and the construction of the resistor.

Note 2 to entry: Related terminology: rated dissipation, limiting element voltage.

3.1.29

resistor array

configuration of a number of resistors on the same substrate or in the same package or encapsulation, where the individual resistors are not electrically connected

Note 1 to entry: Related terminology: resistor network.

3.1.30

resistor network

configuration of a number of resistors on the same substrate or in the same package or encapsulation, where the individual resistors are electrically connected

Note 1 to entry: Related terminology: resistor array.

3.1.31

stability class

predefined set of stability requirements, i.e. specific limits of permissible resistance change assigned to individual tests

Note 1 to entry: The term "stability class" is used only in combination with a plain number representing the typical stability requirement for long-term tests, for example, endurance at upper category temperature or 1 000 h endurance at 70 °C. Stability requirements for short-term tests will typically be lower than indicated by the stability class number.

3.1.32**style**

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

Note 1 to entry: Related terminology: type.

3.1.33**surface-mount resistor**

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

Note 1 to entry: Related terminology: type, style.

3.1.34**temperature coefficient of resistance****TCR** α

reversible relative variation of resistance between two given temperatures divided by the difference in the temperature producing it

Note 1 to entry: It should be noted that the term expresses a maximum relative resistance variation within a given temperature range, hence the use of the term does not imply any degree of linearity for this function, nor should any be assumed.

Note 2 to entry: The temperature coefficient of resistance is usually determined between the reference temperature and the category temperatures, LCT and UCT, respectively, for which the larger of the two determined coefficients is expressed as the result.

Note 3 to entry: Related terminology: variation of resistance with temperature.

Note 4 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.35**temperature rise** $\Delta \vartheta$

increase of temperature on or within a resistor generated by the application of a dissipation and depending on the thermal properties of the resistor, i.e. its capability to abduct the dissipation to the environment.

3.1.36**tolerance****tolerance on nominal resistance** ΔR_n

permissible relative deviation of the actual resistance R at 20 °C from the nominal resistance R_n at 20 °C at the moment of delivery from the manufacturer

Note 1 to entry: Tolerance on nominal resistance does not account for any change of resistance occurring after delivery from the manufacturer and particularly does not describe any budget for changes the resistor naturally will accumulate under the influence of electrical, environmental and other stresses experienced in its application.

Note 2 to entry: Related terminology: nominal resistance.

3.1.37**type**

group of components having similar design features and manufacturing techniques, which are generally covered by a single detail specification, and therefore can be considered together either for qualification approval or for quality conformance inspection

Note 1 to entry: Components described by several detail specifications could, in some cases, be considered as belonging to the same type and may therefore be grouped for quality assessment purposes.

Note 2 to entry: Mounting accessories are ignored, provided they have no significant effect on the test results.

Note 3 to entry: Related terminology: style.

3.1.38

upper category temperature

UCT

maximum ambient temperature at which a resistor has been designed to operate continuously at that portion of the rated dissipation indicated in the category dissipation

Note 1 to entry: For resistors with a linear derating down to zero category dissipation, the upper category temperature is equal to the maximum element temperature.

Note 2 to entry: Related terminology: lower category temperature, category temperature range.

Note 3 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.39

variation of resistance with temperature

reversible change of resistance due to the temperature deviating from reference conditions, usually described by means of the temperature coefficient of resistance

Note 1 to entry: Related terminology: temperature coefficient of resistance.

3.1.40

visible damage

damage, perceptible with suitable magnification, which is likely to affect the usability of the component for its intended purpose

3.1.41

voltage coefficient of resistance

VCR

reversible relative variation of resistance between two given applied voltages divided by the difference of the voltages producing it

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.2 Product technologies

3.2.1 General remark on resistor technologies

The definitions in this clause are given for informative purpose and should not be used in any normative way. The details of these definitions are given based on current understanding, however, without any claim to be complete.

The definitions intend to provide the reader with a guidance on the variety of technologies used for the making of resistors, and to aid their identification. The relevant specifications may supplement these definitions with further details, and may also prescribe the use of coding letters, where appropriate.

The relevant specification shall describe the resistors of the respective technology in a suitable way to identify the related properties and advise on the suitable applications.

3.2.2 Metal film technology

The resistive element of a metal film resistor is a thin and homogeneous layer of a metal alloy, deposited on a ceramic core or substrate. Typical examples for such metal alloys are nickel chrome in various compositions and complexities, or tantalum nitride, which are typically deposited by sputtering or by evaporation. Another example is the chemical deposition of a layer, e.g. electroless Nickel. The typical thickness of a sputtered metal film layer is in the range of 50 nm to 4 µm, whereas the typical thickness of a chemical deposited layer is in the range of 2 µm to 10 µm.

Metal film technology permits achievement of specific levels of temperature stability by choice of material and variation of processing.

Metal film resistors may be designed and manufactured for precision and stability, or for high power dissipation.

If coding of the resistor technology is required, e.g. by a relevant specification, the character M should preferably be used to identify the metal film technology.

NOTE A common alternative designation for metal film is thin film, which is mainly used if this technology is employed for surface-mount resistors.

3.2.3 Metal glaze technology

The resistive element of a metal glaze resistor is a thick and heterogeneous layer of a glaze, deposited on a ceramic core or substrate. The glaze is typically filled with ruthenium oxide (noble metal) or with tantalum nitride (non-noble metal) and deposited by coating a cylindrical core, or by printing on a flat substrate. The typical thickness of a metal glaze layer is in the range of 3 µm to 20 µm.

Metal glaze technology permits the obtainment of several specific levels of temperature stability, mainly by choice of material.

Metal glaze resistors may be designed and manufactured for general purpose or for special applications. If designed for high power dissipation, special ceramic or metallic substrates may be applied.

If coding of the resistor technology is required, e.g. by a relevant specification, the character G should preferably be used to identify the metal glaze technology.

NOTE A common alternative designation for metal glaze is "thick film", which is mainly used if this technology is employed for surface-mount resistors.

3.2.4 Metal oxide technology

The resistive element of a metal oxide resistor is typically a layer of tin oxide with an addition of antimony, possibly stabilized in a glaze.

Metal oxide technology permits the obtainment of several specific levels of limited temperature stability.

If coding of the resistor technology is required, e.g. by a relevant specification, the character X should preferably be used to identify the metal oxide technology.

3.2.5 Carbon film technology

The resistive element of a carbon film resistor is a homogeneous layer of carbon, deposited by pyrolytic fractioning on a ceramic core or substrate.

The temperature stability of carbon film resistors typically shows a decrease of resistance with increasing temperature, the rate of which typically depends on the actual resistance.

If coding of the resistor technology is required, e.g. by a relevant specification, the character C should preferably be used to identify the carbon film technology.

3.2.6 Carbon composition technology

The resistive element of a carbon composition resistor is a solid rod, made from a mixture of carbon particles with a non-conductive constituent (e.g. ceramic dust) and a binding agent, (e.g. a resin). The resistance of such rod is controlled by the mixture of the composition. Termination lead wires are either axially inserted or fitted with metal caps to both ends of the rod.

NOTE 1 Carbon composition resistors have had their prime in the early days of the electronics industry and substantially faded from the market since the introduction of surface mount technology. Currently, only a limited number of manufacturers maintain a narrow product portfolio.

The temperature stability of carbon composition resistors typically shows a significant decrease of resistance with increasing temperature. The prime benefit of carbon composition resistors is the outstanding level of surge capability.

NOTE 2 There is another type of resistor also designated as carbon composition resistors, which has been made by applying a thick layer of a carbon composition on the outer surface of a fibreglass tube. Naturally, such a film resistor would not have been capable of meeting the same level of surge capability as a genuine carbon composition bulk resistor was recognized for.

If coding of the resistor technology is required, e.g. by a relevant specification, the character B should preferably be used to identify the carbon composition technology.

3.2.7 Ceramic composition technology

The resistive element of a ceramic composition resistor is a solid rod, made from semiconductive ceramics.

The temperature stability of ceramic composition resistors typically shows a significant decrease of resistance with increasing temperature. The prime benefit of ceramic composition resistors is the outstanding level of surge capability.

If coding of the resistor technology is required, e.g. by a relevant specification, the character K should preferably be used to identify the ceramic composition technology.

3.2.8 Wirewound technology

The resistive element of a wirewound resistor is a wire or flat ribbon of a selected resistive alloy, wound around a cylindrical core, e.g. a ceramic rod or tube, or a strand of glass fibres. The winding is fixed and coated with a cement or vitreous enamel.

The temperature stability of wirewound resistors is determined by the alloy of the applied wire or ribbon. On low resistance wirewound resistors with lead wires, the additional resistance and temperature stability of these wires may need to be taken into account.

Special types of wirewound resistors designed for the dissipation of high power are inserted into a ceramic housing or fitted inside a metal case designed to be assembled to a heatsink.

If coding of the resistor technology is required, e.g. by a relevant specification, the character W should preferably be used to identify the wirewound technology.

3.2.9 Metal foil technology

The resistive element of a metal foil resistor is a structured thin foil of a selected metal alloy, firmly attached to a substrate of ceramic, or of a high-temperature polymer. The resistive element and its substrate is typically covered by a moulding compound.

The temperature stability of metal foil resistors is determined by the alloy of the applied foil, and by the thermal expansion of the foil on its substrate. On low-resistance metal foil resistors, the additional resistance and temperature stability of the lead wire or termination material can need to be taken into account.

If coding of the resistor technology is required, e.g. by a relevant specification, the character F should preferably be used to identify the metal foil technology.

3.2.10 Metal strip technology

The resistive element of metal strip resistors is a bar or strip of a selected metal alloy, typically welded to lead wires or bars or strips of highly conductive metal, e.g. copper, serving as terminations. The complete resistive element is typically applied either naked or housed in a ceramic case, depending on the intended level of power dissipation.

Metal strip resistors are predominantly used with very low resistance, hence their temperature stability is determined by the combination of the applied alloy and of the termination material, if present.

If coding of the resistor technology is required, e.g. by a relevant specification, character S should preferably be used to identify the metal strip technology.

3.3 Resistor encapsulations

3.3.1 General

Resistors are made in a variety of encapsulations and housings, whose prime function is to provide a suitable protection against mechanical, electrical and climatic influences.

Some encapsulations are predominantly conformal to the original shape of the resistor and therefore are typically designated as conformal coating.

The mere existence of an encapsulation or coating shall however not be considered as a qualified protection against any possible influence, as the protection against detrimental influences requires qualification for each considered risk with suitable tests and requirements. The choice of suitable tests and of test severities may depend on the encapsulation or housing used for the making of specific resistors, hence the following descriptions can serve as a suitable means for identification and referencing.

Some types of resistor encapsulations can be provided with special interfaces for attachment to a supporting surface, or with special design features supporting the use of mounting accessories. Such special features shall be properly described in the respective relevant specification.

3.3.2 Conformal powder coating

Another denomination for a conformal powder coating used in the market is powder coating, or fluid bed powder coating, or epoxy coating.

A powder coating encapsulation of a resistor is produced by application and fusing of a layer of a thermoplastic or thermoset polymer powder, typically without using any solvents in the process.

3.3.3 Conformal lacquer coating

Other denominations for a conformal lacquer coating used in the market are conformal coating, conformal silicone coating, or conformal epoxy coating.

A conformal lacquer coating encapsulation of a resistor is produced by application of one or more layers of lacquer and its proper curing at high temperature in order to evaporate any solvents used in the process. Such lacquer coating predominantly is conformal to the original shape of the resistor.

3.3.4 Conformal silicone coating

Other denominations for a silicone cement coating used in the market are cement coating, or high-temperature cement coating.

A silicone cement coating encapsulation of a resistor is produced by application of one or more layers of silicone cement and its proper curing, and is approximately conformal to the original shape of the resistor.

Silicone cement coating typically withstands a higher temperature than standard lacquer coating. The determination of a silicone coating to be flammable or non-flammable depends on the applied type of silicone cement, which likely also affects other properties of the coated resistor.

3.3.5 Enamel coating

Other denominations for an enamel coating used in the market are vitreous coating, or vitreous enamel coating.

An enamel coating is a vitreous encapsulation of a resistor, which is produced by application and vitrification of several layers of aqueous frit, and which is approximately conformal to the original shape of the resistor.

This coating is used when very high surface temperatures are requested or when very special environmental withstanding like resistance to solvents or humidity is requested.

Resistors with enamel coating are non-flammable by construction.

Enamel-coated resistors withstand higher temperatures than silicone lacquered ones.

3.3.6 Moulded body

A moulded body is an encapsulation of a resistor in a designed shape, which is produced by injection of the constituents of a thermoplastic or thermoset polymer into a mould around the resistor and its proper curing.

The moulding is used when particularly stable dimensions, or a special level of robustness against environmental impacts is required, e.g. resistance to solvents or to humidity.

3.3.7 Ceramic housed resistor

A ceramic housed resistor is a resistor potted into a fireproof ceramic housing by means of an inorganic compound like an aqueous viscous cement, or fixed by sand or alumina with a silicone.

The ceramic housing withstands very high temperatures, above the limits for silicone coatings, and is non-flammable by design.

3.3.8 Metal housed resistor

A metal housed resistor is a resistor fixed by design by mica or potted into a fireproof metal housing by means of an inorganic compound, such as a highly viscous cement or a sand or alumina fixed with silicone.

Metal-housed resistors can withstand very high temperatures and are non-flammable by design.

3.4 Product classification

The introduction of a product classification permits the user to select performance requirements for the required resistors according to the conditions of the intended end-use application.

Three general end product levels have been established to reflect characteristic differences in functional, performance and reliability requirements and to permit the use of suitable inspection and test schedules. It should be recognized that there may be overlaps of applications between the levels.

Level G General electronic equipment, typically operated under benign or moderate environmental conditions, where the major requirement is function. Examples for level G include consumer products and telecommunication user terminals.

Level P High-performance electronic equipment, where one or more of the following criteria applies:

- uninterrupted performance is desired or mandatory;
- operation in harsh environmental conditions;
- extended lifetime.

Examples for level P include professional equipment, telecommunication transmission systems, industrial control and measurement systems and most automotive applications operated outside the passenger compartment.

Level R High-performance and high-reliable electronic equipment, where the requirement for established reliability and for an approved failure rate level applies in addition to the criteria of Level P.

Examples for Level R include military and defence equipment, avionics and aerospace applications.

Resistors categorized as Level R are provided with an assessed failure rate level, see Annex R of this specification.

Each level shall be used in individual detail specifications, except for Level P and Level R, which may be used in combined detail specifications.

NOTE The product classification introduced here aims to permit a variation of the tests contained in inspection schedules in line with the relevant application requirements.

It is not to be confused with the formerly used variation of assessment levels, which predominantly determined the permissible fraction of specimens failing to meet the requirements under prescribed tests. Such general permission of failures is no longer considered acceptable, and therefore only the single assessment level EZ is applied with all test schedules, permitting no failure in any prescribed test.

4 General requirements

4.1 Units and symbols

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

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

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

4.2 Preferred values

4.2.1 General

Each sectional specification shall prescribe the preferred values appropriate to the group of products covered therein.

4.2.2 Preferred values of nominal resistance

The preferred values of nominal resistance shall be taken from a suitable E series as specified in IEC 60063.

4.3 Coding

If coding is used for resistance value, tolerance, temperature coefficient or date of manufacture, the method shall be selected from those given in IEC 60062.

Coding is typically applied to the marking of resistors, but may also be suitable for the marking of packaging and for the building of product designations used e.g. for ordering or for database entries.

4.4 Marking of the resistors

Resistors should, wherever possible, be clearly marked with:

- a) nominal resistance;
- b) tolerance on nominal resistance;

Additionally, as many of the following items should be marked as is practicable, listed in the order of importance:

- c) temperature coefficient (if applicable);
- d) year and month (or week) of manufacture;
- e) number of the detail specification and style reference;
- f) manufacturer's name or trade mark;
- g) manufacturing batch or lot number.

Any duplication of information in the marking on the resistor should be avoided.

Surface-mount resistor styles, owing to their small dimensions, are not generally marked on the body. However, if some marking is applied to the body, the resistor shall as a minimum be marked with the nominal resistance.

Specific requirements shall be prescribed by the relevant specification.

4.5 Marking of the packaging

The package containing the single resistor or quantity of resistors shall be clearly marked, preferably showing all the following information:

- a) ordering designation, see 4.6;
- b) quantity;
- c) manufacturer's name or trade mark;
- d) date of manufacture, e.g. year and month or week;
- e) manufacturing batch or lot number and production site;
- f) country of origin.

Any additional marking shall be applied in a way that no confusion can arise.

A machine-readable graphical symbology, e.g. linear bar code or 2D matrix code may be used in addition to the human-readable alphanumeric information. The graphical symbology shall preferably comply with IEC 62090. The alphanumeric information shall be printed in a sufficiently large font size in order to support recognition by the naked eye.

4.6 Ordering designation

The relevant specification shall provide a scheme for the building of ordering designations for resistors according to that specification. Such a scheme shall consist of the following information:

- a) relevant specification;
- b) style;
- c) temperature coefficient (if applicable);
- d) nominal resistance;
- e) tolerance on nominal resistance;
- f) failure rate level (if applicable);
- g) special variant (if applicable).

The packaging is not a part of the formal ordering designation as it does not identify the particular resistor. Hence any packaging needs to be specified along with the ordering designation and thereafter may be modified in the acquisition process without affecting the choice of the designated resistor.

The ordering designation shall be suitable for being processed in IT systems. Therefore, considerations about the use of a fixed length for each information, about a suitable coding of information (e.g. in accordance with IEC 60062), about the avoidance of unnecessary characters (e.g. spaces), and about an acceptable total length of the designation shall be taken into account.

Specific requirements shall be prescribed by the relevant specification.

4.7 Permissible substitutions

4.7.1 General

The specification of some particular specification parameters does not represent a requirement for the exact given value to be met. Instead, it poses upper limits to those parameters, which shall not be exceeded by the ordered product.

A smaller limiting value for any such parameter tightens the acceptance window and thereby assures the products also comply with the original wider set limit. Therefore, unless formally excluded by a relevant specification, a specified value for any of those parameters covered by 4.7.2, 4.7.3 or 4.7.4 may be substituted by a lesser value.

This substitution is only applicable if the substitute product and the original designated product are variants of the same product family which do not differ in their design, technology, performance and reliability.

The application of any substitution is permissible, if agreed between the supplier and the user of the component.

4.7.2 Substitution of a required tolerance on nominal resistance

The specification of a particular tolerance on nominal resistance does not represent a requirement for an exact deviation to be met. Therefore, under the provisions of 4.7.1, a specified tolerance may be substituted by a superior tolerance, which is expressed by a lesser tolerance figure.

EXAMPLE For resistors with a required tolerance of $\pm 1\%$ on the nominal resistance value, resistors with a tolerance of $\pm 0,5\%$, or $\pm 0,25\%$, or $\pm 0,1\%$ are perfectly suitable substitutes.

4.7.3 Substitution of a required temperature coefficient of resistance

The specification of a particular temperature coefficient of resistance, TCR, does not represent a requirement for an exact linear temperature dependency of resistance to be met. Therefore, under the provisions of 4.7.1, a specified TCR may be substituted by a superior TCR, which is expressed by a lesser TCR figure.

EXAMPLE For resistors with a required temperature coefficient of resistance of $\pm 50 \times 10^{-6}/K$, resistors with a TCR of $\pm 25 \times 10^{-6}/K$, or $\pm 15 \times 10^{-6}/K$ are perfectly suitable substitutes.

4.7.4 Substitution of a required failure rate level

The specification of a particular failure rate level for resistors with established reliability, approved to a specific detail specification, does not represent a requirement for an exact failure rate to be met. Therefore, under the provisions of 4.7.1, a specified failure rate level may be substituted by a superior failure rate level, which is expressed by a lesser failure rate level figure.

EXAMPLE For resistors with a required failure rate level of $10^{-5}/h$ (also addressed as 1 %/1 000 h, or as E5), resistors with a failure rate level $10^{-6}/h$ (also addressed as 0,1 %/1 000 h, or as E6), or $10^{-7}/h$ (also addressed as 0,01 %/1 000 h, or as E7) are perfectly suitable substitutes.

4.8 Packaging

The packaging of components is typically realized in a variety of functional layers with individually assigned purposes.

Primary packaging is the material which is in direct contact with the components. For many component types, the primary packaging facilitates the loading of the components in properly aligned sequential order to an automated handling system, e.g. on a placement equipment. In any such case, a suitable packaging method from those given by the IEC 60286 series shall be applied. Examples for primary packaging include:

- the punched or blister tape, in whose cavities SMD components are placed at a uniform pitch;
- the pair of adhesive tapes, which fixes axial leaded components with the ends of their leads at a uniform pitch;
- the single adhesive tape, which fixes radial leaded components with the ends of their leads at a uniform pitch;
- the specific tray, in which larger or odd-shaped components are arranged in a uniform pattern.

Proximity packaging is a material not in direct contact with the components, but with the primary packaging. Its purpose is to support the handling of a quantity of components, and the rulings of the relevant IEC 60286 standard shall be applied to the proximity packaging, wherever it interfaces with the automated handling system. Examples for proximity packaging include:

- the reel, on which a punched or blister tape holding SMD components is coiled;
- the box, in which single or grouped reels of taped components can be enclosed;
- the box, in which taped components with axial or radial leads are fan-folded (a.k.a. ammpack), or the reel, on which these taped components are coiled;
- the box, in which trays holding components in a geometric arrangement are stacked.

Primary packaging together with the applicable proximity packaging usually do not provide comprehensive protection against advanced levels of climatic, environmental or mechanical impacts.

Secondary packaging is any material used to give additional physical protection to the outside of the proximity package(s) contained therein, e.g. for shipment.

The relevant specification shall prescribe suitable primary and proximity packaging methods for the range of products covered therein. Such packaging methods shall provide sufficient protection to prevent damage and deterioration of the resistors in a standard electronics manufacturing environment.

4.9 Storage

Storage of components in the original primary and proximity packaging shall take place in an enclosed location, where, unless otherwise prescribed, the storage conditions shall be:

- Temperature: 10 °C to 45 °C
- Relative humidity: $\geq 10 \%$;
annual average $\leq 75 \%$;
occasional maxima $\leq 90 \%$ for an annual total of ≤ 30 d.
- No precipitation or condensation of humidity
- No exposure to direct solar radiation
- Non-corrosive atmosphere
- No exposure to biological hazards or chemically or mechanically active substances

The relevant specification shall state a maximum storage duration.

The relevant specification should elaborate on the effects of long-term storage on the products covered therein, e.g. deterioration of solderability, or change of resistance. It should then prescribe recommended storage periods and suitable test methods for the re-qualification of products after expiration of such period.

4.10 Transportation

Transportation is the phase(s) of a component's lifecycle after dispatch from the manufacturing site en route to the electronic assembly's production site, when the components are not stored under benign conditions as prescribed in 4.9, e.g. at a distributor's warehouse.

During transportation, the climatic, environmental and mechanical conditions are usually less predictable and controlled than required for storage. Each transportation method involves a sequence of related operations, which may expose the shipped units to quite different conditions, e.g. air transport in a pressurized cargo hold will typically provide less extreme exposure than the holding and loading period on an airport.

The total duration of transportation, and hence the risk of exposure to extreme conditions shall be as short as possible, it should preferably be less than 10 days.

During transportation, components and their original primary and proximity packaging shall be protected against extreme temperature, humidity and mechanical forces. The general transportation conditions of IEC 61760-2 shall be met. This includes the following limitations:

- Temperature: -25 °C to 60 °C
- Relative humidity: typically $\leq 85 \%$

The secondary packaging shall provide sufficient protection to exclude any influence of biological hazards, corrosive atmospheres and chemically or mechanically active substances from the packaged components. It shall furthermore protect the enclosed contents from precipitation, condensation of humidity, or other occurrence of water.

As a general rule, shipped components should not be subjected to enduring and/or intensive levels of shock or vibration, as can be expected for ground transport in vehicles without

efficient suspension and/or on poor roads, or can be expected for air transport on propeller aircraft or helicopters.

For products being more sensitive to particular environmental or mechanical conditions which could occur during transportation, the relevant specification may prescribe specific transportation conditions, preferably based on the provisions of IEC 61760-2.

5 General provisions for measurements and test methods

5.1 General

The relevant specification shall prescribe the test to be performed, the measurements which are to be made before and after each test or subgroup of tests, and the sequence in which the tests shall be performed. The stages of each test shall be carried out in the order written. The measuring conditions shall be the same for initial and final measurements.

The specimens will normally be required to be identified or to be placed in a distinctive arrangement in order to ensure the correct correlation of measurements to each individual specimen.

If relevant specifications employ other methods than those specified in this generic specification, these methods shall be fully described therein.

The performance requirements prescribed by any relevant specification are absolute limits. The policy on uncertainty of measurements and inset limits, as given in IECQ 03-1:2018, Annex C, shall be applied.

In conclusion, the standard result of a prescribed test is the digital information about compliance with the given requirements, i.e. a pass or fail finding. Any additional data from a test should be subject to individual agreements between the supplier and the user of the component.

5.2 Standard atmospheric conditions

5.2.1 Reference conditions

For reference purposes, the standard atmospheric conditions for reference given in IEC 60068-1:2013, 4.1 apply. These conditions are quoted in Table 1:

Table 1 – Reference atmospheric conditions

Temperature °C	Relative humidity %	Air pressure kPa
20	Not specified	101,3

5.2.2 Referee conditions

For referee measurements and tests, one of the standard atmospheric conditions as given in IEC 60068-1:2013, 4.2, and prescribed there for close temperature tolerance and for close humidity range shall be chosen. These conditions are quoted in Table 2.

Table 2 – Referee atmospheric conditions

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

5.2.3 Standard atmospheric conditions for testing

Unless otherwise prescribed, all tests and measurements shall be made under standard atmospheric conditions for testing, as given in IEC 60068-1:2013, 4.3. These conditions are quoted in Table 3.

Table 3 – Standard atmospheric conditions for testing

Temperature °C	Relative humidity %	Air pressure kPa
15 to 35	25 to 75	86 to 106

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

If measurements are made at a temperature other than the prescribed temperature, the results shall, where necessary, be corrected to the prescribed temperature. The ambient temperature during the measurements shall be stated in the test report. In the event of a dispute, the measurements shall be repeated using one of the referee temperatures (as given in 5.2.2) and such other conditions as are prescribed by this specification.

Variations in the laboratory temperature shall be kept within a span of ± 1 K, and variations in humidity should be kept to a minimum during a series of measurements carried out as a part of any one test.

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

5.2.4 Recovery conditions

Unless otherwise prescribed, recovery shall take place under the standard atmospheric conditions for testing, see 5.2.3 and Table 3.

If recovery under closely controlled conditions is necessary, and therefore prescribed by the relevant specification, the controlled recovery conditions of IEC 60068-1:2013, 4.4.2 shall be used. These conditions are quoted in Table 4.

Table 4 – Controlled atmospheric conditions for recovery

Temperature °C	Relative humidity %	Air pressure kPa	Duration h
Within the range of 15 to 35: actual laboratory temperature ± 1 °C	73 to 77	86 to 106	As prescribed by the test method or by the relevant specification

5.3 Tolerances on test severity parameters

5.3.1 General

In general, any tolerance specified for a given parameter is intended to take account of absolute errors in its measurement, of slow changes of the parameter within the test duration, and of variations of the parameter across the working space. Given tolerances shall not be used in order to deliberately deviate from a prescribed test severity.

The provisions of 5.3.2 to 5.3.4 on tolerances shall apply to those tests, where no tolerance is given for the respective test parameter.

5.3.2 Tolerances on temperature specifications

Unless otherwise prescribed, the tolerance given in Table 5 shall be applied to the specification of a test temperature or storage temperature.

Table 5 – Default tolerances on temperature specifications

Temperature ϑ	Absolute tolerance
$\vartheta \leq -25$ °C	± 3 °C
-25 °C $< \vartheta \leq 100$ °C	± 2 °C
100 °C $< \vartheta \leq 200$ °C	± 3 °C
200 °C $< \vartheta$	± 5 °C

It should however be noted that a variation of the temperature, e.g. inside a test chamber, will probably also affect the relative humidity. Hence, any requirement to maintain the relative humidity within specified limits may impose an implied requirement to the stability of the temperature, which may be tighter than the specified tolerance on the test temperature.

5.3.3 Tolerances on voltage specifications

Unless otherwise prescribed, the tolerance given in Table 6 shall be applied to the specification of a test voltage or bias voltage.

Table 6 – Default tolerances on voltage specifications

Voltage U	Relative tolerance
$U \leq 1$ V	± 5 %
1 V $< U \leq 100$ V	± 1 %
100 V $< U$	± 2 %

5.3.4 Tolerances on duration specifications

Unless otherwise prescribed, the tolerance given in Table 7 shall be applied to the specification of a test duration.

Table 7 – Default tolerances on duration specifications

Duration t	Relative tolerance	Absolute tolerance
$t \leq 100$ h	0 / +5 %	—
100 h < $t \leq 500$ h	—	0 / +8 h
500 h < $t \leq 2\,000$ h	—	0 / +24 h
$2\,000$ h < t	—	0 / +48 h

5.4 Drying

If assisted drying is required before commencing a test or measurement, one of the procedures given in Table 8 shall be applied. Unless prescribed otherwise by the relevant specification, procedure 1 shall be applied.

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

Table 8 – Specimen drying procedures

Procedure	Temperature °C	Relative humidity %	Duration h
1 ^a	55 ± 2	≤ 20	24 ± 4
2	100 ± 5	Dry heat ^b	96 ± 4
^a Procedure 1 is based on the specification of standard conditions for assisted drying in IEC 60068-1:2013, 4.5.			
^b The conditions for dry heat in accordance with IEC 60068-2-2 shall apply.			

5.5 Mounting of specimens

5.5.1 General

The relevant specification shall prescribe the mounting of specimens for the products covered therein. Such prescription shall, wherever possible, be based on realistic application conditions of the respective products when used in electronic equipment. The prescription shall preclude any effect of the mounting capable of diminishing the intended severity of the respective tests.

The mounting generally facilitates the electrical connections to the specimens for all tests employing an electrical excitation (e.g. endurance test with heat dissipation, humidity test with bias voltage), and for all tests utilizing an in-situ resistance measurement. Hence the connections shall be established in such a way that the electrical excitation at each specimen meets the prescribed condition within the given tolerance, and that the measurement of each specimen meets the required accuracy.

5.5.2 Mounting on substrates

Surface-mount resistors and other resistors designed for and typically assembled on circuit boards, e.g. resistors for through-hole assembly, shall preferably be mounted on suitable substrates for testing.

Such substrate shall normally be a copper-clad epoxide woven E-glass laminated circuit board, with the significant details to be prescribed by the relevant specification:

- board thickness;
- number and thickness of copper layer(s);
- dimensions of land areas for the respective resistor styles;
- spacing of specimens on a board (if more than one);
- spatial orientation of the test board;
- layout and dimensions of conductors used for connection of the specimens;
- layout and dimension of any other patterns adjacent to the specimens;
- minimum board size.

In lieu of a distinct definition of a standard copper clad epoxide woven E-glass laminated circuit board, the materials defined by some available standards such as IEC 61249-2-22 or IEC 61249-2-35 are considered to be sufficiently similar, and should therefore be suitable as a substrate for the testing of resistors.

The prescription of a soldering method shall be based on the methods described in IEC 61760-1, with the details prescribed in accordance with the conditions prescribed by the soldering test standards IEC 60068-2-20 and IEC 60068-2-58, as applicable.

The mounting prescriptions shall consider the applicable requirements for soldered assemblies as given in IEC 61191 (all parts).

The mounting prescriptions shall observe the recommendations of IEC 60068-2-47, whenever the mounting of specimens is applied for the purpose of a dynamic test (e.g. bump, shock, or vibration).

5.5.3 Mounting on test racks

Resistors not designed for the assembly on circuit boards shall be mounted on suitable test racks. This method is also applicable to resistors with lead wires intended to be soldered on circuit boards (e.g. resistors for through-hole assembly).

Such a rack typically consists of bars of conductive material, providing suitable terminals for the connection of the specimens, with the significant details to be prescribed by the relevant specification:

- spacing of the specimens on a rack;
- spacing between the bars of a rack;
- spatial orientation of the rack;
- stacking of racks, if permissible;
- routing and dimension of conductors used for connection of the specimens.

The mounting prescriptions shall consider the applicable requirements for the assembly of components, e.g. selected from those given in IEC 61191-3 for components with lead-wires (through-hole components).

The mounting prescriptions shall observe the recommendations of IEC 60068-2-47, whenever the mounting of specimens is applied for the purpose of a dynamic test (e.g. bump, shock, or vibration).

5.5.4 Mounting on heat sinks

Resistors designed for the assembly on heat sinks shall be mounted on suitable heatsink for testing, with the significant details to be prescribed by the relevant specification:

- material, design and dimensions of the heat sink;
- dissipation support medium:
 - air, using natural convection or forced convection;
 - liquid coolant: composition of fluid;
- temperature and flow rate of dissipation support medium, as applicable;
- mounting position of the specimen;
- fixation of the specimen on the heatsink;
- thermal interface between specimen and heatsink, as applicable:
 - surface of heatsink: flatness, roughness, plating;
 - thermal interface material (TIM): material, thickness, thermal conductivity;
- thermal resistance of the heatsink with active dissipation support.

The mounting prescriptions shall observe the recommendations of IEC 60068-2-47, whenever the mounting of specimens is applied for the purpose of a dynamic test, like e.g. bump, shock, or vibration.

5.6 Measurement of resistance

Measurements of resistance shall be made by using a direct voltage of small magnitude for as short a time as is practicable, in order to ensure that the temperature of the resistance element does not rise appreciably during the measurement.

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

In the event of conflicting results attributable to such test voltages, the voltage specified in Table 9 shall be used for referee purposes.

Table 9 – Voltages for resistance measurement

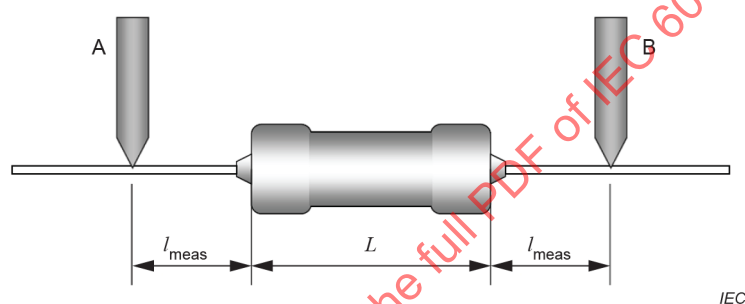
Nominal specimen resistance R	Recommended measuring voltage U_{meas}^a
$R < 10 \, \Omega$	0,1 V
$10 \, \Omega \leq R < 100 \, \Omega$	0,3 V
$100 \, \Omega \leq R < 1 \, \text{k}\Omega$	1 V
$1 \, \text{k}\Omega \leq R < 10 \, \text{k}\Omega$	3 V
$10 \, \text{k}\Omega \leq R < 100 \, \text{k}\Omega$	10 V
$100 \, \text{k}\Omega \leq R < 1 \, \text{M}\Omega$	25 V
$1 \, \text{M}\Omega \leq R$	50 V
The applied measuring voltage shall be chosen in such a way that the resistor dissipates less than 10 % of its rated dissipation, $U_{\text{meas}} < \sqrt{0,1 \times P_r \times R}$. The applied measuring voltage shall not exceed the limiting element voltage of the specimen, $U_{\text{meas}} \leq U_{\text{max}}$.	
^a A relative tolerance of ${}_{-10}^0$ % shall apply to the recommended measuring voltage U_{meas}.	

The required accuracy of the measuring method, including the instrumentation, depends on its application:

- If the measurement is used to assess the absolute resistance within a prescribed range of tolerance, like in 6.1, the total error shall not exceed 10 % of that tolerance.
- If the measurement forms part of a test sequence, it shall be possible to measure a change of resistance with an error not exceeding 10 % of the maximum change permitted for that test sequence.

The position of the resistance measuring probes (e.g. force probes, sense probes) on the specimen terminations shall be properly arranged and reproducible in order to enable the comparability of subsequent measurements.

Unless otherwise prescribed by the relevant specification, the points of measurement for fixed leaded resistors shall be on the lead wire at a distance of $l_{\text{meas}} = (6 \pm 1) \text{ mm}$ from the resistor body; see Figure 3.

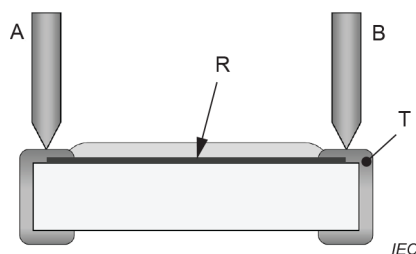


Key

- A, B Measurement points
 L Body length, measured according to IEC 60294
 l_{meas} Distance of the point of measurement from the resistor body

Figure 3 – Standard measurement points on a leaded resistor

Unless otherwise prescribed by the relevant specification, the points of measurement for surface-mount (SMD) resistors shall be on the terminations on the side of the resistive element; see Figure 4.



Key

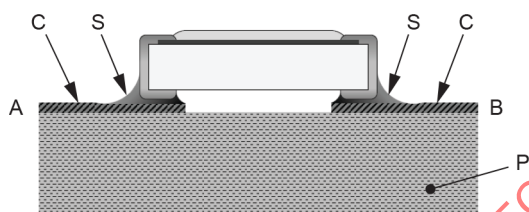
- A, B Measurement points
 R Resistive element
 T Termination

Figure 4 – Standard measurement points on an SMD resistor

Where the relevant specification prescribes the surface-mount resistors to be mounted on a test board for specific tests, the measurement points normally are on that test board, as shown in Figure 5. The layout of such test board should account for separate force and sense conductors.

For special resistors (e.g. for very low resistance SMD resistors, or for low resistance precision SMD resistors), the relevant specification may prescribe another, more suitable location of the test points, e.g. on the side of the resistive element as shown in Figure 4. The guidance provided by IEC 62812 on the measurement of low resistance shall be taken into account.

For assembled surface-mount resistors, it is not avoidable to have the serial resistance of the product's side terminations and of the solder joints included in the measured resistance.



Key

- A, B Measurement points
- C Conductor, e.g. Copper track
- P Substrate, e.g. PCB
- S Solder joint

NOTE 1 The actual location of the measurement points depends on the design of the conductor pattern (e.g. by providing separate tracks for a four-wire measurement) and on the measuring circuit.

NOTE 2 The presence or absence of an insulating layer on top of the unused parts of the conductors (e.g. a solder mask) is generally not relevant to the measurement of the resistance.

Figure 5 – Measurement points on an assembled SMD resistor

A precise assessment of this additional resistance will be difficult to achieve, owing to the variation of layer thicknesses used for the building of the side terminations, and also owing to the variation of solder volume and resulting rising height of the solder fillet. However, the anticipated very low additional resistance will be negligible for a large variety of resistors.

If such additional resistance is not negligible (e.g. for very low-resistance products), the manufacturer of such product shall provide a suitable estimate, preferably based on design parameters and/or on measurements, in order to indicate the expected magnitude and variation of the additional resistance.

6 Electrical measurements and tests

6.1 Resistance

6.1.1 Purpose of this test

Purpose of this test is to verify the compliance of the actual resistance with its nominal value and the specified tolerance at the time of dispatch from the manufacturer.

NOTE The generic method of measuring resistance has been separated from this test and is given in 5.6.

6.1.2 Preparation of the specimens

If the specimens have been maintained at different environmental conditions, they shall be stored at the standard atmospheric conditions for testing (see 5.2.3) and allowed to stabilize for at least 4 h.

6.1.3 Test procedure

The resistance shall be measured as prescribed in 5.6.

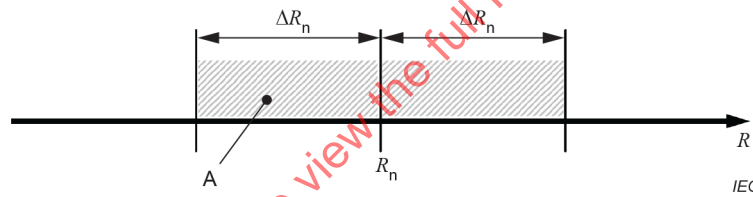
It is recommended to tighten the permissible temperature range for the resistance measurement to a narrower range around the reference temperature 20 °C, e.g. to a range of 19 °C to 25 °C.

6.1.4 Requirements

The resistance value measurable at 20 °C, R_{20} , shall correspond to the nominal resistance, R_n , taking into account the specified tolerance ΔR_n on the nominal resistance.

$$R_n - \Delta R_n \leq R_{20} \leq R_n + \Delta R_n$$

The acceptance window, defined by the permissible resistance range, is illustrated for a symmetrical tolerance in Figure 6. For an asymmetrical tolerance, the acceptance window shall be established accordingly.



Key

- R_n Nominal resistance
- ΔR_n Tolerance on the nominal resistance
- A Permissible range for the resistance measurable at 20 °C

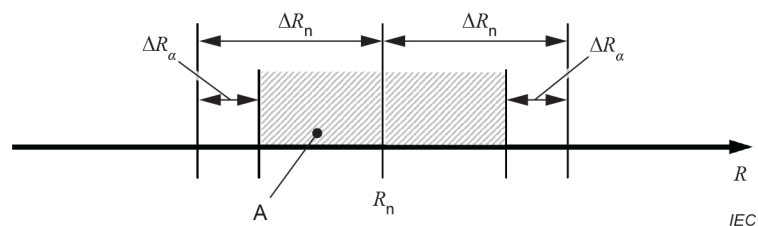
Figure 6 – Permissible resistance range due to tolerance

If the resistance measurement, R_g , has been taken at another temperature than 20 °C, ϑ_m , the permissible effect of the temperature coefficient of resistance (TCR), α , specified for the specimen shall be taken into account, effectively reducing the permissible tolerance range.

$$\Delta R_\alpha = |\alpha \times (\vartheta_m - 20 \text{ °C})|$$

$$R_n - (\Delta R_n - \Delta R_\alpha) \leq R_g \leq R_n + (\Delta R_n - \Delta R_\alpha)$$

The acceptance window, defined by the permissible resistance range, is illustrated for a symmetrical tolerance and a symmetrical TCR in Figure 7. For an asymmetrical tolerance and/or TCR, the acceptance window shall be established accordingly.

**Key**

- R_n Nominal resistance
 ΔR_n Tolerance on the nominal resistance
 ΔR_α Allowance for the effect of the TCR
A Permissible range for the resistance measurable at the temperature ϑ_m

Figure 7 – Permissible resistance range due to tolerance and TCR**6.2 Temperature coefficient of resistance**

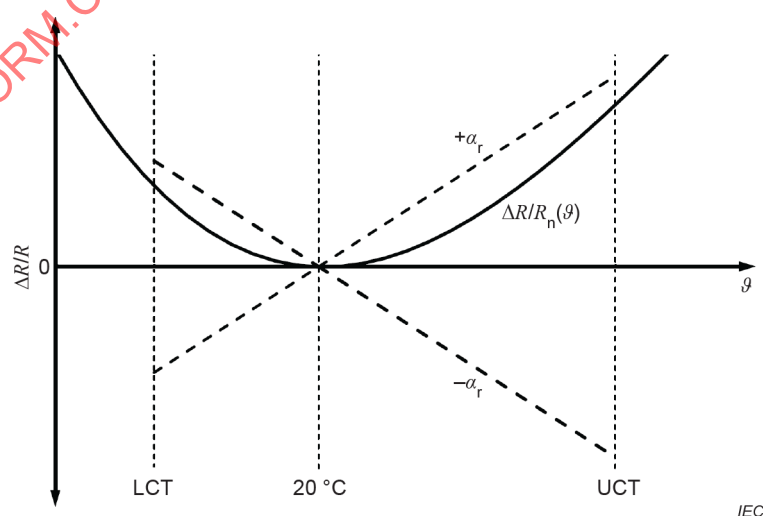
NOTE This test was known as "variation of resistance with temperature test" in prior revisions of this document.

6.2.1 Purpose of this test

Whereas most metallic conductor materials show a significant positive variation of their resistance with temperature, with many of them being in the range of $3\,000 \times 10^{-6}/\text{K}$ to $4\,000 \times 10^{-6}/\text{K}$, it is the general objective for most fixed resistors to be provided with virtually no variation of resistance. Hence, a common target value temperature coefficient of resistance (TCR) is $0 \times 10^{-6}/\text{K}$. Since however; as illustrated in Figure 8, such ideal behaviour is not achievable, real resistors are specified with a permitted deviation from that ideal target, expressed as $(0 \pm \alpha_r)$, which applies within the specified temperature range between LCT and UCT.

NOTE Commonly, only the permitted deviation of the temperature coefficient of resistance is given as $\pm \alpha_r$.

Purpose of this test is to verify the compliance of the variation of resistance with temperature over the full range from lower category temperature (LCT) to upper category temperature (UCT), or another temperature range specified by the relevant specification, with the specified permissible temperature coefficient of resistance (TCR), $(0 \pm \alpha_r)$.

**Figure 8 – Variation of resistance with temperature (example)**

6.2.2 Preparation of the specimens

The resistor shall be dried in accordance with 5.4.

6.2.3 Test equipment and mounting of the specimens

The test may be performed by sequential use of chambers, each set to one of the required temperatures, or by use of a chamber capable of being adjusted to each of the required temperatures in sequence. The measuring and control system of the chamber(s) shall be capable of achieving the required temperature within the given tolerance at any specimen location. IEC 60068-3-5 should be considered for confirmation of the performance of the temperature chamber(s).

The specimens shall be mounted to a test rack or on test substrates in a way to ensure a continued connection despite of the applied temperature change.

6.2.4 Test procedure

Resistance measurements shall be made in sequence of steps as listed in Table 10 at each of the required temperatures, after the resistor has reached thermal stability.

The condition of thermal stability is deemed to be reached if two readings of resistance taken at an interval of not less than 5 min do not differ by an amount greater than that which can be attributed to the measuring apparatus.

Table 10 – Sequence of temperatures and measurements

Step	Temperature ^d	Measured temperature	Measured resistance
1	20 °C ^a	ϑ_1	R_1
2	LCT ^b	ϑ_{LCT}	R_{LCT}
3	20 °C ^a	ϑ_3	R_3
4	UCT ^c	ϑ_{UCT}	R_{UCT}
5	20 °C ^a	ϑ_5	R_5
^a A tolerance of +5 °C/–1 °C applies to the nominal temperature 20 °C. ^b A tolerance of ±3 °C applies to the lower category temperature (LCT). ^c A tolerance of ±2 °C applies to the upper category temperature (UCT). ^d The relevant specification may prescribe other values than LCT or UCT.			

The temperature of the resistor at the time of measurement shall be recorded. The error of temperature measurement shall not exceed 1 °C.

6.2.5 Evaluation of the measurements

The actual temperature coefficient of resistance α_m between the reference temperature 20 °C and any test temperature is generally calculated from the respective resistance readings with the following formula:

$$\alpha_m = \frac{\Delta R}{R_{20} \times \Delta \vartheta}$$

where

ΔR is the difference of resistance between the measurements at the test temperature and at the reference temperature;

R_{20} is the resistance value at the reference temperature 20 °C;

$\Delta \vartheta$ is the difference between the test temperature and the reference temperature.

NOTE 1 In accordance with IEC 60027-1 and the former ISO 1000, temperature differences are given in Kelvin.

The unit of the temperature coefficient of resistance α is 1/K, however, the small order of magnitude suggests to rather express the TCR values in its decimal submultiple $10^{-6}/K$.

NOTE 2 A commonly used expression for $10^{-6}/K$ is "parts per million per Kelvin", abbreviated as ppm/K.

For the calculation of the lower TCR (Cold TCR), α_{LCT} , between the reference temperature and the LCT, the average of the measurements of the reference temperature and of the resistance at that reference temperature before and after the measurement at the LCT shall be applied.

$$\alpha_{LCT} = \frac{(R_{LCT} - R'_{20})}{R'_{20} \times (\vartheta_{LCT} - \vartheta'_{20})}$$

where

R'_{20} is the average of the resistances measured at steps 1 and 3, $R'_{20} = \frac{(R_1 + R_3)}{2}$

ϑ'_{20} is the average of the temperatures measured at steps 1 and 3, $\vartheta'_{20} = \frac{(\vartheta_1 + \vartheta_3)}{2}$

For the calculation of the upper TCR (hot TCR), α_{UCT} , between the reference temperature and the UCT, the average of the measurements of the reference temperature and of the resistance at that reference temperature before and after the measurement at the UCT shall be applied.

$$\alpha_{UCT} = \frac{(R_{UCT} - R''_{20})}{R''_{20} \times (\vartheta_{UCT} - \vartheta''_{20})}$$

where

R''_{20} is the average of the resistances measured at steps 3 and 5, $R''_{20} = \frac{(R_3 + R_5)}{2}$

ϑ''_{20} is the average of the temperatures measured at steps 3 and 5, $\vartheta''_{20} = \frac{(\vartheta_3 + \vartheta_5)}{2}$

The resulting total TCR, α , is the maximum of the absolute results of the lower TCR, α_{LCT} , and of the upper TCR, α_{UCT} .

$$\alpha = \max(|\alpha_{LCT}|; |\alpha_{UCT}|)$$

6.2.6 Requirements

The resulting temperature coefficient of resistance, α , shall not exceed the permitted deviation α_r of the temperature coefficient of resistance (TCR), $(0 \pm \alpha_r)$ as prescribed by the relevant specification for the appropriate category temperature:

$$\alpha \leq \alpha_r$$

NOTE IEC 62812 on measurement methods for low resistance provides the means required to overcome the technical issues that have led to exempt resistors lower than $10 \text{ }\mu\Omega$ from the claim of a true TCR assessment in prior revisions of this document.

6.3 Inductance

NOTE This test was known as "reactance test" in prior revisions of this document.

6.3.1 Purpose of this test

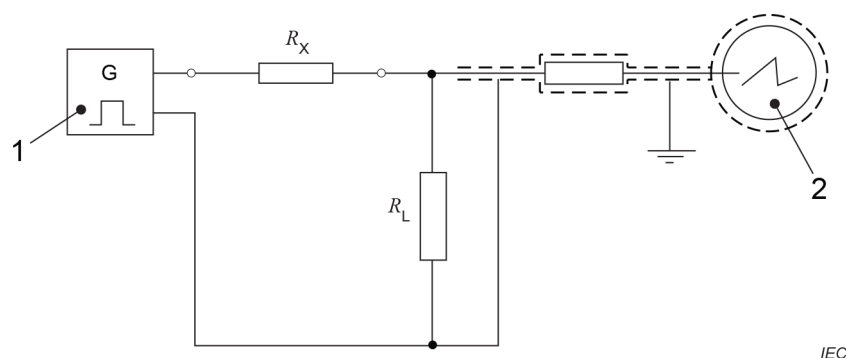
The inductance test is applicable only to resistors for which a low inductance is required and is prescribed by the relevant specification. It is a suitable test for inductance in the range exhibited by wire-wound resistors.

6.3.2 Preparation of the specimens

If the specimens have been maintained at different environmental conditions, they shall be stored at the standard atmospheric conditions for testing (see 5.2.3) and allowed to adjust for at least 4 h.

6.3.3 Test circuit using a pulse generator

A test circuit using a pulse generator is shown in Figure 9.

**Key**

1 pulse generator

2 oscilloscope

 R_x resistor under test R_L non-inductive resistor, with $R_L \approx 0,1 \times R_x$

The length of the connecting leads between the generator and resistor R_x should not exceed 50 mm.

Figure 9 – Test circuit for measurement of the inductance

This circuit can be used for resistors with an inductive time constant τ_L

$$\tau_L = L_x / R_x \geq 20 \text{ ns}$$

where

L_x is the inductance of the resistor specimen;

R_x is the resistance of the resistor specimen.

The resistance range that can be tested is from 100 Ω to 1 M Ω .

The pulse generator shall have the following characteristics:

Pulse width:	sufficient to cover three times L/R period;
Rise time, 10 % to 90 %, on load:	< 3 ns;
Repetition rate:	> 10 kHz, or that required to obtain good oscilloscope readability.

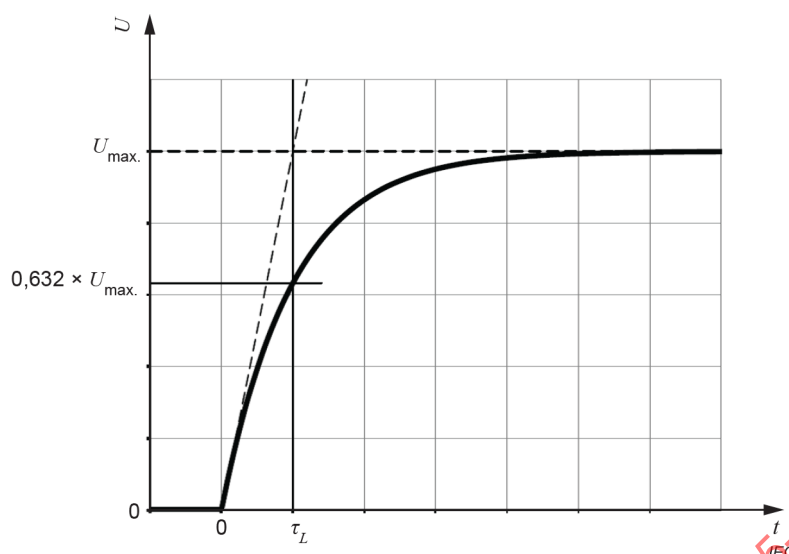
The oscilloscope shall have the following characteristics:

Rise time, 10 % to 90 %:	< 3,7 ns;
Frequency response:	≥ 100 MHz;
Time base:	≤ 2 ns/division;
Input capacitance at R_L :	≤ 25 pF;
Amplification:	sufficient to obtain good readability with the pulse voltage used

6.3.4 Measurement of the voltage rise time

The current in the test circuit increases gradually due to the inductance, once the pulse voltage rises to its upper level. The oscilloscope plots this current as represented by the voltage across the serial resistor R_L .

The inductive time constant τ_L can be determined as shown in Figure 10 by reading the time the voltage needs to rise to 63,2 % of the final voltage $U_{\max}$.



NOTE It is suitable to determine the zero voltage point by extension of the curve, if there is noise or distortion at the start of the voltage rise.

Figure 10 – Exponential voltage rise caused by inductance

The inductance of the specimen is calculated by:

$$L_x = \tau_L \times (R_x + R_L)$$

6.3.5 Test using an impedance analyzer

A suitable high-frequency impedance analyser or equivalent test equipment may be used as an alternative to the test circuit shown in Figure 9.

The measuring frequency shall be prescribed by the relevant specification.

6.3.6 Requirements

The inductance L , or the inductive time constant τ_L , shall be within the limits prescribed by the relevant specification.

6.4 Voltage coefficient of resistance

6.4.1 Purpose of this test

This test is capable to assess a significant voltage coefficient of resistance (VCR), β .

NOTE The small thermal capacity of many styles of low-power film resistors or of surface-mount resistors results in a considerable temperature increase of a specimen subjected to this test.

Such resistors, made e.g. in metal film technology, usually have such a low VCR, that the result of this test method probably is dominated by the effect of the temperature increase, even for specimens with an excellent temperature stability.

Such resistors, made e.g. in metal glaze technology, usually have a larger TCR, which together with the expected temperature increase is likely to dominate over an expected larger VCR of such specimen.

6.4.2 Preparation of the specimens

The resistor shall be dried in accordance with 5.4.

6.4.3 Test procedure

The resistance shall then be measured at 10 % and at 100 % of either the rated voltage or the limiting element voltage, whichever is the smaller. The 100 % voltage shall be applied for not more than 0,5 s in a total period of 5 s; the 10 % voltage shall be applied for not more than the remaining 4,5 s. A repetition of this sequence should be avoided.

Care shall be taken that there is no appreciable temperature rise of the resistor.

6.4.4 Evaluation of the measurements

The voltage coefficient (VCR) β is calculated from the following formula:

$$\beta = \frac{\frac{R_2 - R_1}{R_1}}{U_{\text{test } 2} - U_{\text{test } 1}} = \frac{R_2 - R_1}{0,9 \times U_{\text{test } 2} \times R_1}$$

where

$U_{\text{test } 1}$ is the lower test voltage, $U_{\text{test } 1} = 0,1 \times U_{\text{test } 2}$;
 $U_{\text{test } 2}$ is the higher test voltage, $U_{\text{test } 2} = U_r$ or $U_{\text{test } 2} = U_{\text{max}}$, whichever is lower;
 R_1 is the resistance measured at $U_{\text{test } 1}$;
 R_2 is the resistance measured at $U_{\text{test } 2}$.

NOTE The unit of the voltage coefficient of resistance β is 1/V, however, the small order of magnitude suggests to rather express the VCR values in a suitable decimal submultiple, e.g. $10^{-3}/\text{V}$, or $10^{-6}/\text{V}$.

6.4.5 Requirements

The voltage coefficient β shall be within the limit prescribed by the relevant specification.

6.5 Non-linearity

NOTE This test is also known as the "third harmonic test".

6.5.1 Purpose of this test

This test assesses the magnitude of non-linear distortion generated in a resistor.

This test is a method to evaluate the integrity of a resistive element, which may be applied as an effective inline screening method suitable to detect and eliminate potential infant mortality failures in resistors.

This test is applicable to specimens with a resistance in the range of 1 Ω up to 22 M Ω .

6.5.2 Preparation of the specimens

If the specimens have been maintained at different environmental conditions, they shall be stored at the standard atmospheric conditions for testing (see 5.2.3) and allowed to adjust for at least 4 h.

6.5.3 Test procedure

The resistors shall be measured for non-linearity as given in IEC 60440, with the fundamental frequency $f_1 = 10$ kHz and thus the third harmonic frequency $f_3 = 30$ kHz.

The measurement shall be carried out at the ambient conditions given in 5.2.3.

Unless otherwise prescribed by the relevant specification, the voltage to be applied shall be the rated voltage or the limiting element voltage, whichever is the less severe.

6.5.4 Evaluation of the measurement results

The measured results shall be evaluated in accordance with IEC 60440:2012, Clause 6, for the determination of third harmonic ratio A_3 .

6.5.5 Requirements

The relevant specification shall prescribe a minimum value for the third harmonic ratio A_3 , which will normally be given as a function of the specimen resistance. The third harmonic ratio A_3 shall exceed that prescribed limit.

In addition, if applied to a non-linearity screening, the relevant specification may prescribe a superior selectivity by using a dynamic minimum value relative to the statistical distribution of non-linearity within an analysed batch, as proposed in IEC 60440:2012, 6.2.

6.6 Current noise

6.6.1 Purpose of this test

This test assesses the "noisiness", or magnitude of current noise generated in fixed resistors, which may be considered as reflecting the granular structure of the resistive material. For some resistor technologies utilizing homogenous layers this test is regarded as providing an indication of defects.

This test is applicable to specimens with a resistance in the range of 100 Ω up to 22 M Ω .

6.6.2 Preparation of the specimens

If the specimens have been maintained at different environmental conditions, they shall be stored at the ambient conditions for testing as given by IEC 60195:2016, 5.1, and allowed to adjust for at least 24 h.

6.6.3 Test procedure

The resistors shall be subjected to the procedure given in IEC 60195.

The measurement shall be carried out at the ambient conditions in accordance with IEC 60195:2016, 5.1.

Unless otherwise prescribed by the relevant specification, the voltage to be applied shall be the rated voltage or the limiting element voltage, whichever is the less severe.

6.6.4 Evaluation of the measurement results

The measured results shall be evaluated in accordance with IEC 60195:2016, Clause 6, for the determination of a practical current noise index A_1 , or of a current noise voltage ratio CNR_U .

6.6.5 Requirements

The practical current noise index A_1 , or the current noise voltage ratio CNR_U shall be within the limit prescribed by the relevant specification, which will normally be given as a function of the specimen resistance.

6.7 Temperature rise

6.7.1 Purpose of this test

This test assesses the temperature rise of specimen under full load, when mounted according to the prescription of the relevant specification.

This test is applicable to specimens with a nominal resistance R_n not exceeding the critical resistance R_{crit} .

$$R_n \leq R_{crit}, \text{ hence}$$

$$R_n \leq U_{max}^2 / P_{70}$$

6.7.2 Preparation of the specimens

6.7.2.1 Conditioning of the specimens

If the specimens have been maintained at different environmental conditions, they shall be stored at the standard atmospheric conditions for testing (see 5.2.3) and allowed to adjust for at least 4 h.

6.7.2.2 Mounting of the specimens on a test rack

If applicable, specimens shall be mounted on a test rack in accordance with the prescriptions of the relevant specification; see also 5.5.1 and 5.5.3.

For the execution of this test, the longitudinal axis of the specimens shall be aligned horizontally in a single layer.

6.7.2.3 Mounting of the specimens in a different way

For specimens not suitable for mounting on a test rack or on a test substrate, the relevant specification shall prescribe the suitable mounting method. This mounting method shall be suitable for this temperature rise test, for endurance tests, and for all other tests requiring the specimens to be mounted; see also 5.5.1.

The relevant specification shall prescribe the spatial alignment of the mounted specimens for this test.

6.7.3 Test procedure

The test shall be carried out at the ambient conditions as given in 5.2.3. There shall be no air circulation other than that produced by natural convection caused by the heated resistor.

The rated voltage shall be applied.

The temperature at the hottest point on the surface of the resistor shall be measured after temperature equilibrium has been attained.

The temperature measuring method shall have minimum effect to the specimen and to the measurement. A generally preferred method is IR thermography, using a system with sufficient spatial and thermal resolution. The use of contact measurement methods may be acceptable, if its impact on the thermal conditions of the specimen can be minimized to a level below the required accuracy.

6.7.4 Requirements

The temperature rise shall not exceed the limit prescribed by the relevant specification.

7 Endurance tests

7.1 Endurance at the rated temperature 70 °C

NOTE The test is also known as "load life test", with no obvious discrimination from the test given in 7.2. It was known as "endurance at 70 °C test" in prior revisions of this document.

7.1.1 Purpose of this test

The rated dissipation of resistors is to be given with reference to the rated temperature, which is 70 °C as shown in the standard derating diagram of Figure 11, unless otherwise prescribed by the relevant specification. This endurance test is the standard test for resistors.

NOTE A common feature of low-power resistors is a derating curve showing the same dissipation P_{70} from LCT to 70 °C.

The rated temperature usually determines the breakpoint in a derating diagram. The derating curve below the rated temperature down to the lower category temperature shows a constant value at the level of the rated dissipation, while above rated temperature it shows a linear slope down to zero dissipation at the maximum element temperature, which can be equal to or above the specified upper category temperature.

7.1.2 Test chamber

The size of the testing chamber and the number of resistors under test shall be such that, when all resistors are fully loaded, the heat produced by them shall be less than that required to maintain the atmosphere in the chamber at the rated temperature, so that the temperature can still be controlled by the heating element. The temperature sensors shall be suitably spaced from the resistors and shall be shielded so as not to be directly influenced by the radiation of heat from the resistors.

There shall be no undue draught over the resistors. If forced air circulation is used in the test chamber, the resistors shall be protected so that there is no draught, other than by natural convection, over the resistors.

7.1.3 Mounting of the specimens

The mounting of the specimen depends on the type of resistor and shall be in accordance with the provisions of 5.5 and the following, unless otherwise prescribed by the relevant specification.

- Surface-mount resistors shall be mounted on suitable test boards (see 5.5.2), with details to be prescribed by the relevant specification.
- For resistors with termination wires, which are intended for use on printed circuit boards, the same mounting as under c) shall be applied, unless the relevant specification prescribes a suitable test board for the mounting of the specimen.
- Resistors not primarily intended for use on printed circuit boards shall be connected by their terminations to suitable clips on a rack of conductive material (see 5.5.3). All resistors shall be mounted in a horizontal position, in one layer only, unless otherwise prescribed by the relevant specification. The distance between the axes of the resistors shall be not less than seven times the diameter of the resistors' body.

7.1.4 Initial measurement

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

7.1.5 Temperature and load

Inserted into the test chamber, the resistors shall be subjected to the rated temperature, which shall be 70 °C (see Figure 11) unless otherwise prescribed by the relevant specification. In accordance with 5.3.2, the permissible tolerance on the rated temperature shall be ± 2 °C.

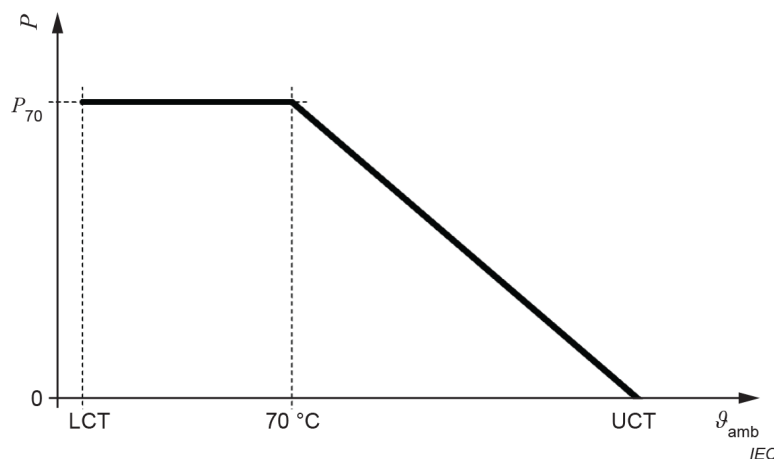


Figure 11 – Standard derating curve for the rated dissipation P_{70}

The resistors shall be subjected to a test voltage in cycles of 1,5 h on and 0,5 h off throughout the test for the prescribed duration.

The test voltage shall be the rated voltage or the limiting element voltage, whichever is the less severe. It shall be maintained within a relative tolerance of $\pm 5\%$. The test voltage may be DC or AC RMS, unless specific prescriptions are given by the relevant specification.

NOTE Prior revisions of this test had imposed restrictions about dissipations $P \leq 15\text{ W}$ to be provided by DC voltage, while dissipations $P > 15\text{ W}$ had to be provided by AC voltage. The ruling of such conditions, however, is subject to the relevant specifications.

7.1.6 Duration

The duration of the endurance test at rated temperature shall be 1000^{+24}_0 h , with a tolerance in accordance with 5.3.4. This is approximately 42 days.

The relevant specification may prescribe an extended duration of the test (see 7.1.9).

7.1.7 Intermediate measurements

The relevant specification may prescribe durations after which intermediate resistance measurements shall be performed, e.g. 48 h, 168 h, or 500 h. Any such prescription of an intermediate measurement shall also prescribe suitable requirements.

NOTE 1 It is at the discretion of the relevant specification to prescribe intermediate measurements as part of the qualification test schedule and concurrently omit them or leave them optional in the schedule for quality conformance inspections.

NOTE 2 It would normally not be appropriate for any requirement prescribed for an intermediate measurement to be inferior to the requirement prescribed for the regular test duration of 1 000 h.

For intermediate measurements, one of the following methods may be applied, where the chosen method shall be maintained for all intermediate measurements of any specimen under test within a particular test schedule.

- Intermediate resistance measurements may be performed at the test temperature, if an additional reference measurement at the test temperature has been performed at the beginning of the test. Such measurements at the test temperature shall be performed in the second half of a 0,5 h off period.
- The resistors may be removed from the chamber and then shall be allowed to recover under standard atmospheric conditions for testing for a period of 1 h to 4 h prior to performance of an intermediate resistance measurement. The removal from the chamber shall take place in the second half of a 0,5 h off period. The interval between the removal

of any specimen from the chamber and its return to the chamber shall not exceed 8 h, nonetheless it is not counted for the prescribed test duration.

7.1.8 Final inspection and measurements

The resistors shall be removed from the test chamber and be allowed to recover under standard atmospheric conditions for testing for a period of 1 h to 4 h after completion of the test duration.

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

The resistors shall be visually examined.

For insulated resistors only, the insulation resistance shall then be measured as specified in 12.1, using the method prescribed by the relevant specification.

7.1.9 Extended duration

If prescribed by the relevant specification, the duration of the test shall be extended to a prescribed duration, e.g. 2 000 h, or 8 000 h. In this case the interval between the removal of any specimen from the chamber after the 1 000 h test duration and its return to the chamber shall not exceed 8 h. A tolerance in accordance with 5.3.4 shall apply to the prescribed duration.

The relevant specification may prescribe intermediate resistance measurements, as in 7.1.7, for the extension of the test duration.

The specimen shall be subjected to the final inspection and measurements of 7.1.8 after completion of the extended duration. The relevant specification shall prescribe the requirements to be applied after the extended duration.

7.1.10 Requirements

The change of resistance between initial and final measurement shall not exceed the limit prescribed by the relevant specification.

There shall be no visible damage. Any applied marking shall be legible.

For insulated resistors only, the insulation resistance shall not be less than the minimum value prescribed by the relevant specification.

7.2 Endurance at room temperature

NOTE The test is also known as "load life test", with no obvious discrimination from the test given in 7.1.

7.2.1 Purpose of this test

The endurance testing at the rated temperature as described in 7.1 can be unsuitable for power resistors. The issue is the amount of heat generated in the test, which can lead to the requirement to control the chamber at a rated temperature being infeasible within any reasonable dimension or effort.

In cases where such problem prohibits an endurance testing at rated temperature, the relevant specification may prescribe endurance testing at room temperature instead.

Then a relevant dissipation, possibly exceeding the rated dissipation, needs to be applied in order to establish the same level of temperature in the resistive element as with the other methods of endurance testing.

7.2.2 Test chamber

The size of the testing chamber and the number of resistors under test shall be such that the temperature can still be maintained within the prescribed range of 15 °C to 35 °C. The temperature sensors shall be suitably spaced from the resistors and shall be shielded so as not to be directly influenced by the radiation of the resistors.

NOTE For the purpose of this endurance at room temperature test, a whole dedicated room within a building can be suitable for use as the test chamber. This will have to provide at least the same monitoring and safety mechanisms as are usually integrated with a separate test chamber.

There shall be no undue draught over the resistors. If forced air circulation is used in the test chamber, the resistors shall be protected so that there is no draught, other than by natural convection, over the resistors.

7.2.3 Mounting of the specimens

The mounting of the specimen depends on the type of resistor and shall comply with the provisions of 5.5 and the following, unless otherwise prescribed by the relevant specification.

- a) Surface-mount resistors shall be mounted on suitable test boards (see 5.5.2), with details to be prescribed by the relevant specification.
- b) For resistors with termination wires or with punched terminations, which are intended for use on printed circuit boards, the same mounting as under d) shall be applied, unless the relevant specification prescribes a suitable test board or fixture for the mounting of such specimens.
- c) Heat-sink resistors, i.e. resistors designed for assembly on dedicated heat-sinks, shall be mounted by their normal means in the centre of a reference heat-sink. The direct axis of the resistor shall be parallel to the direct axis of the heat-sink. The relevant specification shall prescribe the reference heat-sink to be applied for each style. The heat-sinks shall be placed on a material of low thermal conductivity and arranged horizontally in such a way that the temperature of any one resistor will not appreciably influence the temperature of any other resistor, and that natural convection is not hindered.

The prescription of the heat-sink shall be based on the specified ratings of the resistor:

- rated temperature, being the temperature of the ambient air or of the cooling fluid;
- rated dissipation;
- maximum element temperature (MET).

For a given temperature difference between MET and rated temperature, and a given heat-sink with known thermal resistance, the applicable dissipation P is determined by the equation:

$$P = \frac{\Delta \vartheta}{R_{\text{th e-c}} + R_{\text{th c-h}} + R_{\text{th h-a}}}$$

where

- $\Delta \vartheta$ is the difference between the maximum element temperature and the rated temperature;
- $R_{\text{th e-c}}$ is the thermal resistance of the component, allocated between the resistive element and the mounting plane of the resistor;
- $R_{\text{th c-h}}$ is the thermal resistance of the thermal interface, allocated between the mounting plane of the resistor and mounting plane of the heat-sink, which typically consists of a thermal interface material (e.g. grease, or thermal pad), and depends on the quality of the fixation (e.g. clamping force, or torque of the bolts used for fixation);
- $R_{\text{th h-a}}$ is the thermal resistance of the heat-sink, allocated between its mounting plane and the ambient air or the cooling fluid.

NOTE Prior revisions of this test had imposed prescriptions about material and exact dimensions of such reference heat-sinks in sizes of 410 cm², 544 cm² and 824 cm² respectively. The ruling of such prescriptions however is subject of the relevant specifications.

- d) Resistors not designed for assembly on heat-sinks and also not primarily intended for use on printed circuit boards shall be connected by their terminations to suitable clips on a rack of conductive material (see 5.5.3). Half the number of specimens shall be mounted in a horizontal position and the other half in a vertical position, in one layer only. The distance between the axes of the resistor shall be not less than seven times the diameter of the resistors' body.

7.2.4 Initial measurement

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

7.2.5 Temperature and load

Inserted into the test chamber, the resistors shall be subjected to the standard atmospheric conditions for testing (see 5.2.3), which includes a prescription for the temperature to be in the range of 15 °C to 35 °C. Hence, the nominal test temperature for this test shall be 25 °C.

The resistors shall be subjected to a test voltage in cycles of 1,5 h on and 0,5 h off throughout the test for the prescribed duration.

The test voltage shall be the voltage calculated from the relevant dissipation and the nominal resistance, or the limiting element voltage, whichever is the smaller. It shall be maintained within a relative tolerance of ±5 %. The test voltage may be DC or AC RMS, unless specific prescriptions are given by the relevant specification.

NOTE Prior revisions of this test had imposed restrictions about dissipations $P \leq 15$ W to be provided by DC voltage, while dissipations $P > 15$ W had to be provided by AC voltage. They had also suggested special provisions for resistors specifically designed for DC applications or particularly for heat-sink resistors. The ruling of such conditions however is subject of the relevant specifications.

The determination of the relevant dissipation for this test depends on the ratings and derating curve given for the resistors to be tested:

- a) For those resistors for which a rated dissipation is given for a rated temperature within the range of standard atmospheric conditions for testing, e.g. a P_{25} for 25 °C ambient temperature, this rated dissipation shall be applied as the relevant dissipation for this test. This is regardless of the existence of another rated dissipation, e.g. P_{70} for the standard rated temperature 70 °C. An example of a derating curve for this case is given in Figure 12.

NOTE Prior revisions of this test had imposed a special provision for heat-sink resistors, generally prescribing their rated dissipation to be the relevant dissipation for this test. This had been on the basis of a term's definition incidentally stating a requirement for the rated temperature of heat-sink resistors to be 25 °C. The ruling of such conditions, however, is subject to the relevant specifications.

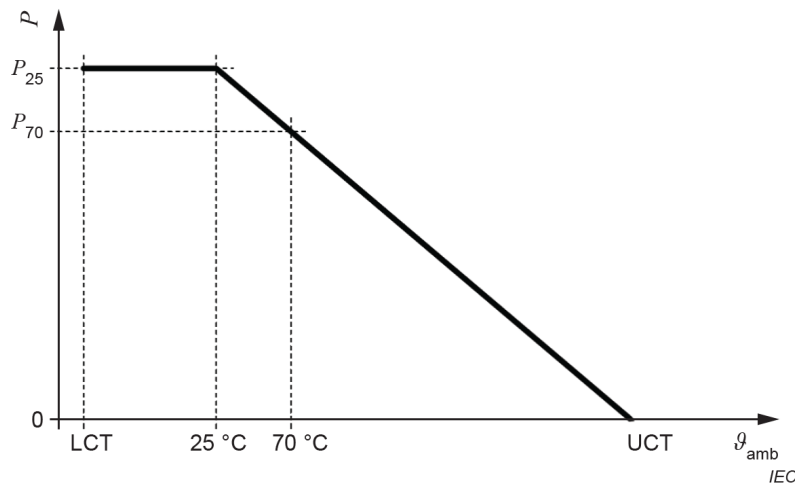


Figure 12 – Derating curve with specification of a suitable test dissipation

- b) For those resistors for which no rated dissipation is given for any rated temperature within the range of standard atmospheric conditions for testing, e.g. only a rated dissipation P_{70} for the standard rated temperature 70 °C, the relevant dissipation for this test shall be determined by extrapolation of the derating curve's slope above rated temperature down to zero dissipation for the nominal test temperature of 25 °C (often referred to as uprating). See Figure 13.

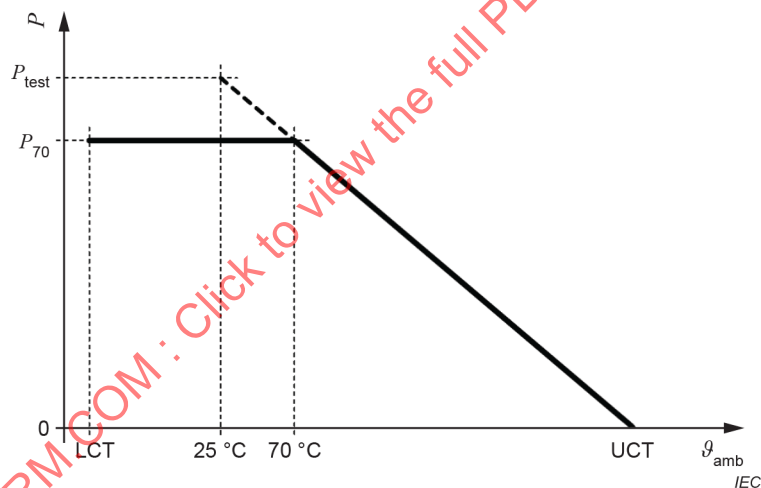


Figure 13 – Derating curve without specification of a suitable test dissipation

The extrapolation is done using

$$P_{\text{test}} = P_r \times \frac{(\theta_{\text{max}} - \theta_{\text{amb}})}{(\theta_{\text{max}} - \theta_r)}$$

where

P_{test} is the relevant dissipation for this test;

P_r is the rated dissipation, probably P_{70} for $\theta_r = 70$ °C;

θ_{max} is the upper category temperature for the specimen, $\theta_{\text{max}} = \text{UCT}$;

θ_{amb} is the ambient temperature for this test, with $\theta_{\text{amb}} = 25$ °C;

θ_r is the rated temperature, probably $\theta_r = 70$ °C.

NOTE This determination of the test dissipation applies, regardless of the derating diagram actually showing dissipation above the rated dissipation or not, i.e. regardless of the relevant specification permitting uprating or not. The extrapolation to the test dissipation does not become part of the derating diagram.

7.2.6 Duration

The duration of the endurance test at rated temperature shall be 1000^{+24}_0 h, with the tolerance in accordance with 5.3.4. This is approximately 42 days.

The relevant specification may prescribe an extended duration of the test; see 7.2.9.

7.2.7 Intermediate measurements

The relevant specification may prescribe durations after which intermediate resistance measurements shall be performed, e.g. 48 h, 168 h, or 500 h. Any such prescription of an intermediate measurement shall also prescribe suitable requirements.

NOTE 1 It is at the discretion of the relevant specification to prescribe intermediate measurements as part of the qualification test schedule and concurrently omit them or leave them optional in the schedule for quality conformance inspections.

NOTE 2 It would normally not be appropriate for any requirement prescribed for an intermediate measurement to be inferior to the requirement prescribed for the regular test duration of 1 000 h.

For intermediate measurements, one of the following methods may be applied, where the chosen method shall be maintained for all intermediate measurements of any specimen under test within a particular test schedule.

- a) Intermediate resistance measurements may be performed inside the test chamber, if an additional reference measurement inside the test chamber has been performed at the beginning of the test. Such measurements inside the test chamber shall be performed in the second half of a 0,5 h off period.
- b) The resistors may be removed from the chamber and then shall be allowed to recover under standard atmospheric conditions for testing for a period of 1 h to 4 h prior to performance of an intermediate resistance measurement. The removal from the chamber shall take place in the second half of a 0,5 h off period. The interval between the removal of any specimen from the chamber and its return to the chamber shall not exceed 8 h; nonetheless, it is not counted for the prescribed test duration.

7.2.8 Final inspection and measurements

The resistors shall be removed from the test chamber and be allowed to recover under standard atmospheric conditions for testing for a period of 1 h to 4 h after completion of the test duration.

The resistors shall be visually examined.

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

For insulated resistors only, the insulation resistance shall then be measured as specified in 12.1, using the method prescribed by the relevant specification.

7.2.9 Extended duration

If prescribed by the relevant specification, the duration of the test shall be extended to a prescribed duration, e.g. 2 000 h, or 8 000 h. In this case, the interval between the removal of any specimen from the chamber after the 1 000 h test duration and its return to the chamber shall not exceed 8 h. A tolerance in accordance with 5.3.4 shall apply to the prescribed duration.

NOTE Prior revisions of this test had imposed a special requirement for resistors specifically designed for DC applications and a maximum element temperature in excess of 200 °C, demanding the duration of this test to be extended to 3 000 h or 5 000 h with unchanged test voltage polarity. The ruling of such conditions, however, is subject of the relevant specifications.

The relevant specification may prescribe intermediate resistance measurements as in 7.2.7 for the extension of the test duration.

The specimen shall be subjected to the final inspection and measurements of 7.2.8 after completion of the extended duration. The relevant specification shall prescribe the requirements to be applied after the extended duration.

7.2.10 Requirements

The change of resistance between initial and final measurement shall not exceed the limit prescribed by the relevant specification.

There shall be no visible damage. Any applied marking shall be legible.

For insulated resistors only, the insulation resistance shall not be less than the minimum value prescribed by the relevant specification.

7.3 Endurance at a maximum temperature

NOTE This test is also known as "storage test". The test combines the prior tests for endurance at the upper category temperature and for endurance at maximum element temperature.

7.3.1 Purpose of this test

Ageing stability of resistors is, amongst other influences, predominantly attributed to the temperature of the resistive element itself (film, foil, wire, etc.), where different physical mechanisms may be suspected to act for electrically generated heat (i.e. dissipation), or for heat applied externally.

While the endurance to electrically generated heat is assessed through the tests of 7.1 (endurance at rated temperature), or 7.2 (endurance at room temperature), this test 7.3 focuses on the endurance under externally applied heat. It is often linked with expressions like "storage at a high temperature", where this high temperature is the upper category temperature, which should at least be the maximum element temperature (see 7.3.5 a)).

In cases where the maximum element temperature of a resistor is particularly high, also the termination material is likely to be subjected to temperatures too high to allow the termination surface to remain in conditions suitable for a good electrical contact. Then, for the sake of testability, the upper category temperature may be set below the maximum element temperature, leaving the requirement of a remaining dissipation (i.e. the category dissipation) to be applied in order to still achieve the maximum element temperature in the resistor (see 7.3.5 b), endurance at a maximum temperature: UCT with category dissipation). Such conditions are subject to the ruling of the relevant specification.

7.3.2 Test chamber

The size of the testing chamber and the number of resistors under test shall be such that, when all resistors are fully loaded, the heat produced by them shall be less than that required to maintain the atmosphere in the chamber at the prescribed maximum temperature so that the temperature can still be controlled by the heating elements. The temperature sensors shall be suitably spaced from the resistors and shall be shielded so as not to be directly influenced by the radiation of the resistors. It is assumed, in this test, that the ambient temperature of the resistors is the same as the upper category temperature.

There shall be no undue draught over the resistors. If forced air circulation is used in the test chamber, the resistors shall be protected so that there is no draught, other than by natural convection, over the resistors.

7.3.3 Mounting of the specimens

Mounting of the specimen is only required, if they are supposed to dissipate their category dissipation in this test. The mounting of the specimen depends on the type of resistor and shall be in accordance with the provisions of 5.5 and the following, unless otherwise prescribed by the relevant specification.

- a) Surface-mount resistors shall be mounted on suitable test boards (see 5.5.2), with details to be prescribed by the relevant specification.
- b) For resistors with termination wires, which are intended for use on printed circuit boards, the same mounting as under c) shall be applied, unless the relevant specification prescribes a suitable test board for the mounting of the specimen.
- c) Resistors not primarily intended for use on printed circuit boards shall be connected by their terminations to suitable clips on a rack of conductive material (see 5.5.3). All resistors shall be mounted in a horizontal position, in one layer only, unless otherwise prescribed by the relevant specification. The distance between the axes of the resistors shall be not less than seven times the diameter of the resistors' body.

Those resistors for which the test is to be performed at zero dissipation may be inserted into the chamber without being mounted to a rack or a test board. However, the correlation of the measurements shall be ensured, e.g. by individual identification of the specimens.

NOTE The insertion of unmounted specimens into the test chamber does not permit intermediate measurements at the test temperature (see. 7.3.7).

7.3.4 Initial measurement

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

7.3.5 Temperature and load

Inserted into the test chamber, the resistors shall be subjected to the upper category temperature with a permissible tolerance, in accordance with 5.3.2, of ± 3 °C.

For practical reasons, a limitation of the upper category temperature to 200 °C, for example, may be recommendable, which should be applied through the ratings and prescriptions of the relevant specification.

The determination of the relevant dissipation for this test depends on the ratings and derating curve given for the resistors to be tested:

- a) Endurance at a maximum temperature: UCT. For those resistors for which the upper category temperature is at least the maximum element temperature, the category dissipation is zero, hence no power shall be dissipated from the specimen. An example of a derating curve for this case is given in Figure 14.

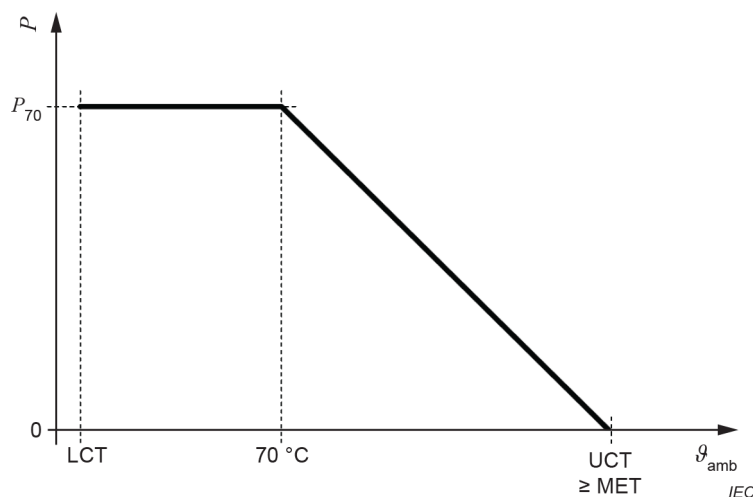


Figure 14 – Derating curve for $UCT \geq MET$

- b) Endurance at a maximum temperature: UCT with category dissipation. For those resistors for which the upper category temperature is lower than the maximum element temperature, the category dissipation shall be dissipated from the specimen in cycles of 1,5 h on and 0,5 h off throughout the test for the prescribed duration. An example of a derating curve for this case is given in Figure 15.

NOTE 1 The category dissipation is the fraction of the rated dissipation determined by the derating curve, typically featuring a linear slope down from rated dissipation at rated temperature to zero dissipation at maximum element temperature. Rated values for the category dissipation and for the maximum element temperature are given by the relevant specification along with the general prescription of category temperatures.

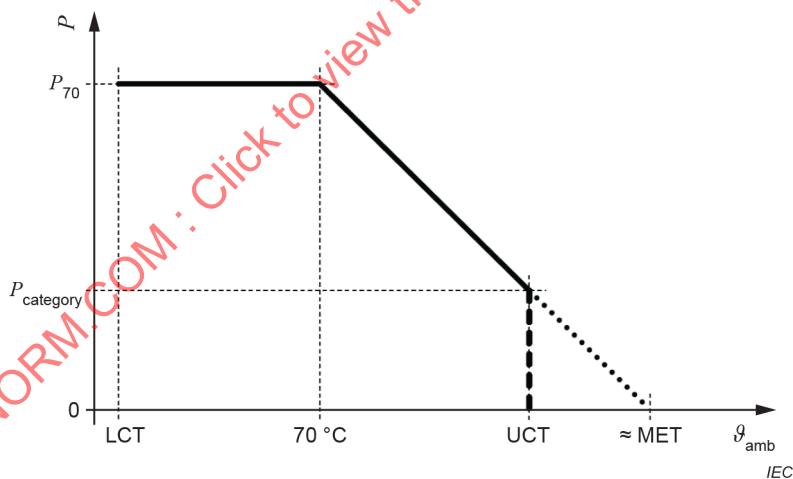


Figure 15 – Derating curve for $UCT < MET$

The test voltage shall be the voltage calculated from the category dissipation and the nominal resistance, or the limiting element voltage, whichever is the smaller. It shall be maintained within a relative tolerance of $\pm 5\%$. The test voltage may be DC or AC RMS, unless specific prescriptions are given by the relevant specification.

NOTE 2 Prior revisions of this test had imposed restrictions about dissipations $P \leq 15$ W to be provided by DC voltage, while dissipations $P > 15$ W had to be provided by AC voltage. The ruling of such conditions, however, is subject of the relevant specifications.

7.3.6 Duration

The duration of the endurance test at rated temperature shall be 1000^{+24}_0 h, with the tolerance in accordance with 5.3.4. This is approximately 42 days.

The relevant specification may prescribe an extended duration of the test (see 7.3.9).

7.3.7 Intermediate measurements

The relevant specification may prescribe durations after which intermediate resistance measurements shall be performed (e.g. 48 h, 168 h, or 500 h). Any such prescription of an intermediate measurement shall also prescribe suitable requirements.

NOTE 1 It is at the discretion of the relevant specification to prescribe intermediate measurements as part of the qualification test schedule and concurrently omit them or leave them optional in the schedule for quality conformance inspections.

NOTE 2 It would normally not be appropriate for any requirement prescribed for an intermediate measurement to be inferior to the requirement prescribed for the regular test duration of 1 000 h.

For intermediate measurements, one of the following methods may be applied, where the chosen method shall be maintained for all intermediate measurements of any specimen under test within a particular test schedule.

- a) Intermediate resistance measurements may be performed at the test temperature, if an additional reference measurement at the test temperature has been performed at the beginning of the test. Such measurements at the test temperature shall be performed in the second half of a 0,5 h off period.

NOTE 3 The intermediate measurement at the test temperature is only feasible if the specimens are mounted on a rack or test board as described in 7.3.3.

- b) The resistors may be removed from the chamber and then shall be allowed to recover under standard atmospheric conditions for testing for a period of 1 h to 4 h prior to performance of an intermediate resistance measurement. The removal from the chamber shall take place in the second half of a 0,5 h off period. The interval between the removal of any specimen from the chamber and its return to the chamber shall not exceed 8 h, nonetheless it is not counted for the prescribed test duration.

7.3.8 Final inspection and measurements

The resistors shall be removed from the test chamber and be allowed to recover under standard atmospheric conditions for testing for a period of 1 h to 4 h after completion of the test duration.

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

The resistors shall be visually examined.

For insulated resistors only, the insulation resistance shall then be measured as specified in 12.1, using the method prescribed by the relevant specification.

7.3.9 Extended duration

If prescribed by the relevant specification, the duration of the test shall be extended to a prescribed duration, e.g. 2 000 h, or 8 000 h. In this case, the interval between the removal of any specimen from the chamber after the 1 000 h test duration and its return to the chamber shall not exceed 8 h. A tolerance in accordance with 5.3.4 shall apply to the prescribed duration.

The relevant specification may prescribe intermediate resistance measurements as in 7.3.7 for the extension of the test duration.

The specimen shall be subjected to the final inspection and measurements of 7.3.8 after completion of the extended duration. The relevant specification shall prescribe the requirements to be applied after the extended duration.

7.3.10 Requirements

The change of resistance between initial and final measurement shall not exceed the limit prescribed by the relevant specification.

There shall be no visible damage. Any applied marking shall be legible.

For insulated resistors only, the insulation resistance shall not be less than the minimum value prescribed by the relevant specification.

8 Electrical overload tests

8.1 Short-term overload

8.1.1 Purpose of this test

The object of this test is to determine the ability of a resistor to withstand a single overload of a limited duration. For large resistors, like power resistors, the overload duration for this test is traditionally prescribed as a fixed value, whereas for small resistors, like low-power film resistors or SMD resistors, the overload duration is prescribed as a set of graduated values to match the variety of specimen sizes.

For low-power film resistors, the overload duration shall be fixed in such a way, that the achieved peak surface temperature is at least 30 K above the maximum element temperature. Special considerations may apply to very small resistors, which shall be detailed by the relevant sectional specification.

NOTE The thermal mass and time constant of common SMD components assembled on a circuit board is typically too low, and thus the temperature rise too fast, to render the control of the temperature excess above the rated maximum temperature to a limited amount by prescribed specific overload durations practically feasible.

8.1.2 Preparation of the specimens

8.1.2.1 Conditioning of the specimens

If the specimens have been maintained at different environmental conditions, they shall be stored at the standard atmospheric conditions for testing (see 5.2.3) and allowed to adjust for at least 4 h.

8.1.2.2 Mounting of the specimens on a test substrate

If applicable, specimens shall be mounted on a test substrate in accordance with the prescriptions of the relevant specification (see also 5.5.1 and 5.5.2).

For the execution of this test, the substrate shall be aligned horizontally, with the specimens sitting in their natural position above this plane. No other substrate shall be stacked above that substrate.

8.1.2.3 Mounting of the specimens on a test rack

If applicable, specimens shall be mounted on a test rack in accordance with the prescriptions of the relevant specification (see also 5.5.1 and 5.5.3).

For the execution of this test, the specimens shall only be arranged in a single layer in free air, with the longitudinal axis of the specimens aligned horizontally.

8.1.2.4 Mounting of the specimens in a different way

For specimens not suitable for mounting on a test rack or on a test substrate, the relevant specification shall prescribe the suitable mounting method. This mounting method shall be equally suitable for this temperature rise test, for endurance tests, and for all other tests requiring the specimens to be mounted (see also 5.5.1).

For resistors with soldering tags, copper wire of approximately 1,0 mm diameter shall be used for connecting the resistors.

The relevant specification shall prescribe the spatial alignment of the mounted specimens for this test.

8.1.3 Initial measurements

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

8.1.4 Test procedure

8.1.4.1 General provisions for this test

The test shall be carried out at the ambient conditions as given in 5.2.3. The mounted specimens shall be in free air and there shall be no air circulation other than that produced by natural convection caused by the heated resistor.

The test voltage U_{test} shall then be applied to the terminations of the resistor for the given duration t_{load} , for which U_{test} and a possible limitation to it, and t_{load} shall be prescribed by the relevant specification.

8.1.4.2 Test procedure for film resistors

For film resistors and for surface-mount resistors the overload test is typically performed with $6,25 \times P_r$, hence the test voltage shall preferably be prescribed as

$$\begin{aligned} U_{\text{test}} &= 2,5 \times U_r \\ &= \sqrt{6,25 \times P_r \times R_n} \end{aligned}$$

where however the test voltage is limited as follows

$$U_{\text{test}} \leq 2 \times U_{\text{max}}$$

For film resistors, the overload duration t_{load} shall be prescribed by times assigned to the relevant specimen sizes, chosen from the preferred values 0,5 s, 1 s, 2 s, 5 s or 10 s, with a tolerance in accordance with 5.3.4.

8.1.4.3 Test procedure for wirewound resistors

For wirewound resistors the overload test is typically performed with $10 \times P_r$, hence the test voltage shall preferably be prescribed as

$$\begin{aligned} U_{\text{test}} &= \sqrt{10} \times U_r \\ &= \sqrt{10 \times P_r \times R_n} \end{aligned}$$

where however the test voltage is limited as follows

$$U_{\text{test}} \leq 2 \times U_{\text{max}}$$

In cases where no $U_{\max}$ is given by the relevant specification, a limiting value will typically be derived from the length of the resistive element.

For wirewound resistors, the overload duration t_{load} shall be prescribed by a fixed time, preferably 5 s or 10 s, with a tolerance in accordance with 5.3.4.

8.1.5 Recovery, final inspection and measurements

The specimen shall be allowed to recover at ambient conditions according to 5.2.3 in order to reach thermal equilibrium. The duration shall be between 1 h and 2 h, unless otherwise prescribed by the relevant specification.

The resistors shall be visually examined.

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

8.1.6 Requirements

There shall be no visible damage and the marking, where applied, shall be legible.

The change of resistance between the initial and the final measurement, shall not exceed the limit prescribed by the relevant specification.

8.2 Single-pulse high-voltage overload test

8.2.1 Purpose of this test

The object of this test is to determine the ability of a resistor to withstand occasional high-voltage overloads. Such overloads may occur to resistors if the equipment in which they are used are subjected, for example, to surges due to lightning strokes on or near the end of a connected line, to transient surges on mains-voltage lines, or to potential differences occurring between the power and the telecommunication systems.

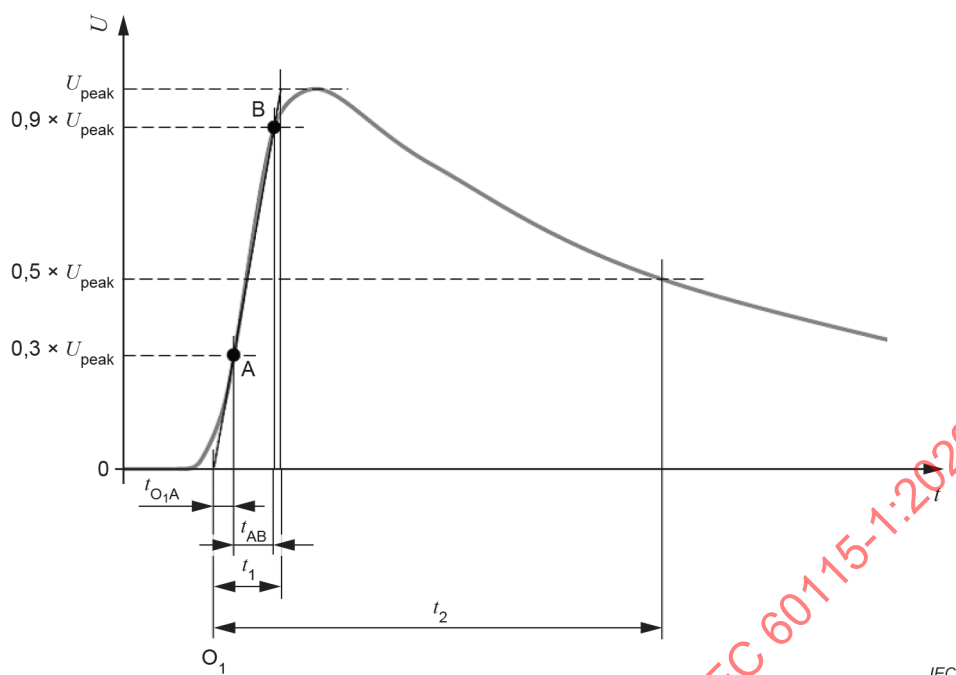
NOTE Whereas a repetitive overload voltage usually is a function of the electronic circuit and increases the power dissipation of the device, a non-repetitive transient voltage usually originates from an external cause. It is generally assumed for a non-repetitive transient that its thermal effect has completely disappeared before the next transient arrives.

8.2.2 Definition of the high-voltage pulses

8.2.2.1 Generic pulse shape

Occasional high-voltage overloads usually originate from an interference caught up on conductive connections to an electronic equipment, e.g. from lightning or from current surges. Therefore, the pulse shapes applied in this test are adopted from specific standards on such interferences.

The pulses applied in this test are referred to as pulse shape 1,2/50 or as pulse shape 10/700.



Key

- O_1 Virtual origin of the pulse curve, determined by extrapolation of the slope through A and B.
- A Reference points on the pulse curve, set at 30 % of its peak voltage
- B Reference points on the pulse curve, set at 90 % of its peak voltage

Figure 16 – Parameters of an open-circuit lightning impulse voltage

The general pulse shape, illustrated in Figure 16, is defined in line with the provisions for lightning impulse voltages, where

t_{O1A} is the time from the virtual origin O_1 to the instant where the impulse is 30 % of its peak value on the test voltage curve, shown as reference point A. It is determined as

$$t_{O1A} = 0,3 \times t_1$$

t_{AB} is the interval between the instants when the impulse is 30 % and 90 % of the peak value on the test voltage curve, shown as reference points A and B

t_1 is the virtual open-circuit front time starting at the virtual origin O_1 , determined as

$$t_1 = \frac{1}{0,6} \times t_{AB}$$

t_2 is the virtual open-circuit time to half-value, which is defined as the time interval from the virtual origin O_1 to the instant when the test voltage has decreased to 50 % of its peak value.

NOTE 1 For records having linear time scales, the virtual origin O_1 is the intersection with the time axis of a straight line drawn through the reference points A and B on the front.

NOTE 2 The above parameters, points and their definitions are based on the provisions of IEC 60060-1 for lightning impulse voltages and on the similar provisions of IEC 61000-4-5 for surge immunity testing.

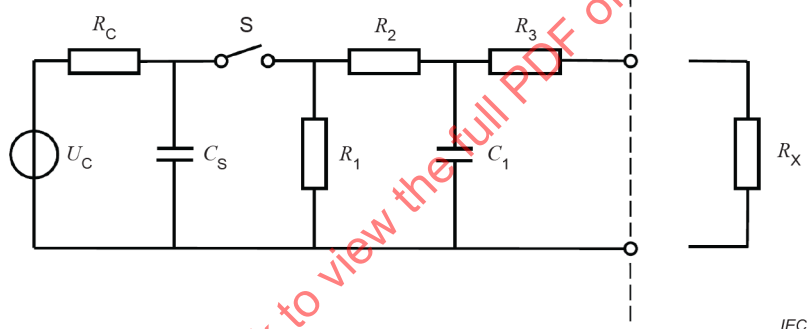
8.2.2.2 Pulse shape 1,2/50

The pulse shape 1,2/50 is known as a standard lightning-impulse voltage by its definition in IEC 60060-1 and by its application in EMC testing for surge immunity related to mains power supply systems (e.g. in IEC 61000-4-5). Other references to this pulse shape are known from the field of telecommunication, for which ITU-T K.21 applies the 1,2/50 pulse (e.g. for lightning testing of ports connected to internal cables).

The figures 1,2/50 denote an open-circuit pulse shape with a front time $t_1 = 1,2 \mu\text{s}$ and a time to half-value $t_2 = 50 \mu\text{s}$. The denomination of the corresponding short-circuit current waveform generated by the same source is 0,8/20, for a front time (10 % to 90 % of I_{peak}) of $0,8 \mu\text{s}$ and a duration (50 % of I_{peak} on the rising slope to 50 % on the trailing slope) of $20 \mu\text{s}$.

Figure 17 gives a circuit capable of providing 1,2/50 shape pulses, where the open circuit pulse voltage U_{peak} is determined by the charge voltage U_C . The circuit has a source impedance of

$$R_{\text{source}} = \frac{U_{\text{peak}}}{I_{\text{peak}}} = 37,5 \Omega$$



Key

- U_C charge voltage
- R_C charge resistor, e.g. $R_C = 1 \text{ M}\Omega$, determines the achievable pulse frequency
- C_S energy storage capacitor, $C_S = 2 \mu\text{F}$
- S switch, e.g. a suitable high-voltage relay, a spark gap or a semiconductor switch
- R_1 discharge resistor, $R_1 = 33 \Omega$, determines the open circuit pulse duration
- R_X filter resistor, $R_2 = 4 \Omega$, determines the front time and the short-circuit pulse duration
- C_1 filter capacitor, $C_1 = 0,1 \mu\text{F}$, determines the front time and the short-circuit pulse duration
- R_3 coupling resistor, $R_3 = 33,5 \Omega$, determines the short-circuit pulse duration
- R_X resistor specimen

NOTE There are different circuits given for the generation of 1,2/50 pulses (e.g. in Annex A of ITU-T K.44).

Figure 17 – Circuit for generation of 1,2/50 pulses

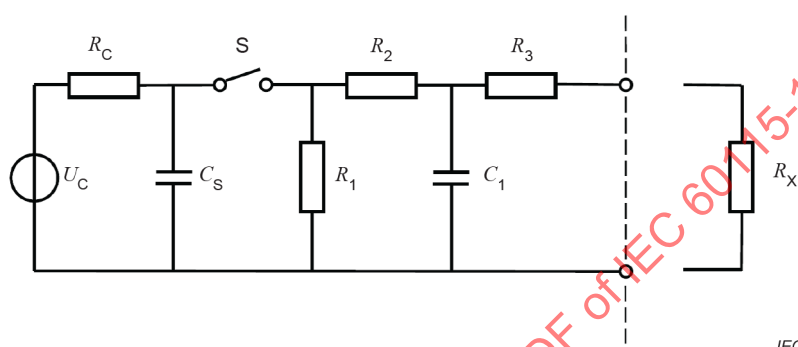
8.2.2.3 Pulse shape 10/700

The pulse shape 10/700 is appreciated as a better representation of surges encountered in extensive outdoor telecommunication networks, as discussed in IEC 61000-4-5:2014, Annex A, or in ITU-T K.21 and ITU-T K.44. The corresponding pulse shape 10/1 000 has its origin in related IEEE documents.

The figures 10/700 denote an open-circuit pulse shape with a front time $t_1 = 10 \mu\text{s}$ and a time to half-value $t_2 = 700 \mu\text{s}$. The denomination of the corresponding short-circuit current waveform generated by the same source is 5/320, for a front time (10 % to 90 % of I_{peak}) of $5 \mu\text{s}$ and a duration (50 % of I_{peak} on the rising slope to 50 % on the trailing slope) of $320 \mu\text{s}$.

Figure 18 gives a circuit capable of providing 10/700 shape pulses, where the open circuit pulse voltage U_{peak} is determined by the charge voltage U_C . The circuit has a source impedance of

$$R_{\text{source}} = \frac{U_{\text{peak}}}{I_{\text{peak}}} = 40 \Omega$$



Key

U_C charge voltage

R_C charge resistor, e.g. $R_C = 600 \text{ k}\Omega$, determines the achievable pulse frequency

C_S energy storage capacitor, $C_S = 20 \mu\text{F}$

S switch, e.g. a suitable high voltage relay, a spark gap or a semiconductor switch

R_1 discharge resistor, $R_1 = 50 \Omega$, determines the open circuit pulse duration

R_2 filter resistor, $R_2 = 15 \Omega$, determines the front time and the short-circuit pulse duration

C_1 filter capacitor, $C_1 = 0,2 \mu\text{F}$, determines the front time and the short-circuit pulse duration

R_3 coupling resistor, $R_3 = 25 \Omega$, determines the short-circuit pulse duration

R_X resistor specimen

NOTE This 10/700 pulse generator is similar to the one proposed in ITU-T K.44, Annex A.

Figure 18 – Circuit for generation of 10/700 pulses

8.2.3 Preparation of the specimens

8.2.3.1 Conditioning of the specimens

Resistor specimen submitted to this test shall have attained thermal and humidity equilibrium under standard atmospheric conditions for testing.

If required by the relevant specification, the resistors shall be dried (see 5.4).

8.2.3.2 Mounting of the specimens

The mounting of the resistor specimen shall be prescribed by the relevant specification, if mounting is required.

8.2.4 Test equipment

The pulse generating equipment shall be capable of providing the prescribed pulse shape at the open-circuit peak voltage U_{peak} prescribed by the relevant specification.

The source impedance of the pulse generating equipment shall not exceed the values demonstrated in 8.2.2 by more than 10 %.

The pulse generating equipment shall be capable of providing the prescribed pulse shape at the maximum repetition frequency given in Table 11.

8.2.5 Initial measurements

The resistors shall be visually examined, and the resistance shall be measured as specified in 5.6.

8.2.6 Test procedure and severity

The resistor shall be tested under standard atmospheric conditions for testing, see 5.2.3.

The test shall be performed with a severity chosen from Table 11, as prescribed by the relevant specification.

Table 11 – Severities for the single-pulse high-voltage overload test

Severity	Pulse shape $t_1 \text{ / } t_2$ μs	Pulse voltage U_{peak} the less severe of		Number of pulses	Pulse frequency 1/min
1	1,2/50	—	$10 \times U_{\text{max}}$	5	≤ 6
2		—	$15 \times U_{\text{max}}$		
3		—	$20 \times U_{\text{max}}$		
A ^a		$x \times \sqrt{P_r \times R_n}$	$y \times U_{\text{max}}$		
4	10/700 ^c	$10 \times \sqrt{P_r \times R_n}$	$2 \times U_{\text{max}}$	10	≤ 1
5		$20 \times \sqrt{P_r \times R_n}$	$3 \times U_{\text{max}}$		
6		$30 \times \sqrt{P_r \times R_n}$	$4 \times U_{\text{max}}$		
7		$40 \times \sqrt{P_r \times R_n}$	$5 \times U_{\text{max}}$		
8		$50 \times \sqrt{P_r \times R_n}$	$6 \times U_{\text{max}}$		
B ^b		$x \times \sqrt{P_r \times R_n}$	$y \times U_{\text{max}}$		
^a A relevant specification calling for severity A shall also prescribe the multiplying factors x and y for the range of components covered therein, observing the following limits: $x \geq 20$ and $y \geq 5$. ^b A relevant specification calling for severity B shall also prescribe the multiplying factors x and y for the range of components covered therein, observing the following limits: $x \geq 10$ and $y \geq 2$. ^c Pulse shape 10/1 000 may be applied instead of the specified pulse shape 10/700.					

8.2.7 Recovery, final inspection and measurements

The specimen shall be allowed to recover at ambient conditions in accordance with 5.2.3 in order to reach thermal equilibrium. The duration shall be between 1 h and 2 h, unless otherwise prescribed by the relevant specification.

The resistors shall be visually examined.

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

8.2.8 Requirements

There shall be no visible damage. The marking, where applied, shall be legible.

The change of resistance between initial and final measurement shall not exceed the limit prescribed by the relevant specification.

NOTE Where no specific limit is prescribed for the single-pulse high-voltage overload test, the limit given for the endurance test is a suitable condition.

The relevant specification may prescribe other requirements as are suitable for the type of resistors covered therein.

8.3 Periodic-pulse high-voltage overload test

8.3.1 Purpose of this test

The object of this test is to determine the ability of a resistor to withstand periodical short high-voltage overloads.

The pulses applied shall approximate a unipolar rectangular pulse shape with the desired pulse voltage $\bar{U}$, the pulse duration t_p and the pulse repetition period t_r .

8.3.2 Preparation of the specimens

8.3.2.1 Conditioning of the specimens

Resistor specimen submitted to this test shall have attained thermal and humidity equilibrium under standard atmospheric conditions for testing.

If required by the relevant specification, the resistors shall be dried (see 5.4).

8.3.2.2 Mounting of the specimens

The mounting of the resistor specimen shall be prescribed by the relevant specification, if mounting is required.

8.3.3 Initial measurements

The resistors shall be visually examined.

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

8.3.4 Test equipment

The pulse generator shall be able to produce a continuous sequence of the prescribed pulse with the prescribed repetition period over the prescribed duration of the test.

Care shall be taken that the pulse applied to any specimen is not influenced by any other specimen tested in parallel. This may require a separate output stage for each specimen.

It can be beneficial to sequentially apply the pulses to the specimen of a group tested in parallel, as this can permit a more economical design of the equipment.

8.3.5 Test procedure and severity

The resistors shall be tested under standard atmospheric conditions for testing (see 5.2.3), except for the temperature, which shall be $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$, or as prescribed by the relevant specification.

The specimens shall be subjected to a continuous train of unipolar, approximately rectangular pulses. The test shall be performed with a severity chosen from Table 12, with severity 3, or as prescribed by the relevant specification. Tolerances in accordance with 5.3.4 shall apply to the prescribed durations.

A single intermediate measurement is permissible (e.g. after 24 h or 48 h of testing) if failed specimens are expected.

8.3.6 Recovery, final inspection and measurements

The specimen shall be allowed to recover at ambient conditions in accordance with 5.2.3 in order to reach thermal equilibrium. The duration shall be between 1 h and 2 h, unless otherwise prescribed by the relevant specification.

The resistors shall be visually examined.

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

For insulated resistors, the insulation resistance shall then be measured as specified in 12.1, using the method prescribed by the relevant specification.

Table 12 – Severities for the periodic-pulse high-voltage overload test

Severity	Pulse voltage ^a	Pulse duration ^b	Pulse repetition ^b		Mean dissipation	Test duration
	$\hat{U}_{\text{test}}$ V	t_p μs	period t_r μs	frequency f_r Hz		
1 ^c	$\sqrt{100 \times P_r \times R_n}$	166,7	16 667	60	100 % × P_r	100
		to				
		200	20 000	50		
2	$\sqrt{6,25 \times P_r \times R_n}$	9,3	58	17 241	100 % × P_r	100
		to				
		11,2	70	14 286		
3	$\sqrt{25 \times P_r \times R_n}$	100	2 500	400	100 % × P_r	100
4	$\sqrt{20 \times P_r \times R_n}$	833,3	16 667	60	100 % × P_r	100
		to				
		1 000	20 000	50		

^a The relevant specification shall prescribe a suitable limitation to the pulse voltage $\hat{U}_{\text{test}}$, e.g. by prescribing a multiple of the limiting element voltage U_{max} .

The ringing on each level of the pulse voltage, generated by the voltage transition, shall not exceed 10 % of the pulse voltage $\hat{U}_{\text{test}}$.

^b The pulse duration t_p and the pulse repetition t_r and thus f_r shall be selected within the given ranges in order to establish the mean dissipation P_m at 100 % of the rated dissipation P_r .

The rise and fall time of each pulse shall not exceed 10 % of the pulse duration t_p , or 2 μs, whichever is the less severe requirement.

^c Severity 1 is provided to cover particular requirements for testing with high-voltage overload pulses and should not be applied as a general test.

8.3.7 Requirements

There shall be no visible damage. The marking, where applied, shall be legible.

The change of resistance between initial and final measurement shall not exceed the limit prescribed by the relevant specification.

NOTE Where no specific limit is prescribed for the single-pulse high-voltage overload test, the limit given for the endurance test is a suitable condition.

The relevant specification may prescribe other requirements as are suitable for the type of resistors covered therein.

For insulated resistors, the insulation resistance shall be not less than the value prescribed by the relevant specification.

8.4 Periodic-pulse overload test

8.4.1 Purpose of this test

The object of this test is to determine the ability of a resistor to withstand periodical overloads, where the mean dissipation is not of major relevance.

NOTE 1 The prescribed pulse intervals establish a duty cycle of 3,85 %, which leads to a mean dissipation P_m of only 57,7 % of the specimen's rated dissipation P_r .

NOTE 2 This test is a legacy from prior generations of relevant specifications and currently presented here mainly for continuity. Writers of new specifications are advised to apply the better suited periodic pulses high-voltage overload test of 8.3 instead with a suitable severity.

8.4.2 Preparation of the specimens

8.4.2.1 Conditioning of the specimens

Resistor specimen submitted to this test shall have attained thermal and humidity equilibrium under standard atmospheric conditions for testing.

If required by the relevant specification, the resistors shall be dried (see 5.4).

8.4.2.2 Mounting of the specimens

The mounting of the resistor specimen shall be prescribed by the relevant specification, if mounting is required.

8.4.3 Initial measurements

The resistors shall be visually examined and the resistance shall be measured as specified in 5.6.

8.4.4 Test procedure and severity

The resistors shall be tested under standard atmospheric conditions for testing (see 5.2.3).

The specimens shall be subjected to a continuous train of unipolar, approximately rectangular pulses. This overload test is typically performed with $15 \times P_r$, hence the test voltage shall preferably be prescribed as

$$\begin{aligned}\hat{U}_{\text{test}} &= \sqrt{15 \times U_r} \\ &= \sqrt{15 \times P_r \times R_n}\end{aligned}$$

where however the test voltage is limited as follows

$$\hat{U}_{\text{test}} \leq 2 \times U_{\text{max}}$$

The pulse of a duration $t_p = 0,1$ s shall be periodically repeated at a period of $t_r = 2,6$ s.

The number of pulses applied shall be $n = 1000^{+100}_0$.

8.4.5 Recovery, final inspection and measurements

The specimen shall be allowed to recover at ambient conditions in accordance with 5.2.3 in order to reach thermal equilibrium. The duration shall be between 1 h and 2 h, unless otherwise prescribed by the relevant specification.

The resistors shall be visually examined.

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

8.4.6 Requirements

There shall be no visible damage. The marking, where applied, shall be legible.

The change of resistance between initial and final measurement shall not exceed the limit prescribed by the relevant specification.

8.5 Electrostatic discharge

8.5.1 Purpose of this test

The object of this test is to determine the ability of a resistor to withstand electrostatic discharges (ESD) from a human body model (HBM), which typically constitute a high-voltage pulse overload to the resistor specimen.

NOTE 1 There are different representations of a human body model used for ESD sensitivity testing, comprising of different values for the storage capacitor C_s and the discharge resistor R_d . The human body model most commonly used for the testing of electronic components with $C_s = 100$ pF and $R_d = 1,5$ k Ω is employed in IEC 61340-3-1 and in IEC 60749-26, which all probably trace back to MIL-STD-883, Method 3015. Other applications of the same human body model are found, for example, in JESD22-A114, in AEC-Q100 and in AEC-Q101.

Another human body model is prescribed, for example, in AEC-Q200 with $C_s = 150$ pF and $R_d = 2$ k Ω .

Other models with significantly different values for C_s and R_d are defined for the testing of equipment.

The purpose of this test is to establish and confirm a minimum withstand ESD voltage for a range of resistors as covered by a relevant specification.

NOTE 2 The source resistance of the ESD generator, facilitated by the discharge resistor R_d , produces a voltage divider with the specimen resistance R_x . Hence the discharge will provide maximum dissipation to the specimen, where both resistances match, $R_x = R_d$. Owing to the discharge duration continuously increasing with the specimen resistance, the pulse energy loaded upon the specimen proceeds to increase notably for a decade of specimen resistance above the matching point.

The natural variation of robustness of the resistive element, e.g. by its film thickness or wire diameter or path width decreasing with increasing resistance, renders its sensitivity to pulse overloads strongly depending on the actual specimen resistance. Also changes of applied technology within the resistance range of a type of resistors, e.g. of the applied film material, should be considered as a cause for a sizeable change in pulse overload sensitivity.

Both above considerations suggest that within a range of resistors of any specific type, a maximum sensitivity to HBM electrostatic discharges would be found at a specimen resistance $R_x > R_d$, probably near $R_x \approx 10 \times R_d$. This sensitivity typically decreases with specimen resistance decreasing or increasing from that value of maximum sensitivity.

8.5.2 Preparation of the specimens

8.5.2.1 Conditioning of the specimens

Resistor specimen submitted to this test shall have attained thermal and humidity equilibrium under standard atmospheric conditions for testing.

If required by the relevant specification, the resistors shall be dried (see 5.4).

8.5.2.2 Mounting of the specimens

The mounting of the resistor specimen shall be prescribed by the relevant specification, if mounting is required.

8.5.3 Initial measurements

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

8.5.4 Test procedure and severity

The resistors shall be tested under standard atmospheric conditions for testing (see 5.2.3).

The human body model electrostatic discharge test of IEC 61340-3-1 shall be applied. Contact discharge shall be applied, i.e. the output of the discharge generator shall be connected to the specimen when the discharge is triggered within the generator.

The discharge test voltage U_{test} shall be prescribed by the relevant specification. Preferred values for U_{test} are:

300 V; 400 V; 500 V; 600 V; 800 V; 1 000 V; 1 200 V; 1 500 V; 2 000 V;
3 000 V; 4 000 V; 5 000 V; 6 000 V; 8 000 V.

NOTE The series of preferred values is in line with the rounded series R10" as given by ISO 497.

The single specimen shall be subjected to 3 discharges, followed by 3 discharges with reverse polarity, at a minimum interval of 1 s between any two discharges. The relevant specification may prescribe another number of discharges per polarity.

8.5.5 Recovery, final inspection and measurements

The specimen shall be allowed to recover at ambient conditions in accordance with 5.2.3 in order to reach thermal equilibrium. The duration shall be between 1 h and 2 h, unless otherwise prescribed by the relevant specification.

The resistors shall be visually examined.

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

8.5.6 Requirements

There shall be no visible damage and the marking, where applied, shall be legible.

The change of resistance between initial and final measurement shall not exceed the limit prescribed by the relevant specification.

A classification to a sensitivity level is not required for the purpose of this specification.

9 Mechanical measurements and tests

9.1 Visual examination

9.1.1 Purpose of this test

Object of the visual inspection is to verify the flawless appearance of the specimen, which comprises the workmanship and the appearance of the outer surfaces of the specimen.

This includes the appearance of any applied marking, where this is prescribed.

Further object of the visual inspection is to verify the unobjectionable primary and intermediate packaging of the accepted resistors, if such packaging is required to support the automated assembly of the components.

This includes the inspection of any applied marking.

9.1.2 Instrumentation

Any equipment used for visual inspection shall provide sufficient magnification and contrast, together with low optical distortion to ensure visibility of small particles or failures on the specimen.

NOTE The naked eye, hand-held single lens magnifying glasses, or magnifying glasses using a Fresnel lens are generally not assumed to meet these basic requirements.

An optical microscope may be used for the visual inspection of the specimens, preferably a stereomicroscope with a magnification in the range of $\times 3$ to $\times 10$. The microscope should offer a long working distance in order to permit the required manipulation of the specimens. A microscope with a projection screen may be found beneficial for continued inspections.

A suitable illumination system should be employed in order to provide bright images. The application of filtered or coloured light, or of polarized light, may be found beneficial to improve the perceptibility of certain features.

A larger magnification, e.g. up to $\times 50$ or above, may be desired for a more detailed view and analysis of any initial observation.

Suitable fixtures may be used to assist the inspection, provided they do not cause any damage to the specimens.

9.1.3 Requirements

The relevant specification shall prescribe details about the visual criteria and failures relevant for the kind of resistors covered therein. It should provide pictures of typical visual observations together with an assessment of these being acceptable or not, like examples given here in Annex D. The following list presents a few basic criteria for consideration:

- a) Specimens shall not exhibit any signs of contamination or corrosion.
- b) Specimens shall not exhibit any signs of defects or damage as may be resulting from manufacturing, handling or testing. They shall not exhibit any unusual deformation or misalignment. The relevant specification shall provide criteria for the acceptability of bumps, blisters or voids in the coating.
- c) A possible chip-out of a ceramic substrate or of a vitreous coating shall comply with prescribed limits.
- d) The terminations of specimens shall be properly aligned in their normal position, and shall not exhibit substantial kink or burr. An applied plating shall not show signs of damage or contamination. The relevant specification shall provide the detailed and quantitative criteria for the acceptability of observations on the terminations.

NOTE Examples for visual criteria are presented e.g. in IPC-A-610 on the acceptability of electronic assemblies.

- e) If prescribed as a subject of visual inspection, any applied marking shall be readable and shall comply with the prescriptions of the relevant specification.
- f) Voids in an alphanumeric marking are permissible as long as the observed character is clearly distinguishable from any other character applicable in that place, and hence no confusion can arise. Voids in colour coding are permissible as long as the full group of applied colour codes can be observed from any relevant angle of view, and hence no confusion can arise.

9.2 Gauging of dimensions

9.2.1 Purpose of this test

All dimensions and shapes indicated by the relevant specification as being suitable for gauging shall be checked.

Where no dimensions are indicated for gauging, the outer dimensions of the resistor body and of its terminations shall be gauged as appropriate.

Gauging of dimensions may be substituted by measurement of the indicated dimensions in accordance with 9.3.

9.2.2 Instrumentation

9.2.2.1 General provisions for this test

The limiting dimensions are generally prescribed as absolute limits. The policy on inset limits in accordance with IECQ 03-1:2018, Annex C, shall be applied to the preparation of gauges or other representations of the required acceptance windows.

Any equipment used for gauging shall provide sufficient accuracy, magnification and geometrical resolution, as applicable, to ensure an accuracy of 10 % of the permitted dimensional tolerance.

Suitable fixtures may be used to assist the inspection, provided they do not cause any damage to the specimens.

9.2.2.2 Mechanical gauges

Where suitable, mechanical gauges may be applied for the verification of compliance with the given dimensional limits.

If applicable, measurements shall be made in accordance with IEC 60294.

9.2.2.3 Optical comparator

For those dimensions and properties observable from a unidirectional view, an optical comparator (also known as optical profile projector) of sufficient magnification may be used, where the verification of compliance with small given dimensional limits will be based on dedicated apertures for each inspected dimension. Transmitted light or incident light may be applied as required for the inspection of an outer shape or of a surficial feature.

9.2.2.4 Automated optical inspection (AOI)

For those dimensions and properties observable from a unidirectional view, an automated optical inspection system of sufficient magnification and geometrical resolution may be used, where the verification of compliance with small given dimensional limits will be based on dedicated programming for each inspected dimension. Transmitted light or incident light may be applied as required for the inspection of an outer shape or of a surficial feature.

9.2.3 Requirements

Each gauged dimension shall be found to be within the respective acceptance window according to the dimension limits prescribed by the relevant specification.

Each gauged shape shall be found to comply with the shape prescribed by the relevant specification without notable distortion.

9.3 Detail dimensions

9.3.1 Purpose of this test

All dimensions specified by the relevant specification shall be measured and assessed for compliance with the prescribed tolerances.

9.3.2 Instrumentation

9.3.2.1 General provisions for this test

The limiting dimensions are generally prescribed as absolute limits. The policy on inset limits according to IECQ 03-1:2018, Annex C, shall be applied to the preparation of gauges or other representations of the required acceptance windows.

Any equipment used for measuring dimensions shall provide sufficient accuracy, magnification and geometrical resolution, as applicable, to ensure an accuracy of 10 % of the permitted dimensional tolerance.

Suitable fixtures may be used to assist the inspection, provided they do not cause any damage to the specimens.

9.3.2.2 Contact measuring devices

Where suitable, vernier callipers or micrometres may be used for measuring dimensions, provided they do not alter the measured dimension or cause any damage to the specimens.

9.3.2.3 Optical microscope

An optical microscope may be suitable for measuring dimensions

In a sequential operation, one end of a specimen dimension is aligned at suitable magnification with a reticule provided in the focal plane of the microscope, followed by the stage being shifted to align the dimension's other end with the reticule and the determination of the dimension from the measured displacement of the stage.

If the microscope provides a measuring scale in the focal plane, smaller dimensions of a viewed specimen can be determined by reading through the ocular lens and proper consideration of the adjusted magnification.

9.3.2.4 Digital optical metering system

An optical metering system may be suitable for manual or automatic measuring of dimensions, where the dimension is assessed from a digital image recorded in that system. The actual suitability of such a system shall be verified based on the systems specification.

9.3.3 Requirements

The values measured for each dimension shall not exceed the limits prescribed for that dimension by the relevant specification.

9.4 Robustness of the resistor body

9.4.1 Purpose of this test

The object of this test is to determine the ability of the resistor to withstand an orthogonal force applied to its body.

This test is applicable to specimens of a considerable size, e.g. with a minimum body length L of 25 mm.

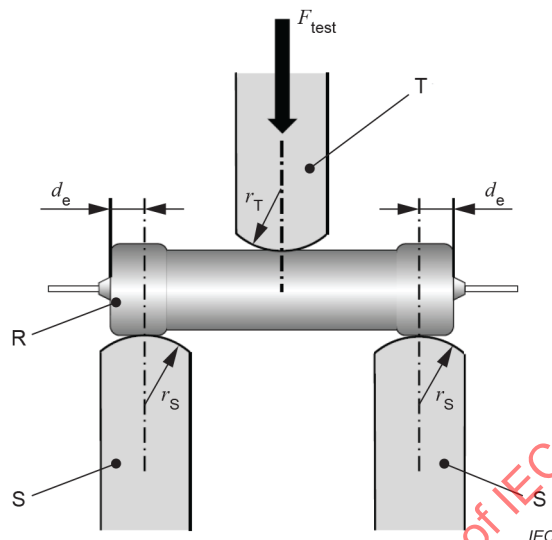
9.4.2 Test method

9.4.2.1 Preparation of the specimens

The specimens shall be allowed to reach thermal equilibrium with the laboratory temperature.

9.4.2.2 Test procedure

The body of the specimen shall rest on a pair of support bars with rounded top surfaces. The point of support shall be at a distance d_e from the end faces of the body (see Figure 19). For d_e shall apply: $d_e \leq 5 \text{ mm}$, or $d_e \leq 0,2 \times L$, whichever is smaller.



Key

- T thrust bar with the contact area rounded with a radius $r_T \geq 5 \text{ mm}$
- S support bar with the contact area rounded with a radius $r_S \geq 5 \text{ mm}$
- R resistor specimen
- d_e distance of support from the respective end face
- F_{test} thrust force

Figure 19 – Testing of resistor body robustness

A thrust bar with its rounded front surface shall be used at the centre between the support bars. It shall apply a test force F_{test} evenly increasing up to the value prescribed by the relevant specification, and hold that force for a test duration of 10 s.

A relative tolerance of $\pm 5 \%$ shall apply to the test force and to the test duration.

9.4.3 Recovery, final inspection and measurements

There is no recovery required for the specimens subjected to this test.

The specimen shall be visually examined after release of the test force.

Electrical measurements are not recommended for this test.

9.4.4 Requirements

The body of the resistor shall not be broken and shall not exhibit any cracks.

9.5 Robustness of terminations

9.5.1 Purpose of this test

The object of these tests is to verify that the terminations and the attachment of the terminations to the resistor body will withstand such mechanical stresses as are likely to be applied during regular assembly or handling operations.

The relevant specification shall prescribe which test method or the sequential combination of which test methods shall be applied.

The test or combination of tests shall be applied to all terminations of the resistor, unless the relevant specification prescribes a specific number of terminations to be tested for resistor specimens having more than four terminations.

9.5.2 Preparation of the specimens

The tests shall be applied to the resistor specimens with their regular terminations, e.g. straight wires.

The specimens shall be allowed to reach thermal equilibrium with the laboratory temperature.

For the torsion test, the terminations shall be bent 90° from their original axis as prescribed by IEC 60068-2-21 for the test U_c.

9.5.3 Initial measurement

The resistors shall be measured as specified in 5.6.

9.5.4 Test methods

9.5.4.1 General provisions for these test methods

The tests shall be executed under standard atmospheric conditions for testing (see 5.2.3).

The resistors shall be subjected to an individual test U_{a1}, U_b, or U_c of IEC 60068-2-21, or to a sequential combination of these tests, as prescribed by the relevant specification.

9.5.4.2 Tensile test

Table 13 – Tensile test force for wire terminations

Nominal cross-sectional area S mm ²	Corresponding diameter d for circular-section wires mm	Pull force F_p ^a N
$S \leq 0,05$	$d \leq 0,25$	1
$0,05 < S \leq 0,1$	$0,25 < d \leq 0,35$	2,5
$0,1 < S \leq 0,2$	$0,35 < d \leq 0,5$	5
$0,2 < S \leq 0,5$	$0,5 < d \leq 0,8$	10
$0,5 < S \leq 1,2$	$0,8 < d \leq 1,25$	20
$1,2 < S$	$1,25 < d$	40
For circular-section wires, strips or pins, the nominal cross-sectional area is equal to the value calculated from the nominal dimension(s) as prescribed by the relevant specification.		
For stranded wires, the nominal cross-sectional area is obtained by taking the sum of the cross-sectional areas of the individual strands of the conductor prescribed by the relevant specification.		
^a A relative tolerance of ± 10 % shall apply to the prescribed pull force F_p .		

The resistor shall be subjected to test U_{a1} of IEC 60068-2-21.

A pull force F_p as given in Table 13 shall be applied to resistors with wire, strip or pin terminations. A pull force $F_p = 20$ N shall be applied to resistors with other terminations.

9.5.4.3 Bending test

This test is not applicable to terminations that are described as rigid by the relevant specification.

The resistor shall be subjected to test Ub of IEC 60068-2-21, bending procedure 1, method 1.

This method calls for one inclination of the resistor body to 90° from its initial vertical position and back, immediately followed by an inclination to 90° on the opposite side and back. The bending of the termination occurs through application of a vertical bending force F_b as prescribed by IEC 60068-2-21 for this test (e.g. by hanging a suitable weight to the end of the termination).

9.5.4.4 Torsion test

This test is not applicable to terminations that are described as rigid by the relevant specification. This test is not applicable to resistors with unidirectional (radial) terminations intended to be assembled on a circuit board.

The resistor shall be subjected to test Uc of IEC 60068-2-21, method 1, severity 2.

This method calls for a rotation of the resistor body against the clamped bent wire to 180°, followed by a second rotation 180° in the opposite direction.

9.5.5 Inspection during a sequential combination of tests

If a sequential combination of test methods is prescribed by the relevant specification, the resistors shall be visually examined after each test method.

9.5.6 Recovery, final inspection and measurements

There is no recovery required for the specimens subjected to this test.

After the test, the resistors shall be visually examined.

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

9.5.7 Requirements

9.5.7.1 Requirements during execution of the test

The following requirement applies if a sequential combination of test methods is prescribed by the relevant specification.

There shall be no visible damage.

9.5.7.2 Requirements at completion of the test

There shall be no visible damage.

The change of resistance between initial and final measurement shall not exceed the limit prescribed by the relevant specification.

9.6 Robustness of threaded stud or screw terminations

9.6.1 Purpose of this test

This test is applicable to terminations consisting of threaded studs or screws, or of integral mounting devices (e.g. internal threads for attachment of connections with screws).

The object of these tests is to verify that the terminations and the attachment of the terminations to the resistor body, or the integral mounting devices will withstand such torque forces as are likely to be applied during regular assembly or handling operations.

9.6.2 Preparation of the specimens

All termination parts and attached accessories (e.g. nuts, washers, screws) shall be clean and dry.

The specimens shall be allowed to reach thermal equilibrium with the laboratory temperature.

9.6.3 Initial measurement

The resistors shall be measured as specified in 5.6.

9.6.4 Torque test

The resistor shall be subjected to the torque test Ud of IEC 60068-2-21, preferably with the details given in Table 14, for the severity prescribed by the relevant specification.

Table 14 – Test torque for threaded studs, screws and integral mounting devices

Nominal thread diameter mm	Torque ^a	
	Severity 1	Severity 2
2,5	0,28	0,14
2,6	0,3	0,15
3	0,5	0,25
3,5	0,8	0,4
4	1,2	0,6
5	2,0	1,0
6	2,5	1,25

^a A relative tolerance of ± 10 % shall apply to the prescribed torques.

9.6.5 Recovery, final inspection and measurements

There is no recovery required for the specimens subjected to this test.

After the test, the resistors shall be visually examined.

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

9.6.6 Requirements

There shall be no visible damage.

The change of resistance between initial and final measurement shall not exceed the limit prescribed by the relevant specification.

9.7 Shear test

NOTE This test is also known as "adhesion test".

9.7.1 Purpose of this test

The object of this test is to assess the mechanical robustness of the terminations of surface mount resistors, which are mounted on a substrate, by subjecting the specimens to a lateral force. This test is based on test Ue_3 of IEC 60068-2-21.

This test is not applicable to other styles than surface-mounted components.

9.7.2 Preparation of the specimen

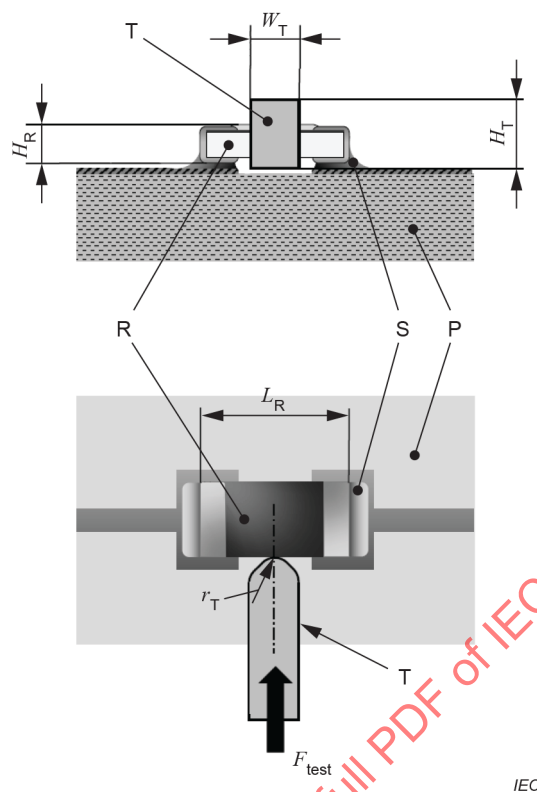
The surface-mount resistors shall be mounted on a substrate as described in 5.5.2. The relevant specification shall prescribe the type and dimension of substrate, the land pattern design and the solder alloy to be used for the mounting of specimens for this test.

The specimens shall be allowed to reach thermal equilibrium with the laboratory temperature.

9.7.3 Test equipment

For performing the test Ue_3 of IEC 60068-2-21, the substrate with the mounted specimen shall be fixed in order to make the thrust device apply its force parallel to its mounting surface and perpendicular to the side face of the specimen (see Figure 20). The height of the thrust device shall exceed the height of the specimen. The thrust device shall be aligned to overhang above and below the specimen's side surface in order to avoid any undue notching effect on the specimen's body.

9.7.4 Test procedure



Key

- T thrust device, with the contact area rounded with a radius $r_T \geq 0,25 \times L_R$
- H_T height of the thrust device, $H_T > H_R$
- P substrate
- R resistor specimen, with its length L_R and height H_R
- S solder joint
- F_{test} thrust force

NOTE The use of flat faced thrust devices bears the risk of a wedge effect emerging from its edges, and thus of damaging the specimen.

Figure 20 – Shear test for SMD resistors

The surface-mount resistors shall be subjected to the procedure of test Ue₃ of IEC 60068-2-21. One of the following conditions shall be applied, as prescribed by the relevant specification:

- a test force F_{test} evenly increasing up to $F_{\text{test}} = 5 \text{ N}$ shall be applied to the resistor body, and shall be maintained for a period of $(10 \pm 1) \text{ s}$;
- a test force F_{test} evenly increasing up to a value prescribed by the relevant specification shall be applied to the resistor body, where the prescribed force shall be proportional to the average mass of the type of components tested.

The stress may be immediately removed after reaching the given force. The relevant specification shall prescribe the required test forces based on the typical masses of the resistors covered therein.

The thrust device shall be applied to the side of the specimen without shock and the test force shall be increased and decreased gradually. A relative tolerance of $\pm 5 \%$ shall apply to the prescribed test force.

NOTE The choice of two test severities for this test has been introduced with the 4th edition of this standard, with choice a) presenting the prior single severity. Therefore, any reference to this test without being specific to choice a) or b) for the severity presumably refers to severity a).

9.7.5 Recovery, final inspection and measurements

There is no recovery required for the specimens subjected to this test.

The terminations of the surface-mount resistors shall be visually examined in the mounted state.

Electrical measurements are not recommended for this test.

9.7.6 Requirements

There shall be no visible damage.

9.8 Substrate bending test

NOTE This test is also known as "bond strength of the end face plating".

9.8.1 Purpose of this test

The object of this test is to assess the mechanical robustness of the terminations of surface mount resistors, which are mounted on a substrate, by subjecting the specimen terminations to a peel force. The substrate bending test uses test U_{e1} of IEC 60068-2-21.

This test is not applicable to styles other than surface-mounted components.

9.8.2 Preparation of the specimens

The surface-mount resistors shall be mounted on a substrate as described in 5.5.2.

The substrate shall be a standard copper clad epoxide woven E-glass laminated circuit board with nominal thickness of 1,6 mm, except for resistor styles RR1005M and smaller, for which a nominal thickness of 0,8 mm shall apply.

The relevant specification shall prescribe the land pattern design and the solder alloy to be used for the mounting of specimens for this test.

The specimens shall be allowed to reach thermal equilibrium with the laboratory temperature.

9.8.3 Initial measurement

The resistance of the surface-mount resistor shall be measured as specified in 5.6.

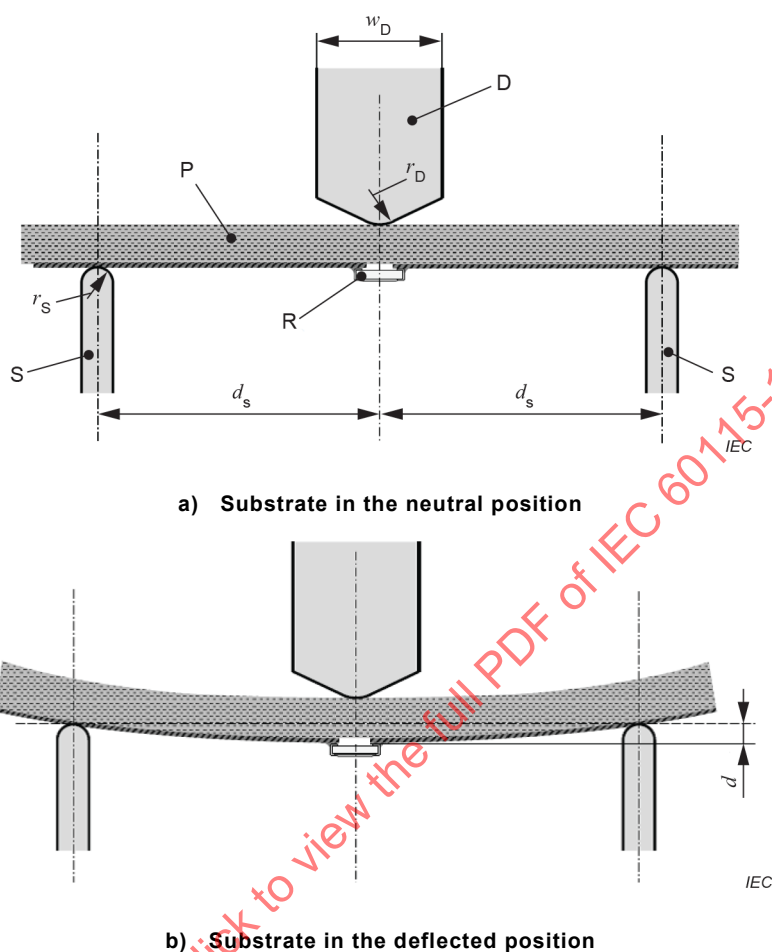
9.8.4 Test procedure

The resistor shall be subjected to test U_{e1} of IEC 60068-2-21, preferably with the details given in Table 15.

Table 15 – Recommended parameters for the substrate bending test

Parameter	Recommended value
Deflection, d	$(2 \pm 0,2)$ mm
Deflection holding time, t_{hold}	(20 ± 1) s
Number of deflections, n	3

In a test jig as shown in Figure 21, the substrate shall be bent gradually to a deflection d . The substrate shall be maintained in the bent position for a duration t_{hold} before it is gradually relieved to the neutral position.



Key

- D deflection device, width $w_D = (20 \pm 2)$ mm, with rounded contact area, $r_D = (5 \pm 0,5)$ mm
- S support, distance $d_s = (45 \pm 2)$ mm, with rounded contact area, $r_S = (2,5 \pm 0,25)$ mm
- P substrate, as prescribed by the relevant specification
- R resistor specimen(s)
- d deflection

NOTE 1 A suitable minimum length of the test substrate is 100 mm, except for cases where an edge connector is to be attached to the substrate outside of the support bars

NOTE 2 This side view showing only one specimen does not preclude the simultaneous testing of multiple specimens on the same substrate.

Figure 21 – Substrate bending test for SMD resistors

The sequence of bending, holding and relieving shall be executed in succession for n times, with the duration in the neutral position being the same as t_{hold} .

Electrical continuity shall be monitored throughout the test.

The relevant specification may prescribe other values for d , t_{hold} and n as required for the concerned type of components.

9.8.5 Recovery, final inspection and measurements

The resistance of the surface-mount resistors shall be measured as specified in 5.6, with the board in the bent position of the last bend.

The printed board shall be allowed to relieve from the bent position before being removed from the test jig.

The terminations of the surface-mount resistors shall be visually examined in the mounted state.

9.8.6 Requirements

9.8.6.1 Requirements during execution of the test

The test board with the mounted specimen shall not exhibit an open circuit at any moment of the deflecting, holding and relieving sequence.

9.8.6.2 Requirements at completion of the test

The change of resistance between initial and final measurement shall not exceed the limit prescribed by the relevant specification.

There shall be no visible damage.

9.9 Bump

9.9.1 Purpose of this test

The object of this test is to assess the effect of repetitive shocks that specimens can be subjected to during transportation or in use.

9.9.2 Preparation of the specimens

The resistor shall be mounted as prescribed by the relevant specification. This prescription shall consider the recommendations and guidance of IEC 60068-2-47 on component specimens. The specimens shall be mounted in such a way that they are not exposed to resonances originating from the substrate.

The relevant specification should prescribe the use of means for mechanical fastening to the circuit board or mounting base, where this is applicable and typically used.

The specimens shall be allowed to reach thermal equilibrium with the laboratory temperature.

9.9.3 Initial measurements

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

9.9.4 Test procedure

The test shall be executed under standard atmospheric conditions for testing (see 5.2.3).

The resistors shall be subjected to test Ea of IEC 60068-2-27, preferably with the details given in Table 16.

Table 16 – Recommended parameters for the bump test

Parameter	Recommended value
Pulse shape	Half-sine
Peak acceleration, $\hat{a}$	40 g_n (400 m/s ²)
Duration of pulse, t_p	6 ms
Number of pulses, n	(4 000 $\pm$ 10) ^a or (5 000 $\pm$ 10) for each axis and direction
Direction of pulses	each direction of the three mutually perpendicular axes of the specimen
NOTE The above recommendation of the test parameters follows the recommendations given in earlier revisions of IEC 60068-2-29 for the bump testing of components and other small specimens.	
^a The number of 4 000 pulses has been a choice in prior editions of IEC 60068-2-29.	

9.9.5 Recovery, final inspection and measurements

There is no recovery required for the specimens subjected to this test.

After the test, the resistors shall be visually examined.

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

9.9.6 Requirements

There shall be no visible damage.

The change of resistance between initial and final measurement shall not exceed the limit prescribed by the relevant specification.

9.10 Shock

9.10.1 Purpose of this test

The object of this test is to assess the effect of relatively infrequent non-repetitive shocks that specimens can be subjected to during transportation or in use.

9.10.2 Preparation of the specimens

The resistor shall be mounted as prescribed by the relevant specification. This prescription shall consider the recommendations and guidance of IEC 60068-2-47 on component specimens. The specimens shall be mounted in such a way that they are not exposed to resonances originating from the substrate.

The relevant specification should prescribe the use of means for mechanical fastening to the circuit board or mounting base, where this is applicable and typically used.

The specimens shall be allowed to reach thermal equilibrium with the laboratory temperature.

9.10.3 Initial measurements

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

9.10.4 Procedure

The test shall be executed under standard atmospheric conditions for testing (see 5.2.3).

The resistors shall be subjected to test Ea of IEC 60068-2-27, preferably with the details given in Table 17.

Table 17 – Recommended parameters for the shock test

Parameter	Recommended value		
Pulse shape	Half-sine		
Peak acceleration, $\hat{a}$ ^a	100 g_n (1 000 m/s ²)	or	50 g_n (500 m/s ²)
Duration of pulse, t_p ^a	6 ms		11 ms
Number of pulses, n	3 for each axis and direction		
Direction of pulses	Each direction of the three mutually perpendicular axes of the specimen		
NOTE The prescription of the severity parameters given above follows recommendations given in IEC 60068-2-27:2008, Annex A, for the shock testing of components and other small specimens.			
^a The relevant specification shall preferably prescribe one of the recommended sets of parameters.			

9.10.5 Recovery, final inspection and measurements

After the test, the resistors shall be visually examined.

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

9.10.6 Requirements

There shall be no visible damage.

The change of resistance between initial and final measurement shall not exceed the limit prescribed by the relevant specification.

9.11 Vibration

9.11.1 Purpose of this test

The object of this test is to assess the mechanical robustness of resistor specimens subjected to sinusoidal vibration. Such vibrations are likely to occur, for example, in the vicinity of rotating machinery.

Vibration testing employs test Fc of IEC 60068-2-6, with its endurance by sweeping method.

9.11.2 Preparation of the specimens

The resistor shall be mounted as prescribed by the relevant specification. This prescription shall consider the recommendations and guidance of IEC 60068-2-47 on component specimens. The specimens shall be mounted in such a way that they are not exposed to resonances originating from the substrate.

The relevant specification should prescribe the use of means for mechanical fastening to the circuit board or mounting base, where this is applicable and typically used.

The specimens shall be allowed to reach thermal equilibrium with the laboratory temperature.

9.11.3 Initial measurements

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

9.11.4 Test procedure

The test shall be executed under standard atmospheric conditions for testing (see 5.2.3).

The resistors shall be subjected to test Fc of IEC 60068-2-6, preferably using the endurance by sweeping method with the details given in Table 18.

Table 18 – Recommended parameters for the vibration test

Parameter	Recommended value
Test method	Endurance by sweeping
Frequency range	$f_1 = 10 \text{ Hz}$; to $f_2 = 2\,000 \text{ Hz}$
Displacement amplitude	$d = 1,5 \text{ mm}$, or $\dot{a} = 200 \text{ m/s}^2$, whichever is the less severe
Duration of vibration ^b	$n = 10$ sweep cycles ^a in each axis
Direction of pulses	Each of the three mutually perpendicular axes of the specimen
^a A sweep cycle is the gradual traverse of the frequency from a start frequency f_1 to a stop frequency f_2 and back to the start frequency f_1 : $f_1 \rightarrow f_2 \rightarrow f_1$. ^b At the prescribed sweep rate of approximately one octave per minute, the duration amounts to 2,5 h for each axis and thus to a total of 7,5 h for the whole vibration test.	

For larger resistors (e.g. with a mass of more than 10 g), or for resistors with a complex construction, the relevant specification shall prescribe suitable test parameters.

9.11.5 Measurements during the test execution

If prescribed by the relevant specification, an electrical measurement shall be made during the last frequency sweep cycle in each direction of movement. The electrical measurement shall check for intermittent contacts, or open or short circuit.

9.11.6 Recovery, final inspection and measurements

There is no recovery required for the specimens subjected to this test.

After the test, the resistor shall be visually examined.

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

9.11.7 Requirements

9.11.7.1 Requirements during execution of the test

The following requirement applies if measurement during the test execution is prescribed by the relevant specification.

There shall be no intermittent contact greater than or equal to 0,5 ms while the specimen is subjected to the vibrations, nor open or short circuit.

9.11.7.2 Requirements at completion of the test

There shall be no visible damage.

The change of resistance between initial and final measurement shall not exceed the limit prescribed by the relevant specification.

10 Environmental and climatic tests

10.1 Rapid change of temperature

10.1.1 Purpose of this test

The object of this test is to determine the ability of resistors to withstand a succession of rapid changes of ambient temperature. It is not intended to show effects that are due only to high or low temperatures.

In order to evaluate the electrical performance of the resistor specimens after a specified number of temperature changes, the rapid change of temperature test with a prescribed time of transfer (test Na of IEC 60068-2-14) is applied, where the specimens are exposed to different volumes of air conditioned at the required low and high temperatures.

10.1.2 Preparation of the specimens

The relevant specification shall prescribe, if the resistor specimens shall be mounted or not for this test.

The specimens shall be allowed to reach thermal equilibrium with the ambient temperature of $(25 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

10.1.3 Initial measurements

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

10.1.4 Test procedure

The test shall be executed under standard atmospheric conditions for testing (see 5.2.3), except for the ambient temperature, which shall be $(25 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

The resistors shall be subjected to test Na of IEC 60068-2-14, preferably with the details given in Table 19.

Table 19 – Recommended parameters for the rapid change of temperature test

Parameter	Recommended value
Lower temperature, ϑ_{inf}	LCT (Lower category temperature)
Higher temperature, ϑ_{sup}	UCT (Upper category temperature)
Duration of exposure, t_1 , to each of the temperatures ϑ_{inf} , ϑ_{sup} ^a	30 min
Number of temperature cycles n ^b	5; 100; 200; 500 or 1 000
Transition time, t_2 , between the temperatures ϑ_{inf} and ϑ_{sup} ^c	< 30 s
^a Duration t_1 includes the initial time t_i for stabilization of the air temperature inside the test chamber, where $t_i \leq 0,1 \times t_1$. Duration t_1 shall be long enough to permit full stabilization of the specimens' temperature with the chamber air temperature. ^b The relevant specification shall preferably prescribe one of the recommended values. ^c Duration t_2 is the time for the physical transfer of the specimens from one chamber to the other, or for full exchange of the temperature-controlled air in the single chamber.	

During an interruption of the test, the components shall be stored under standard atmospheric conditions. The counting of cycles shall be continued, once the temperature cycling is resumed.

Electrical measurements during the test procedure, or intermediate inspections are not recommended for this test.

10.1.5 Recovery, final inspection and measurements

Recovery shall take place under standard atmospheric conditions for testing, for a duration in the range of 1 h to 2 h.

After recovery, the resistors shall be visually examined.

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

10.1.6 Requirements

There shall be no visible damage.

The change of resistance between initial and final measurement shall not exceed the limit prescribed by the relevant specification.

10.2 Operation at low temperature

10.2.1 Purpose of this test

The object of this test is to verify the ability of the resistors to be operated at the lower category temperature (LCT).

This cold test does not assess the ability of the resistors to withstand rapid changes of temperature.

10.2.2 Preparation of the specimens

The relevant specification shall prescribe the mounting of the specimens for this test.

The specimens shall be allowed to reach thermal equilibrium with the laboratory temperature.

10.2.3 Initial measurements

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

10.2.4 Test procedure

The test shall be executed under standard atmospheric conditions for testing (see 5.2.3).

The resistors shall be subjected to the following test sequence:

- 1) The specimens are introduced into the chamber which is at the laboratory temperature.
- 2) The chamber is cooled down to LCT and allowed to stabilize for 1,5 h.
- 3) The chamber is maintained at LCT for 1 h with the specimens unpowered.
- 4) The chamber is maintained at LCT for 45 min with the specimens powered to the rated dissipation.
- 5) The chamber is maintained at LCT for 15 min with the specimens unpowered.
- 6) The chamber is heated up to the laboratory temperature.
- 7) The specimens are taken out of the chamber and allowed to recover.

Electrical measurements during the test procedure, or intermediate inspections are not recommended for this test.

10.2.5 Recovery, final inspection and measurements

Recovery shall take place under standard atmospheric conditions for testing, for a minimum duration of 24 h, without any electrical load applied.

The resistor shall be visually examined.

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

10.2.6 Requirements

There shall be no visible damage.

The change of resistance between initial and final measurement shall not exceed the limit prescribed by the relevant specification.

10.3 Climatic sequence

10.3.1 Purpose of this test

Object of this test is to verify the suitability of resistors for use, transportation and storage under variable conditions including high humidity combined with cyclic temperature changes.

10.3.2 Preparation of the specimens

The resistors shall be dried using either procedure 1 or procedure 2 of 5.4, as prescribed by the relevant specification.

The relevant specification shall prescribe, if the resistor specimens shall be mounted or not for this test.

10.3.3 Initial measurements

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

10.3.4 Test procedure

10.3.4.1 General provisions for this test

The test shall be executed under standard atmospheric conditions for testing (see 5.2.3).

The climatic sequence consists of the following sequence of tests, with the details prescribed by the dedicated subclauses.

- 1) Dry heat
- 2) Damp heat, cyclic, first cycle
- 3) Cold
- 4) Low air pressure
- 5) Damp heat, cyclic, additional cycles
- 6) DC load

An interval of three days maximum is permitted between any two of these tests of the climatic sequence, except that the cold test [3]) shall be applied immediately after the damp heat, cyclic test [2]), and except that the DC load [6]) shall be applied immediately after the damp heat, cyclic test [5]).

Electrical measurements during the sequence of test procedures or intermediate inspections are not recommended for this test.

10.3.4.2 Dry heat

The resistors shall be subjected to test Bb of IEC 60068-2-2 and shall remain at the upper category temperature, $\vartheta_{\text{test}} = \text{UCT}$, for a duration of $t_{\text{test}} = 16 \text{ h}$. Tolerances in accordance with 5.3 apply.

The relevant specification may prescribe to introduce the specimens directly into the heated chamber and to withdraw them directly from it if it is known that the effects of the sudden change of temperature are not detrimental to the specimens.

Recovery after this exposure shall take place under standard atmospheric conditions for testing, for a duration in the range of 1 h to 2 h.

10.3.4.3 Damp heat, cyclic, test Db, first cycle

The resistors shall be subjected to test Db of IEC 60068-2-30 for one cycle of $t_{\text{cycle}} = 24 \text{ h}$, using severity b) and hence an upper temperature of $\vartheta_{\text{sup}} = 55 \text{ °C}$. Tolerances in accordance with 5.3 apply.

NOTE This first cycle is the only cycle applied to those specimens assigned to a climatic category –/–/04. See also Table 20.

Recovery after this exposure shall take place under standard atmospheric conditions for testing, for a duration in the range of 1 h to 2 h. The cold test shall be applied as prescribed in 10.3.4.4 immediately after this recovery.

10.3.4.4 Cold

The resistors shall be subjected to test Ab of IEC 60068-2-1 and shall remain at the lower category temperature, $\vartheta_{\text{test}} = \text{LCT}$, for a duration of $t_{\text{test}} = 2 \text{ h}$. Tolerances in accordance with 5.3 apply.

The relevant specification may prescribe to introduce the specimens directly into the cooled chamber and to withdraw them directly from it if it is known that the effects of the sudden change of temperature are not detrimental to the specimens.

NOTE In this case, precautions against condensation of moisture on the specimens can be required.

Recovery after this exposure shall take place under standard atmospheric conditions for testing, for a duration in the range of 1 h to 2 h.

10.3.4.5 Low air pressure

The resistors shall be subjected to test M of IEC 60068-2-13, for a duration of $t_{\text{test}} = 1$ h.

The applied air pressure shall be $p_{\text{amb}} = (1 \pm 0,1)$ kPa, unless another value is prescribed by the relevant specification.

NOTE According to ISO 2533, the air pressure of 1 kPa represents an approximate altitude of 31 200 m above sea level.

Recovery after this exposure shall take place under standard atmospheric conditions for testing, for a duration in the range of 1 h to 2 h.

10.3.4.6 Damp heat, cyclic, test Db, additional cycles

The resistors shall be subjected to test Db of IEC 60068-2-30 for the number of additional cycles prescribed in Table 20 with each cycle having a duration of 24 h. The severity b) and hence an upper temperature of 55 °C shall be applied.

Table 20 – Number of additional damp heat cycles

Climatic categories	Number of additional cycles
–/–/56	5
–/–/21	1
–/–/10	1
–/–/04	None
NOTE The additional cycles complement the first cycle for each climatic category in order to achieve the respective total of 6, 2 or 1 cycles required for severity b).	

After completion of the last cycle, the specimens shall be transferred to standard atmospheric conditions as fast as possible, with the transfer time not exceeding 5 min. The test DC Load shall be applied immediately after this transfer as prescribed in 10.3.4.7, without any recovery in between.

10.3.4.7 DC load

Execution of this part of the test sequence is not recommended for wirewound resistors.

At (30 ± 5) min after removal of the specimens from the chamber of the damp heat, cyclic test, the resistors shall be subjected to a DC voltage U_{test} for 1 min. The voltage U_{test} applied to the specimens shall be:

$$U_{\text{test}} = U_r = \sqrt{R_n \times P_r},$$

which is limited by

$$U_{\text{test}} \leq U_{\text{max}}.$$

10.3.5 Recovery, final inspection and measurements

Recovery shall take place under standard atmospheric conditions for testing, for a duration in the range of 1 h to 2 h.

The resistor shall be visually examined.

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

For insulated resistors only, the insulation resistance shall then be measured as specified in 12.1, using the method prescribed by the relevant specification.

10.3.6 Requirements

There shall be no visible damage and the marking, where applied, shall be legible.

The change of resistance between initial and final measurement shall not exceed the limit prescribed by the relevant specification.

For insulated resistors only, the insulation resistance shall be not less than the minimum value prescribed by the relevant specification.

10.4 Damp heat, steady state

NOTE This test is also known as "load humidity test" or "40/93-test".

10.4.1 Purpose of this test

The object of this test is to investigate the effect of high humidity at constant temperature without condensation on resistor specimens over a prescribed period of time.

Resistors, being heat-dissipating specimens, shall only be biased in a way that no perceivable temperature rise is generated on the specimens.

The test is not intended to evaluate external effects such as corrosion and deformation.

10.4.2 Preparation of the specimens

The lot of specimens shall be divided into two groups A and B, except for insulated resistors, for which the sample lot shall be divided into three groups A, B and C.

The relevant specification shall prescribe, if the resistor specimens shall be mounted or not for this test.

The specimens shall be allowed to reach thermal equilibrium with the laboratory temperature.

10.4.3 Initial measurements

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

10.4.4 Test procedure

10.4.4.1 General provisions for this test

The test shall be executed under standard atmospheric conditions for testing (see 5.2.3).

The resistors shall be subjected to test Cab of IEC 60068-2-78 using the severity details given in Table 21.

Table 21 – Severity parameters for the damp heat, steady state test

Parameter	Recommended value
Temperature, ϑ_{test} ^a	$(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$
Relative humidity, RH_{test}	$(93 \pm 3) \%$
Duration t_{test} ^b	4 d; 10 d; 21 d or 56 d, according to the prescribed climatic category
^a The temperature tolerance of ± 2 K takes account of measurement errors, slow temperature changes and temperature variations in the test chamber. It is, however, necessary to keep temperature differences and variations within narrower limits in order to maintain the relative humidity within the required tolerances. ^b The following tolerances according to 5.3.4 shall apply to the prescribed durations: 4 d: 96^{+4}_0 h; 10 d: 240^{+8}_0 h; 21 d: 504^{+24}_0 h; 56 d: 1344^{+24}_0 h.	

The specimens of group B, and, in case of insulated resistors, of group C, shall be biased during execution of this test after temperature and humidity have reached the steady state, as prescribed in the following subclauses.

After completion of the respective duration for each group, the specimens shall be transferred to standard atmospheric conditions as fast as possible with the transfer time not exceeding 5 min. Extended recovery shall not be applied at this stage.

Electrical measurements during the test procedure, or intermediate inspections are not recommended for this test.

10.4.4.2 Procedure for specimens group A: unbiased

The specimens of group A shall be subjected to the damp heat, steady state test without any voltage applied.

10.4.4.3 Procedure for specimens group B: biased resistive element

The specimens of group B shall be subjected to the damp heat, steady state test with a DC voltage U_{bias} applied to the specimens, which shall be selected from Table 22 according to the rated voltage U_{r} or the limiting element voltage U_{max} , whichever leads to the smaller value for U_{bias} .

The voltage U_{bias} shall be applied continuously during the test.

10.4.4.4 Procedure for specimens group C: biased insulation

This specimens group and hence this bias prescription only applies to insulated resistors.

The specimens of group C shall be subjected to the damp heat, steady state test with a DC voltage of $(20 \pm 2) \text{ V}$ applied between the metal plates attached to the outside of the insulation as the positive pole and the terminations of the resistor connected together as the negative pole.

The metal plates shall establish physical contact to the insulated body of the resistor, as prescribed by the relevant specification.

Table 22 – Bias voltage for the damp heat, steady state test

Rated voltage U_r	Limiting element voltage U_{max}	DC bias voltage U_{bias}^a
$U_r \leq 2,5 \text{ V}$	$U_{max} \leq 2,5 \text{ V}$	0 V
$2,5 \text{ V} < U_r \leq 4,0 \text{ V}$	$2,5 \text{ V} < U_{max} \leq 4,0 \text{ V}$	0,25 V
$4,0 \text{ V} < U_r \leq 6,3 \text{ V}$	$4,0 \text{ V} < U_{max} \leq 6,3 \text{ V}$	0,40 V
$6,3 \text{ V} < U_r \leq 10 \text{ V}$	$6,3 \text{ V} < U_{max} \leq 10 \text{ V}$	0,63 V
$10 \text{ V} < U_r \leq 16 \text{ V}$	$10 \text{ V} < U_{max} \leq 16 \text{ V}$	1,0 V
$16 \text{ V} < U_r \leq 25 \text{ V}$	$16 \text{ V} < U_{max} \leq 25 \text{ V}$	1,6 V
$25 \text{ V} < U_r \leq 40 \text{ V}$	$25 \text{ V} < U_{max} \leq 40 \text{ V}$	2,5 V
$40 \text{ V} < U_r \leq 63 \text{ V}$	$40 \text{ V} < U_{max} \leq 63 \text{ V}$	4,0 V
$63 \text{ V} < U_r \leq 100 \text{ V}$	$63 \text{ V} < U_{max} \leq 100 \text{ V}$	6,3 V
$100 \text{ V} < U_r \leq 160 \text{ V}$	$100 \text{ V} < U_{max} \leq 160 \text{ V}$	10 V
$160 \text{ V} < U_r \leq 250 \text{ V}$	$160 \text{ V} < U_{max} \leq 250 \text{ V}$	16 V
$250 \text{ V} < U_r \leq 400 \text{ V}$	$250 \text{ V} < U_{max} \leq 400 \text{ V}$	25 V
$400 \text{ V} < U_r \leq 630 \text{ V}$	$400 \text{ V} < U_{max} \leq 630 \text{ V}$	40 V
$630 \text{ V} < U_r \leq 1\,000 \text{ V}$	$630 \text{ V} < U_{max} \leq 1\,000 \text{ V}$	63 V
$1\,000 \text{ V} < U_r$	$1\,000 \text{ V} < U_{max}$	100 V
NOTE The bias voltage U_{bias} is determined in such a way that the specimen dissipates less than 1 % of its rated dissipation P_r , e.g. P_{70} .		
^a A relative tolerance of $\pm 5 \%$ shall apply to the prescribed value for $U_{bias} \geq 1 \text{ V}$, and of $\pm 10 \%$ for $U_{bias} < 1 \text{ V}$.		

10.4.4.5 DC load

Execution of this part of the test sequence is not recommended for wirewound resistors.

At (30 ± 5) min after removal of the specimens of groups A, B and C from the chamber of the damp heat cyclic test, the resistors shall be subjected to a DC voltage U_{test} for 1 min. The voltage U_{test} applied to the specimens shall be:

$$U_{test} = U_r = \sqrt{R_n \times P_r},$$

which is limited by

$$U_{test} \leq U_{max}.$$

10.4.5 Recovery, final inspection and measurements

Recovery shall take place under standard atmospheric conditions for testing, for a duration in the range of 1 h to 2 h.

The resistors shall be visually examined.

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

For insulated resistors only, the insulation resistance shall then be measured as specified in 12.1, using the method prescribed by the relevant specification.

10.4.6 Requirements

There shall be no visible damage and the marking, where applied, shall be legible.

The change of resistance between initial and final measurement shall not exceed the limit prescribed by the relevant specification.

For insulated resistors only, the insulation resistance shall be not less than the minimum value prescribed by the relevant specification.

10.5 Damp heat, steady state, accelerated

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

10.5.1 Purpose of this test

The object of this test is to investigate in an accelerated manner the effect of damp heat at a constant temperature on resistor specimens over a prescribed period of time.

The test is not intended to evaluate external effects such as corrosion and deformation.

Resistors, as being heat-dissipating specimens, should only be biased in way that the temperature rise on the specimens against the chamber temperature does not exceed 2 K.

10.5.2 Preparation of the specimens

The relevant specification shall prescribe if the resistor specimens shall be mounted or not for this test.

The specimens shall be allowed to reach thermal equilibrium with the laboratory temperature.

10.5.3 Initial measurements

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

10.5.4 Test procedure and severity

10.5.4.1 Generic test procedure

The resistor shall be subjected to test Cy of IEC 60068-2-67, preferably with the details given in Table 23.

Table 23 – Severity parameters for the accelerated damp heat, steady state test

Parameter	Recommended value
Temperature, ϑ_{test} ^a	$(85 \pm 2) ^\circ\text{C}$
Relative humidity, RH_{test}	$(85 \pm 5) \%$
Duration, t_{test}	1000^{+24}_0 h
DC bias voltage U_{bias} ^{b c}	a) 10 % of the rated voltage U_r $U_{\text{bias}} = 0,1 \times U_r = 0,1 \times \sqrt{R_n \times P_r} = \sqrt{R_n \times 0,01 \times P_r}$ limited by $U_{\text{bias}} \leq 100 \text{ V}$ b) 10 % of the rated dissipation P_r $U_{\text{bias}} = \sqrt{R_n \times 0,1 \times P_r} \approx 0,316 \times \sqrt{R_n \times P_r} \approx 0,316 \times U_r$ limited by $U_{\text{bias}} \leq 100 \text{ V}$
^a The temperature tolerance of $\pm 2 \text{ K}$ takes account of measurement errors, slow temperature changes and temperature variations in the test chamber. It is however necessary to keep temperature differences and variations within narrower limits in order to maintain the relative humidity within the required tolerances. ^b The relevant specification shall prescribe the required bias voltage to be applied to the specimens. Since the option b) has only been introduced with the present edition of this document, any reference to this test without a specific choice of a) or b) for the required bias voltage presumably refers to option a). ^c A relative tolerance of $\pm 5 \%$ shall apply to the selected DC bias voltage.	

10.5.4.2 Test with reduced number of bias voltages

The relevant specification may prescribe a practical simplification of this test by permitting the use of grouped DC bias voltages, where e.g. the suitable group voltage $U_{\text{bias group}}$ to be applied to the specimens meets the calculated bias voltage U_{bias} with a relative deviation less than $\pm 25 \%$. Table 24 provides a suitable example for such grouped DC bias voltages.

Table 24 – Grouped DC bias voltages for < 25 % deviation

Calculated DC bias voltage U_{bias}	Grouped DC bias voltage $U_{\text{bias group}}^b$
..... ^a	 ^a
$0,82 \text{ V} < U_{\text{bias}} \leq 1,30 \text{ V}$	1,0 V
$1,30 \text{ V} < U_{\text{bias}} \leq 2,05 \text{ V}$	1,6 V
$2,05 \text{ V} < U_{\text{bias}} \leq 3,25 \text{ V}$	2,5 V
$3,25 \text{ V} < U_{\text{bias}} \leq 5,15 \text{ V}$	4,0 V
$5,15 \text{ V} < U_{\text{bias}} \leq 8,15 \text{ V}$	6,3 V
$8,15 \text{ V} < U_{\text{bias}} \leq 13,0 \text{ V}$	10 V
$13,0 \text{ V} < U_{\text{bias}} \leq 20,5 \text{ V}$	16 V
$20,5 \text{ V} < U_{\text{bias}} \leq 32,5 \text{ V}$	25 V
$32,5 \text{ V} < U_{\text{bias}} \leq 51,5 \text{ V}$	40 V
$51,5 \text{ V} < U_{\text{bias}} \leq 81,5 \text{ V}$	63 V
$81,5 \text{ V} < U_{\text{bias}} \leq 100 \text{ V}$	100 V
NOTE The grouped DC bias voltages are selected from the R5 series of ISO 17 and result in maximum deviation of 23,1 % from the calculated DC bias voltage.	
^a The table may be logically extended as required and practically feasible.	
^b A relative tolerance of ± 5 % shall apply to the selected DC bias group voltage for $U_{\text{bias group}} \geq 1 \text{ V}$.	

Intermediate measurements are not suitable for this test owing to the unavoidable risk of condensation on the specimens when they are re-inserted into the conditioned test chamber.

10.5.5 Recovery, final inspection and measurements

Recovery shall take place under standard atmospheric conditions for testing, for a duration in the range of 4 h to 24 h.

The resistors shall be visually examined.

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

For insulated resistors only, the insulation resistance shall then be measured as specified in 12.1, using the method prescribed by the relevant specification.

10.5.6 Requirements

There shall be no visible damage and the marking, where applied, shall be legible.

The change of resistance between initial and final measurement shall not exceed the limit prescribed by the relevant specification.

For insulated resistors only, the insulation resistance shall be not less than the minimum value prescribed by the relevant specification.

10.6 Corrosion

10.6.1 Purpose of this test

The object of this test is to verify the ability of resistor specimens to withstand a salt-laden atmosphere, which is anticipated to degrade metallic and non-metallic materials.

This test is applicable only to those resistors, which are likely to be exposed directly to a salt-laden atmosphere. This will typically not be the case for resistors being part of a circuit protected by a case, e.g. soldered to a circuit board.

NOTE The previously applied test Ka of IEC 60068-2-11, salt mist, as stated by itself, is not suitable as a general salt corrosion test, and also is not suitable for the evaluation of specimens intended for use in salt-laden atmospheres. This test adopts the recommendation given in IEC 60068-2-11 to apply more realistic conditions and employs test Kb of IEC 60068-2-52, salt mist, cyclic.

10.6.2 Preparation of the specimens

The relevant specification shall prescribe if the resistor specimens shall be mounted or not for this test.

10.6.3 Initial measurements

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

10.6.4 Test procedure

The test shall be executed under standard atmospheric conditions for testing (see 5.2.3).

The resistors shall be subjected to test Kb of IEC 60068-2-52, preferably using the test method 3 with the details given in Table 25.

Table 25 – Recommended parameters for the corrosion test

Parameter	Recommended value
Step 1, 3, 5, 7: Salt mist	
Salt solution	Water, NaCl concentration $\rho_{\text{NaCl}} = (50 \pm 5) \text{ g/l}$
Temperature, ϑ_{mist}	$(35 \pm 2) ^\circ\text{C}$
Duration, t_{mist}	2 h
Step 2, 4, 6, 8: Humid condition	
Temperature, ϑ_{hum}	$(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$
Relative humidity, RH_{hum}	$(93 \pm 3) \%$
Duration, t_{hum}	22 h
Step 9: Standard atmosphere	
Temperature, ϑ_{amb}	$(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$
Relative humidity, RH_{amb}	$(50 \pm 5) \%$
Duration, t_{amb}	72 h = 3 d

10.6.5 Recovery, final inspection and measurements

After completion of the test sequence, the specimens shall be rinsed in tap water for 5 min, then rinsed in demineralized water and finally freed from droplets of water (e.g. by an air blast). Thereafter, the specimens shall be dried for 1 h at $(55 \pm 2) ^\circ\text{C}$ (see 5.4).

Subsequent recovery shall take place under controlled recovery conditions (see 5.2.4) for a duration in the range of 1 h to 2 h.

After recovery, the resistors shall be visually examined.

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

10.6.6 Requirements

There shall be no visible damage.

The change of resistance between initial and final measurement shall not exceed the limit prescribed by the relevant specification.

10.7 Whisker growth test

10.7.1 Purpose of this test

The object of this test is to assess the propensity of the surface finishes of resistor specimens to grow whiskers (e.g. from the tin-based plating of their terminations).

If prescribed by the relevant specification, the test of IEC 60068-2-82:2019 shall be applied in a system for the periodical evaluation of the whisker propensity of the surface finish of the manufactured resistors, based on the recommendations of IEC 60068-2-82:2019, Clause 7.

10.7.2 Preparation of the specimens

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

The storage time prior to submitting specimens to pre-conditioning and testing in accordance with IEC 60068-2-82:2019, 5.1.2 shall be observed.

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

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

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

10.7.3 Initial measurements

An initial investigation of the specimens for existing whiskers in accordance with IEC 60068-2 82:2019, 8.1 is not required, unless explicitly prescribed by the relevant specification.

10.7.4 Test procedure

The specimens shall be subjected to the relevant test methods of IEC 60068-2-82:2019, as prescribed by the selection of IEC 60068-2-82:2019, 5.1, typically executed in parallel.

The selected relevant tests shall preferably be executed with the details given in Table 26. The tests shall be applied to unpowered specimens.

Table 26 – Test methods and parameters for the whisker growth test

Parameter	Recommended value for products classified as	
	Level G	Level P or R
Ambient test ^a :		
Temperature, ϑ_{amb}	$(25 \pm 10)^\circ\text{C}$	
Relative humidity, RH_{amb}	$(50 \pm 25) \%$	
Duration, t_{amb}	$4\,000^{+48}_0 \text{ h}$	
Damp heat test:		
Temperature, ϑ_{test}	$(55 \pm 3)^\circ\text{C}$	$(85 \pm 3)^\circ\text{C}$
Relative humidity, RH_{test}	$(85 \pm 5) \%$	$(85 \pm 5) \%$
Duration, t_{test}	$2\,000^{+24}_0 \text{ h}$	1000^{+24}_0 h
Temperature cycling test:		
Lower temperature, ϑ_{inf}	$-(55 \pm 5)^\circ\text{C}$	
Upper temperature, ϑ_{sup}	$(85 \pm 5)^\circ\text{C}$	
Number of cycles, n	1500^{+75}_0	
^a The conditions match the standard atmospheric conditions for testing (see 5.2.3).		

10.7.5 Recovery, final inspection and measurements

Upon completion of each selected test method, the specimens shall be allowed to recover at ambient conditions in accordance with 5.2.3 in order to reach thermal equilibrium for a minimum duration of 2 h.

The resistor shall be examined for appearance in accordance with IEC 60068-2-82:2019, Annex A.

Neither an assessment of a whisker density, nor a classified accumulation of measured whisker lengths is required for the purpose of this specification.

10.7.6 Requirements

The length of any observed whisker shall not exceed 50 μm , unless another limit is prescribed by the relevant specification.

NOTE IEC 60068-2-82:2019, Annex C provides some guidance on acceptance criteria for this test.

10.8 Hydrogen sulphide test

Under consideration.

NOTE A "Flowers-of-Sulfur" test specified by the ASTM standard B809 is widely considered as an appropriate method for the assessment of a specimen's susceptibility to damage resulting from exposure to sulphurous atmosphere. The originally prescribed vessel temperature is 50 $^\circ\text{C}$ and the test duration is 24 h.

However, various increased severities have been applied above these originally prescribed parameters, e.g. 60 $^\circ\text{C}$ or 90 $^\circ\text{C}$ for 1 000 h.

11 Tests related to component assembly

11.1 Solderability

11.1.1 Purpose of this test

The object of this test is to assess the ability of the terminations of resistor specimens to facilitate the formation of a proper solder joint with the prescribed solder alloy and soldering method.

NOTE IEC 60068-3-13 provides guidance on the choice of soldering tests and their respective conditions, and IEC TR 60068-3-12 offers valuable information on the temperatures of reflow soldering.

This test is only applicable to specimens with terminations designed to be soldered.

11.1.2 Preparation of the specimens

The natural ageing of the resistor's solderable surface shall be simulated by an accelerated ageing. One of the ageing procedures given in IEC 60068-2-20:2008, 4.1 and quoted in Table 27 shall be applied, as prescribed by the relevant specification.

Table 27 – Selection of accelerated ageing methods of IEC 60068-2-20

Ageing	Method and parameter ^a
1a	Steam ageing, 1 h
1b	Steam ageing, 4 h
3a	Dry heat, 155 °C, 4 h
3b	Dry heat, 155 °C, 16 h
^a Tolerances in accordance with 5.3 shall apply to the prescribed parameters.	

NOTE Ageing 3a is commonly applied with the solderability testing of SMD resistors and of resistors with wire terminations.

The specimens shall be tested in the "as received" condition and shall not be cleaned prior to solderability testing. Contamination and bare finger contact should be avoided as this is likely to compromise the test results.

11.1.3 Initial measurements

There are no initial inspections or measurements required for this test.

11.1.4 Test procedures

11.1.4.1 General provisions for this test

The test shall be executed under standard atmospheric conditions for testing (see 5.2.3).

Considering the variety of solder alloys possibly used for the assembly of the resistors, with their individual temperature constraints, and the variety of different soldering methods used in the industry, renders the selection of a suitable solderability test appear to be a quite complex issue.

The selection of a suitable solderability test appears to be a quite complex issue, as it needs to consider the wide variety of solder alloys typically used for the assembly of components, with their individual temperature constraints, and the variety of soldering methods used in the industry. The relevant methods are:

- Solder bath method, representing flow soldering, e.g. wave soldering, and is the most generally applied test method;
- Solder reflow method, representing forced gas convection reflow soldering, and vapour phase reflow soldering;
- Soldering iron method, representing manual assembly.

The separation between lead-bearing (e.g. SnPb) and lead-free (e.g. Sn) termination surfaces of the specimens does not itself lead to a reasonable selection of test parameters, as each of these surfaces is compatible with a variety of different solder alloys, each demanding its own process conditions. Extracted from IEC 61190-1-3, Table 28 provides a few relevant examples of lead-bearing and lead-free solder alloys.

Table 28 – Process temperatures for selected solder alloy examples

Solder alloy	Solidus temperature	Liquidus temperature	Solder process temperature group
Sn42 Bi58	139 °C		1 Low
In20 Sn54 Pb26	136 °C	152 °C	
Sn62 Pb36 Ag2	179 °C		2 Medium
Sn69 Pb37,5 Bi2,5	180 °C	185 °C	
Sn63 Pb37	183 °C		
Sn60 Pb40	183 °C	191 °C	
Sn70 Pb30	183 °C	193 °C	
Sn89 Zn8 Bi3	190 °C	197 °C	
Sn91 Zn9	199 °C		
Sn96 Ag2,5 Bi1 Cu0,5	213 °C	218 °C	3 Medium-high
Sn95,8 Ag3,5 Cu0,7	217 °C	218 °C	
Sn96,5 Ag3,0 Cu0,5	217 °C	220 °C	
Sn95,5 Ag3,8 Cu0,7	217 °C	226 °C	4 High
Sn99 Cu0,7 Ag 0,3	217 °C	227 °C	
Sn99,3 Cu0,7	227 °C		
Sn98,97 Cu0,7 Ag0,3 Ni0,03	218 °C	228 °C	

Table 28 also shows a grouping of process temperature ranges established by IEC 60068-2-58 for the limitation of the variety of test conditions. Obviously, lead-free solder alloys are well scattered across the process temperature groups, where however the alloys in process temperature group 3 are predominantly used for reflow soldering, while the alloys in process temperature group 4 are predominantly used for flow soldering. The lead-bearing solder alloys most commonly used in electronics assembly are allocated in solder temperature group 2.

It should further be considered that while lead-bearing terminations are usually only soldered with lead-bearing solder, lead-free terminations, like e.g. pure Sn, support soldering with both, lead-free and lead-bearing solders.

Therefore, solderability of resistors with lead-bearing termination surfaces should be tested for temperature group 2, with the solder bath method whenever wave soldering is a typical processing option, or with reflow soldering if this is the principal assembly option.

Solderability of SMD resistors with lead-free termination surfaces should be tested for temperature group 3, using solder bath or reflow, and of resistors with wire, tag or lug termination should be tested for temperature group 4 in the solder bath method. In addition, these resistors should be tested also for temperature group 2.

11.1.4.2 Application of flux

Unless otherwise prescribed by the relevant specification, the test shall be carried out with non-activated flux. For reflow solderability testing, this would be contained in the solder paste and classified as ROL0, while for other solderability tests, a genuine 25 % colophony preparation as prescribed by IEC 60068-2-20 shall be applied.

Wherever the flux is not provided through the solder paste or the solder wire, the terminations of the resistor specimen, or the whole SMD resistor specimen shall be immersed in the flux and withdrawn slowly. Any excess flux shall be allowed to drain off, or to be removed with absorbent paper.

The fluxing shall be done at standard atmospheric conditions for testing (see 5.2.3).

11.1.4.3 Solderability test methods for surface mount resistors

The surface mount resistors shall be subjected to test Td₁ of IEC 60068-2-58, using the solder bath or reflow method as prescribed by the relevant specification, preferably with the details given in Table 29.

Table 29 – Solderability test parameters for SMD resistors

Test method	Solder process temperature group ^a	Parameter	Recommended value ^b		
Method 1: Solder bath	2 Medium	Solder alloy	Sn60 Pb40 A or Sn60 Pb37 A		
		Solder temperature, ϑ_{bath}	(215 ± 3) °C	or	(235 ± 3) °C
		Immersion time, t_{imm}	(3 ± 0,3) s		(2 ± 0,2) s
	3 Medium-high	Solder alloy	Sn96,5 Ag3 Cu0,5		
		Solder temperature, ϑ_{bath}	(245 ± 3) °C		
		Immersion time, t_{imm}	(3 ± 0,3) s		
	4 High	Solder alloy	Sn99,3 Cu0,7		
		Solder temperature, ϑ_{bath}	(250 ± 3) °C		
		Immersion time, t_{imm}	(3 ± 0,3) s		
Method 2: Reflow	2 Medium	Solder alloy	Sn60 Pb40 A or Sn60 Pb37 A		
		Peak temperature, ϑ_{peak}	215 °C		
		Time above liquidus, t_{liq}	(40 ± 5) s		
	3 Medium-high	Solder alloy	Sn96,5 Ag3 Cu0,5		
		Peak temperature, ϑ_{peak}	235 °C		
		Time above liquidus, t_{liq}	(40 ± 5) s		

^a Recommended test details for solderability testing of temperature group 1 specimens should be selected from the relevant information provided by IEC 60068-2-58.

^b The relevant specification using the solder bath method may prescribe a longer immersion time up to (10 ± 1) s for specimens with a high thermal capacity.

11.1.4.4 Solderability test methods for resistors for through-hole assembly

The resistors with wire or tag terminations intended for assembly on a circuit board shall be subjected to test Ta of IEC 60068-2-20 using the solder bath or soldering iron method as prescribed by the relevant specification, preferably with the details given in Table 30.

For the solder bath test applied to resistors with wire or tag terminations intended for assembly on a circuit board, the terminations of the specimens shall be immersed into the

molten solder until a distance of $2,0_{-0,5}^0$ mm from the resistor body or its seating plane. A thermal insulating screen of $(1,5 \pm 0,5)$ mm thickness may be used.

11.1.4.5 Solderability test methods for resistors not designed for assembly on a circuit board

The resistors with wire, tag or lug terminations that are not intended for assembly on a circuit board shall be subjected to test Ta of IEC 60068-2-20 using the solder bath or soldering iron method as prescribed by the relevant specification, preferably with the details given in Table 30.

For the solder bath test, the terminations of the specimens shall be immersed into the molten solder until a distance of $3,5_{-0,5}^0$ mm from the resistor body or its seating plane.

Table 30 – Solderability test parameters for resistors with wire or tag terminations

Test method	Solder process temperature group ^a	Parameter	Recommended value ^b		
Method 1: Solder bath	2 Medium	Solder alloy	Sn60 Pb40 A or Sn60 Pb37 A		
		Solder temperature, ϑ_{bath}	(215 ± 3) °C	or	(235 ± 3) °C
		Immersion time, t_{imm}	(3 ± 0,3) s		(2 ± 0,2) s
	3 Medium-high	Solder alloy	Sn96,5 Ag3 Cu0,5		
		Solder temperature, ϑ_{bath}	(245 ± 3) °C		
		Immersion time, t_{imm}	(3 ± 0,3) s		
	4 High	Solder alloy	Sn99,3 Cu0,7		
		Solder temperature, ϑ_{bath}	(250 ± 3) °C		
		Immersion time, t_{imm}	(3 ± 0,3) s		
Method 2: Soldering iron	2 Medium	Solder alloy	Sn60 Pb40 A or Sn60 Pb37 A		
		Iron bit temperature, ϑ_{bit}	(350 ± 10) °C		
		Iron bit application time, t_{a}	2 s to 3 s		
	3 Medium-high	Solder alloy	Sn96,5 Ag3 Cu0,5		
		Iron bit temperature, ϑ_{bit}	(350 ± 10) °C		
		Iron bit application time, t_{a}	2 s to 3 s		
	4 High	Solder alloy	Sn99,3 Cu0,7		
		Iron bit temperature, ϑ_{bit}	(350 ± 10) °C		
		Iron bit application time, t_{a}	2 s to 3 s		
^a Recommended test details for solderability testing of temperature group 1 specimens are currently not available.					
^b The relevant specification using the solder bath method may prescribe a longer immersion time up to (10 ± 1) s for specimens with a high thermal capacity.					

11.1.4.6 Solderability test method for analytical purposes

In cases where a quantitative analysis of the wetting process between a specimen's termination and a solder globule or solder bath is required, the wetting balance test of IEC 60068-2-69 should be applied. The wetting balance test provides information of both the speed and the extent of wetting during the test period, deduced from the sum of buoyancy and surface tension forces.

The results of wetting balance tests depend on the surface conditions of the specimen's termination, the geometry and thermal conditions of the specimen together with its fixture, any applied pre-heating, the ageing of applied consumables, the actual test equipment, and even to some extent on the operator. Furthermore, the wetting balance test due to its special thermal conditions does not simulate any real soldering process.

Hence, the wetting balance test is not suitable for the acceptance testing of components against fixed acceptance requirements.

11.1.5 Recovery, final inspection and measurements and requirements

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

11.1.6 Requirements

The resistors shall meet the requirements as prescribed by the relevant specification.

11.2 Resistance to soldering heat

NOTE A common abbreviated form of "resistance to soldering heat" is "RSH".

11.2.1 Purpose of this test

The object of this standard is to ensure that components can withstand the heat load to which they are exposed during soldering.

The solder wetting achieved is not a subject of this test.

NOTE IEC 60068-3-13 provides guidance on the choice of soldering tests and their respective conditions, and IEC TR 60068-3-12 offers valuable information on the temperatures of reflow soldering.

This test is only applicable to specimens with terminations designed to be soldered.

11.2.2 Preconditioning of the specimens

If drying is prescribed by the relevant specification, it shall specify one of the drying methods given in 5.4.

The specimens shall be allowed to reach thermal equilibrium with the laboratory temperature.

11.2.3 Initial measurements

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

11.2.4 Test procedures

11.2.4.1 General provisions for this test

The test shall be executed under standard atmospheric conditions for testing (see 5.2.3).

The variety of suitable methods and parameters for the resistance to soldering heat is reasonably narrow in light of the complexity shown in 11.1.4.1, achieved through consideration of the most severe soldering stress to be expected for each soldering method, and following the general assumption that resistors are generally not too temperature sensitive.

Therefore, the solder bath method and the soldering iron method, both using liquid solder, may employ any solder or solder alloy that is liquid at the prescribed temperature.

The specimens subjected to the solder bath method shall be fluxed prior to the immersion in order to enhance the wetting and thereby the heat transfer into the specimen. The achieved solder wetting, however, is not an object of this test.

Unless otherwise prescribed by the relevant specification, the reflow test method shall be executed on an un-metallized and non-wettable substrate, and without the use of solder paste.

11.2.4.2 Application of flux

Fluxing shall be applied to specimens intended to be tested in the solder bath method only.

Unless otherwise prescribed by the relevant specification, the test shall be carried out with non-activated flux, preferably using the genuine 25 % colophony preparation as prescribed by IEC 60068-2-20.

The terminations of the resistor specimen, or the whole SMD resistor specimen shall be immersed in the flux and withdrawn slowly. Any excess flux shall be allowed to drain off, or to be removed with absorbent paper.

11.2.4.3 Resistance to soldering heat test methods for surface mount resistors

The surface mount resistors shall be subjected to test Td₂ of IEC 60068-2-58, using the solder bath or reflow method as prescribed by the relevant specification, preferably with the details given in Table 31.

Table 31 – Resistance to soldering heat test parameters for SMD resistors

Test method	Solder process temperature group ^a	Parameter	Recommended value
Method 1: Solder bath	2, Medium; 3, Medium-high; 4, High	Solder alloy	Any solder alloy
		Solder temperature, ϑ_{bath}	(260 ± 5) °C
		Immersion time, t_{imm}	(10 ± 1) s
Method 2: Reflow	2, Medium; 3, Medium-high	Solder alloy	None
		Peak temperature, ϑ_{peak}	260 °C
		Time above ($\vartheta_{\text{peak}} - 5 \text{ K}$), t_{peak}	30 s to 40 s
		Time above liquidus, t_{liq}	90 s to 120 s

^a Recommended test details for resistance to soldering heat testing of temperature group 1 specimens should be selected from the relevant information provided by IEC 60068-2-58.

11.2.4.4 Resistance to soldering heat test methods for resistors for through-hole assembly

The resistors with wire or tag terminations intended for assembly on a circuit board shall be subjected to test Tb of IEC 60068-2-20 using the solder bath or soldering iron method as prescribed by the relevant specification, preferably with the details given in Table 32.

Table 32 – RSH test parameters for resistors with wire or tag terminations

Test method	Solder process temperature group ^a	Parameter	Recommended value ^b
Method 1: Solder bath	2, Medium; 3, Medium-high; 4, High	Solder alloy	Any solder alloy
		Solder temperature, ϑ_{bath}	$(260 \pm 3) ^\circ\text{C}$
		Immersion time, t_{imm}	$(10 \pm 1) \text{ s}$

Method 2: Soldering iron	2, Medium; 3, Medium-high; 4, High	Solder alloy	Any solder alloy
		Iron bit temperature, ϑ_{bit}	(370 ± 10) °C
		Iron bit application time, t_a	(10 ± 1) s
^a Recommended test details for solderability testing of temperature group 1 are currently not available.			
^b The relevant specification using the solder bath method may prescribe a higher severity with a solder temperature of (270 ± 3) °C and an immersion time of (5 ± 0,5) s or (10 ± 1) s if the typically expected flow soldering conditions exceed the typical conditions of wave soldering, e.g. for selective soldering.			

For the solder bath test, the terminations of the specimens shall be immersed into the molten solder until a distance of $2,5_{-0,5}^0 \text{ mm}$ from the resistor body or its seating plane.

11.2.4.5 Resistance to soldering heat test methods for resistors not designed for assembly on a circuit board

The resistors with wire, tag or lug terminations which are not intended for assembly on a circuit board shall be subjected to test Tb of IEC 60068-2-20 using the solder bath method, preferably with the details given for that method in Table 32.

For the solder bath test, the terminations of the specimens shall be immersed into the molten solder until a distance of $2,5_{-0,5}^0 \text{ mm}$ from the resistor body or its seating plane.

11.2.5 Recovery, final inspection and measurements

Recovery shall take place under standard atmospheric conditions for testing, for a duration in the range of 1 h to 2 h.

The resistor shall be visually examined.

The resistance shall be measured as specified in 5.6.

11.2.6 Requirements

There shall be no visible damage and the marking, where applied, shall be legible.

The change of resistance between the initial and final measurements shall not exceed the limit prescribed by the relevant specification.

11.3 Solvent resistance

11.3.1 Purpose of this test

The object of this test is to verify the capability of resistors to experience a solvent-based cleaning process undamaged, as may occur in circuit board assembly.

NOTE This test combines the prior tests component solvent resistance (former 4.29, using method 2 of IEC 60068-2-45), and solvent resistance of marking (former 4.30, using method 1 of IEC 60068-2-45).

11.3.2 Test method

11.3.2.1 Preparation of the specimens

The relevant specification may prescribe a minimum deferment time after production of the resistors before starting this test.

The relevant specification shall prescribe, if the resistor specimens shall be mounted or not for this test.

The specimens shall be allowed to reach thermal equilibrium with the laboratory temperature.

11.3.2.2 Initial measurements

The resistors shall be visually examined.

11.3.2.3 Test procedure

The test shall be executed under standard atmospheric conditions for testing (see 5.2.3).

The specimens shall be subjected to test XA of IEC 60068-2-45:1980 with IEC 60068-2-45:1980/AMD1:1993, preferably with the details given in Table 33 and prescribed by the relevant specification.

Recommended test method for marked and for unmarked resistors is the method 1, immersion followed by rubbing, as it covers all possible objectives of this test in one step.

The relevant safety precautions concerning the solvent being applied shall be observed.

11.3.3 Recovery, final inspection and measurements

Recovery shall take place under standard atmospheric conditions for testing, for a duration in the range of 1 h to 2 h, unless otherwise prescribed by the relevant specification

The resistors shall be visually examined.

11.3.4 Requirements

There shall be no visible damage.

For marked resistors, the marking shall be legible.

Table 33 – Recommended parameters for the solvent resistance test

Parameter	Recommended value		
Solvent	Isopropyl alcohol (IPA) ^a		
Temperature, ϑ_{bath} ^b	(23 ± 5) °C or (50 ₋₅ ⁰) °C		
Soaking duration, t_{imm}	(5 ± 0,5) min		
Conditioning ^c	Method 1: immersion, followed by rubbing	or	Method 2: immersion only
Rubbing material	Wad of cotton wool, or toothbrush ^d		N/A
Number of strokes, n	10		

^a IPA, CAS registry number 67-63-0, also known as 2-Propanol, Isopropanol, or by the IUPAC designation Propan-2-ol. The purity shall be ≥ 98%.

^b The preferred solvent temperature is (23 ± 5) °C.

^c The methods are those given in IEC 60068-2-45:1980 with IEC 60068-2-45:1980/AMD1:1993.

^d The toothbrush prescribed as a rubbing device shall be a regular commercial hard grade quality with tightly clustered bristles of consistent length, made of regular synthetic fibres. It shall be used with a single solvent only and applied with normal hand pressure (approximately 0,5 N to 1 N normal to the specimen surface) for the required number of strokes. The toothbrush shall be discarded when there is any evidence of softening, bending, wear, or loss of bristles.

12 Tests related to safety

12.1 Insulation resistance

12.1.1 Purpose of this test

Object of this test is to assess the insulation resistance of insulated resistors as an independent parameter or in conjunction with climatic tests.

The insulation resistance test is applicable only to insulated resistors.

12.1.2 Preparation of the specimens

If drying is prescribed by the relevant specification, it shall specify one of the drying methods given in 5.4.

The specimens shall be allowed to reach thermal equilibrium with the laboratory temperature.

12.1.3 Test procedure

12.1.3.1 General provisions for this test

The test shall be executed under standard atmospheric conditions for testing (see 5.2.3).

The insulation resistance of the different types of resistors shall preferably be measured with the following methods:

- Rectangular SMD resistors shall be measured using the parallel clamp method given in 12.1.3.5;
- Cylindrical SMD resistors shall be measured using the V-clamp method given in 12.1.3.6;
- Resistors with cylindrical or cubical body, without mounting devices and with wire, tag or lug terminations emerging along or parallel to the longitudinal axis shall be measured using the V-block method given in 12.1.3.2;

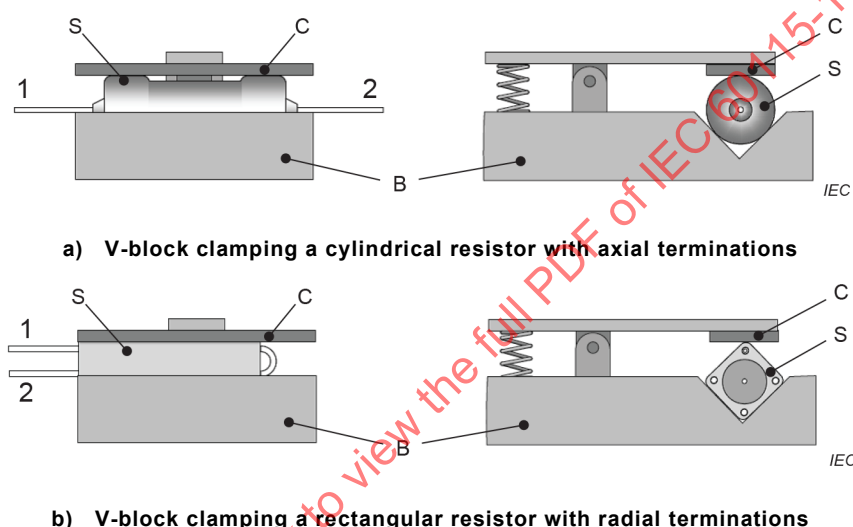
- Other resistors, e.g. resistors with radial terminations, without mounting devices shall be measured using the foil method given in 12.1.3.3;
- Resistors with mounting devices shall be measured using the mounting method given in 12.1.3.4.

12.1.3.2 V-block method

The resistor shall be clamped in the trough of a 90° metallic V-block of such size that the resistor body does not extend beyond the extremities of the block (see Figure 22).

For cylindrical and rectangular resistors with axial terminations, any out-of-centre positioning of the point of emergence of the terminations from the body shall be ignored.

Cylindrical and rectangular resistors with radial terminations shall be aligned with the termination side of the body near one face of the V-block (see Figure 22 b).



Key

- S resistor specimen
- 1, 2 terminations of the specimen
- B V-block, metal base with 90° V shaped groove
- C clamping device

NOTE The figure illustrates a suitable fixture, it however does not preclude any other suitable design.

Figure 22 – V-block fixture

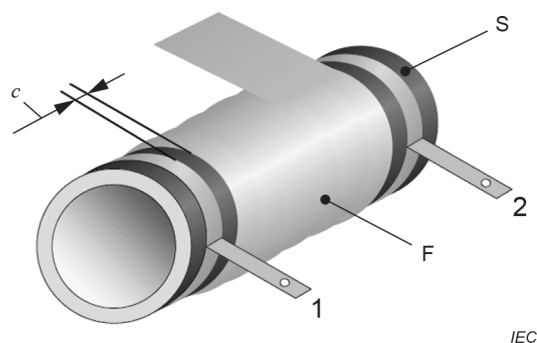
The clamping force shall be such as to guarantee adequate contact between the resistor and the block. The clamping force shall be chosen in such a way that no destruction or damage to the resistor occurs.

The terminations of the specimen (1, 2) shall be wired together to be connected to the negative terminal, and the metal V-block (B) and the clamping device (C) wired together connected to the positive terminal of the test instrumentation.

12.1.3.3 Foil method

A metal foil shall be wrapped closely around the body of the resistor (see Figure 23).

For resistors with radial terminations protruding from the side of the resistor body, a clearance shall be maintained between the edge of the foil (F) and the conductive parts of each termination (1, 2), preferably $c \geq 1$ mm.

**Key**

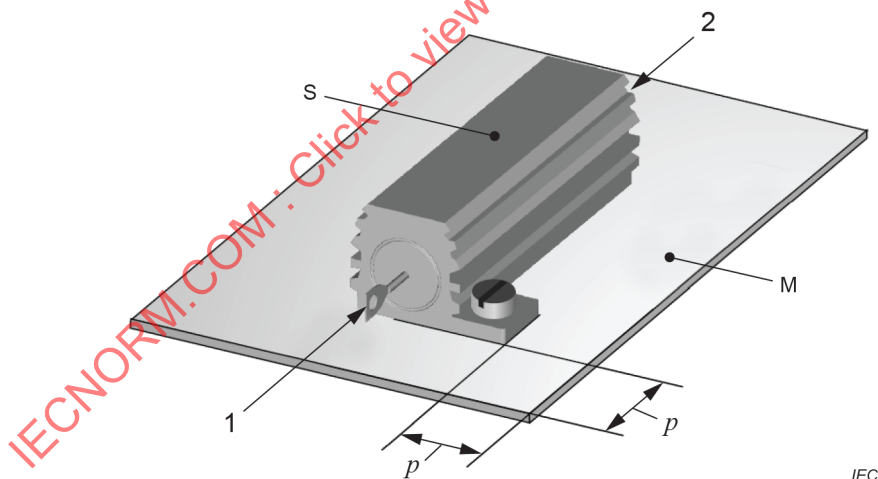
- S resistor specimen
 1, 2 terminations of the specimen
 F foil, applied in a single or in multiple turns
 c clearance

NOTE The figure illustrates a suitable method, it however does not preclude any other suitable realisation.

Figure 23 – Foil method applied to a resistor specimen

For resistors having axial terminations, the foil shall be wrapped around the whole body of the resistor protruding by at least 5 mm from each end, provided that a clearance $c \geq 1$ mm between the foil and the termination can be maintained. The ends of the foil shall not be folded over the ends of the resistor.

12.1.3.4 Mounting method for resistors with mounting devices

**Key**

- S resistor specimen
 1, 2 terminations of the specimen
 M metal plate
 p projection of the plate beyond the specimen's mounting face

NOTE The figure illustrates a suitable method, it however does not preclude any other suitable realisation.

Figure 24 – Mounting method applied to a resistor specimen

The terminations of the specimen (1, 2) shall be wired together to be connected to the negative terminal, and the metal foil (F) connected to the positive terminal of the test instrumentation.

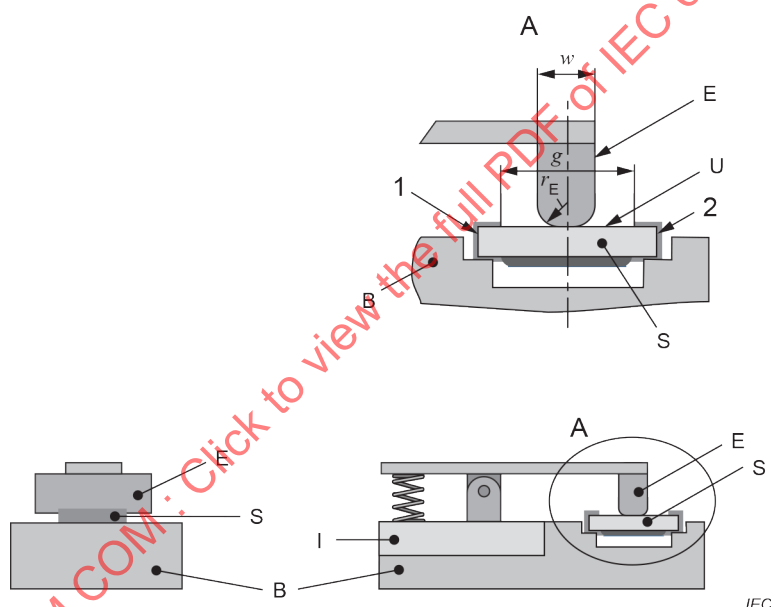
The resistor shall be mounted in its normal manner on a metal plate (see Figure 24). The metal plate shall extend in all directions beyond the mounting face of the resistor by $p \geq 12,7$ mm.

The relevant specification may prescribe specific details, or an alternative mounting method where the resistor specimen is clamped between a pair of metal plates.

The terminations of the specimen (1, 2) shall be wired together to be connected to the negative terminal, and the metal plate (M), or metal plates tied together, connected to the positive terminal of the test instrumentation.

12.1.3.5 Parallel clamp method for rectangular SMD resistors

The specimen shall be inserted into the cavity of the metal base of the parallel clamp fixture as shown in Figure 25, with the side intended to be facing the circuit board (U) showing up for being contacted by the metal electrode bar. The cavity of the metal base shall provide flat areas on both sides to facilitate the electrical connection to the resistor, between which sufficient clearance shall be provided to avoid any protruding part of the specimen touching the metal base.



Key

- S resistor specimen
- U designated underside (bottom), intended to face the circuit board at assembly
- 1, 2 terminations of the specimen
- g gap between the terminations on the specimen's underside
- B metal base with suitably shaped cavity
- I insulating material
- E spring loaded top electrode, electrically insulated from the metal base
- w width of the top electrode
- r_E radius of the top electrode front edge, $r_E \approx w/4$

NOTE The figure illustrates a suitable fixture for a specific specimen size. However, it does not preclude any other suitable design.

Figure 25 – Parallel clamp fixture for rectangular SMD resistors

The point of contact of the metal bar shall be longitudinally centred, with a clamping force $F_c = (1,0 \pm 0,2)$ N, unless otherwise prescribed by the relevant specification. The length of the metal bar shall exceed the width of the specimen and permit the bar to protrude over the specimen on both sides for minimum length equal to the thickness of the specimen. The

thickness w of the metal bar (E), measured parallel to the length of the specimen, shall be $w \leq 0,5 \times g$ in order to provide sufficient clearance on both sides to the inner edges of the specimen's terminations. The contact area of the metal bar shall be rounded to a suitable radius r_E .

NOTE The length of a rectangular SMD resistor is measured along the axis from one termination to the other. On resistors with long side terminations, this leads to the length being smaller than the width of the resistor.

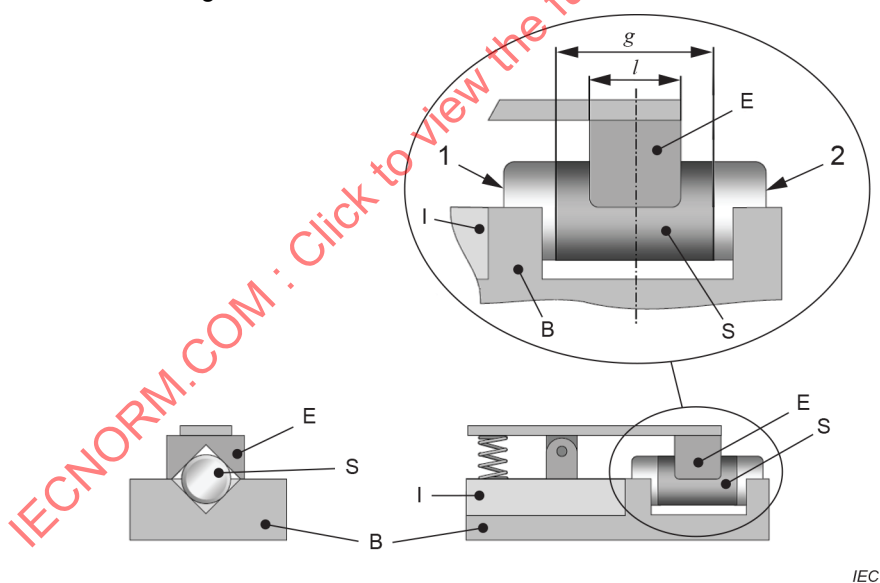
The illustration of Figure 25 is based upon standard rectangular SMD resistors with a single side resistive element and wrap-around terminations. For other rectangular SMD resistor types, such as those designed for face-down assembly, or those with resistive elements on both sides, the top electrode shall be placed on the coating of the resistive element intended to face the circuit board.

The metal base (B) ties together the terminations of the specimen (1, 2) and therefore shall be connected to the negative terminal, and the electrode (E) to the positive terminal of the test instrumentation.

12.1.3.6 V-clamp method for cylindrical SMD resistors

The test shall be performed with the resistor mounted as shown in Figure 26.

The specimen shall be inserted into the V-shaped retainers of the metal base of the V-clamp fixture (B) as shown in Figure 26, for being contacted by the metal V-clamp (E) from above. The retainers of the metal base shall be long enough to facilitate the electrical connection to the resistor, between which sufficient clearance shall be provided to avoid any protruding part of the specimen touching the metal base.



IEC

Key

- S resistor specimen
- 1, 2 terminations of the specimen
- g gap between the terminations on the specimen
- B metal base with 90° V-shaped cavity
- I insulating material
- E spring loaded top electrode with a 90° V-shaped groove, electrically insulated from the metal base
- l axial length of the electrode

NOTE The figure illustrates a suitable fixture for a specific specimen size, it however does not preclude any other suitable design.

Figure 26 – V-clamp test fixture for cylindrical SMD resistors

The point of contact of the metal V-clamp shall be longitudinally centred, with a clamping force $F_C = (1,0 \pm 0,2)$ N, unless otherwise prescribed by the relevant specification. The axial length of the metal V-clamp, l , measured parallel to the length of the specimen, shall be $l \leq 0,5 \times g$ in order to provide sufficient clearance on both sides to the inner edges of the specimen's terminations.

The metal base (B) ties together the terminations of the specimen (1, 2) and therefore shall be connected to the negative terminal, and the metal V-clamp electrode (E) to the positive terminal of the test instrumentation.

12.1.3.7 Measurement

The insulation measurement of the insulation resistance shall be done with the measuring voltage prescribed in Table 34.

Table 34 – Insulation resistance measuring voltage

Test method	Specified insulation voltage U_{ins}	Insulation resistance measuring voltage U_{meas}
V-block method; Foil method; Mounting method	$U_{ins} < 500$ V	(100 ± 15) V
	$U_{ins} \geq 500$ V	(500 ± 50) V
Parallel clamp method; V-clamp method	any	(100 ± 15) V

The measurement shall endure to take a stable reading, not exceeding 1 min.

12.1.4 Requirements

The insulation resistance shall be not less than the minimum value prescribed by the relevant specification.

12.2 Voltage proof

12.2.1 Purpose of this test

Object of the voltage proof test is to verify the ability of the resistors to withstand the specified insulation voltage for an extended duration.

NOTE Another designation for the insulation voltage is "dielectric withstanding voltage".

The voltage proof test is applicable only to insulated resistors.

12.2.2 Preparation of the specimens

If drying is prescribed by the relevant specification, it shall specify one of the drying methods given in 5.4.

The specimens shall be allowed to reach thermal equilibrium with the laboratory temperature.

12.2.3 Initial measurements

There are no initial inspections or measurements required for this test.

12.2.4 Test procedure

The test shall be executed under standard atmospheric conditions for testing (see 5.2.3).

The voltage proof test shall preferably be conducted at the different types of resistors with the following methods:

- Rectangular SMD resistors shall be tested using the parallel clamp method given in 12.1.3.5;
- Cylindrical SMD resistors shall be tested using the V-clamp method given in 12.1.3.6;
- Resistors with cylindrical or cubical body, without mounting devices and with wire, tag or lug terminations emerging along or parallel to the longitudinal axis shall be tested using the V-block method given in 12.1.3.2;
- Other resistors without mounting devices shall be tested using the foil method given in 12.1.3.3;
- Resistors with mounting devices shall be tested using the mounting method given in 12.1.3.4.

The test shall be conducted with an AC voltage with a frequency in the range of 50 Hz to 60 Hz. The AC RMS voltage proof test voltage U_{test} shall be

$$U_{\text{test}} = 1,42 \times U_{\text{ins}}$$

where U_{ins} is the insulation voltage specified by the relevant specification.

NOTE The insulation voltage U_{ins} is typically specified as a DC voltage, or as an AC peak voltage.

In the voltage proof test, the test voltage shall gradually be increased from zero to U_{test} at a rate of approximately 100 V/s, after which U_{test} shall be maintained for a duration of (60 ± 5) s.

The current passing through the test fixture and the specimen shall be monitored in order to detect a possible leakage current I_{leak} exceeding 10 μA .

The specimen shall be observed for the detection of a possible flashover.

12.2.5 Requirements

There shall be no breakdown, i.e. $I_{\text{leak}} \geq 10 \mu\text{A}$.

There shall be no flashover.

12.3 Accidental overload test

NOTE This test is also known as "active flammability test".

12.3.1 Purpose of this test

The object of the accidental overload test is to assess the fire hazard, resulting from the application of overload to resistors.

As the risk of accidental overload of a specific resistor and excessive heat emerging from it strongly depends on the particular type and resistance and also on its application, this test is not suitable for a general assessment of a generic property of a whole family of resistors. Therefore, the relevant specification should apply this test in consideration of a specific application with its common conditions, e.g. operating voltage and typically applied resistance range.

NOTE This test is not intended to assess the ability of a resistor to withstand any kind of electrical overload. Also, this test is not intended to assess the ability of a resistor to fuse to open circuit under any particular load.

This test is not applicable to surface-mounted components.

12.3.2 Preparation of the specimens

If drying is prescribed by the relevant specification, it shall specify one of the drying methods given in 5.4.

The specimens shall be allowed to reach thermal equilibrium with the laboratory temperature.

The resistor specimens shall be placed horizontally in the fixture so that the gauze fixture is centred on the specimen in both the axial and longitudinal direction.

12.3.3 Initial measurements

There are no initial inspections or measurements required for this test.

12.3.4 Test equipment

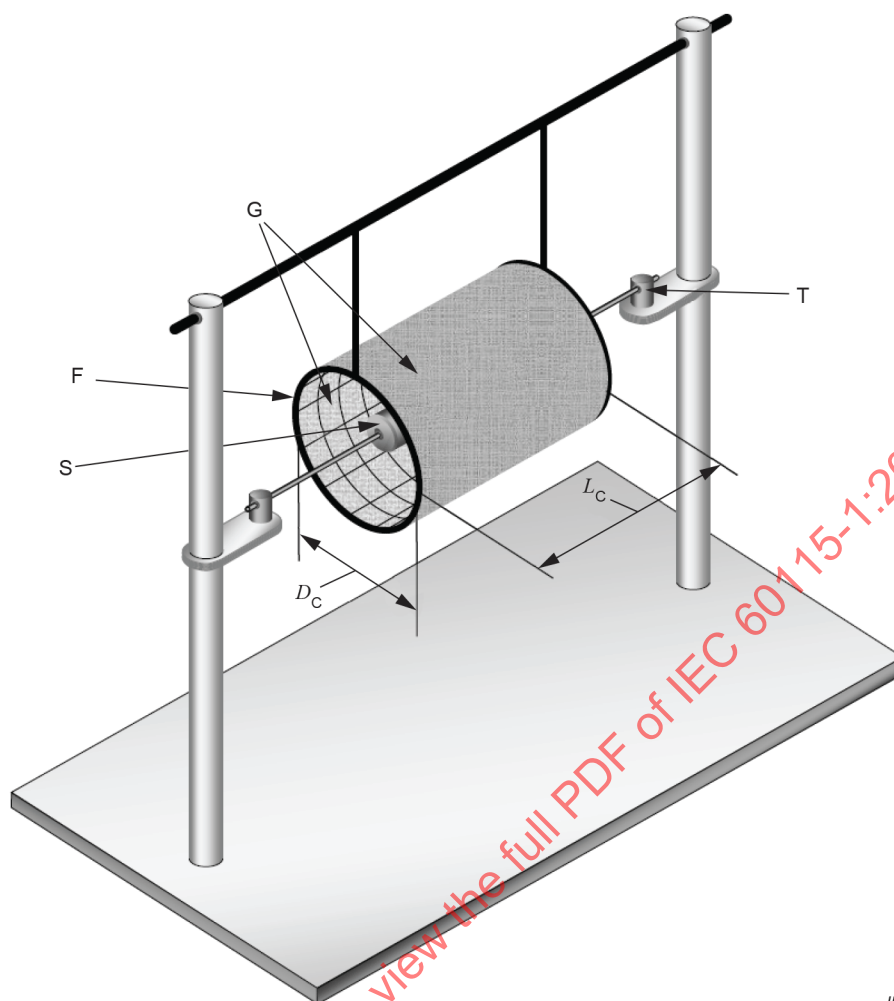
12.3.4.1 Gauze fixture

The gauze fixture shall provide a single layer of inflammable gauze around the resistor specimen at a consistent distance d_g from the specimen's surface:

$$d_g = (25 \pm 3) \text{ mm}$$

The layer of gauze shall be supported by a suitably shaped wire framework (see Figure 27).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60115-1:2020



IEC

Key

S	resistor specimen
F	wire framework, made e.g. of iron wire
G	single layer of gauze wrapped around the wire framework
T	mounting terminal, designed for minimum heat dissipation
L_c , D_c	length, outer diameter of the gauze fixture cylinder

Figure 27 – Gauze fixture for axial cylindrical specimens

For conventional axial leaded resistors with a cylindrical body, this leads to a cylindrical shape for the gauze and thus for the supporting wire framework, with open ends on both sides. The dimensions of the gauze cylinder depend on the dimensions of the resistor specimen, see Figure 28.

$$D_c = D + (2 \times d_g)$$

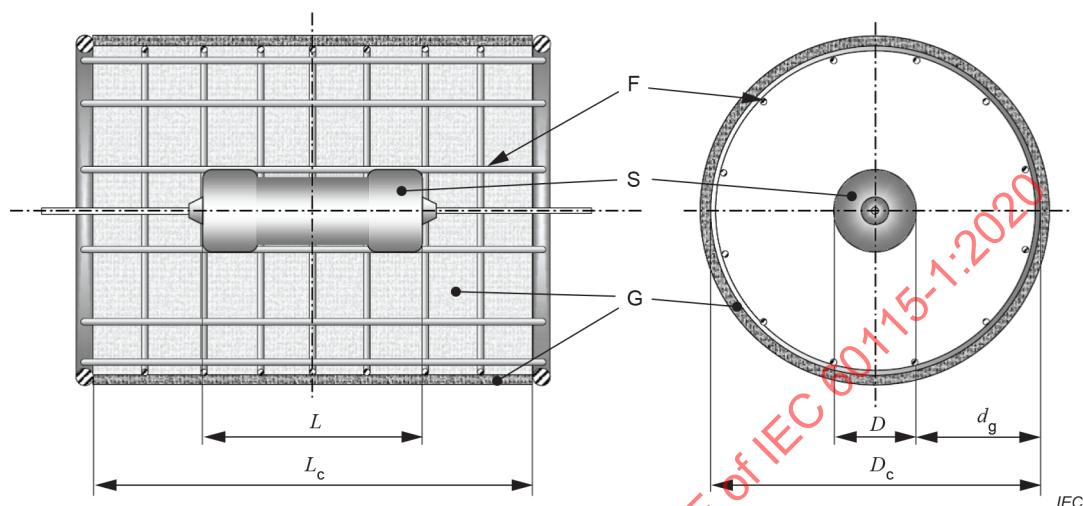
$$L_c \geq 2 \times L$$

where

- D_c is the inner diameter of the gauze cylinder;
- D is the diameter of the specimen body;
- L_c is the length of the gauze cylinder;
- L is the length of the specimen body.

The wire framework shall be built from a low thermal conductive cylindrical wire with a nominal diameter $d \leq 0,6$ mm; high thermal conductive materials (e.g. copper or aluminium) shall not be used for this purpose. The wires shall be equally spaced throughout the required shape and shall not cover more than 10 % of the inner gauze surface. The wire framework and thus the gauze enclosure shall be aligned horizontally.

NOTE The prescribed wire dimension of $d \leq 0,6$ mm corresponds to an American wire gauge of > 22 AWG.



Key

- S resistor specimen
- F wire framework, made e.g. of iron wire
- G single layer of gauze wrapped around the wire framework
- L, D length, diameter of the specimen body
- L_c, D_c length, outer diameter of the gauze fixture cylinder
- d_g distance between gauze and specimen surface

Figure 28 – Gauze fixture dimensions for cylindrical specimens

The inflammable gauze shall be an untreated cotton cloth (cheese-cloth), having a warp and weft density of 13 by 11 threads per centimetre and running approximately 38 g/m². The cloth shall be maintained under standard atmospheric conditions for testing for at least 24 h before execution of this test.

NOTE The prescribed cloth density corresponds to 32 by 28 threads per inch and to 14 yd/lb to 15 yd/lb.

For resistor specimens with a non-cylindrical shape, a more complex shape is required for the gauze and thus for the wire framework, see the example for a cubical specimen in Figure 29. For such resistors, the relevant specification shall provide the necessary dimensions for the specific gauze fixture, based on the details given in Figure 29.

The insertion of specimens with unidirectional terminations (e.g. lead wires) may require the use of a support at the opposite end of the component body. Such support shall be as small as possible and be made from a material with low thermal conductivity, e.g. thin iron wire.

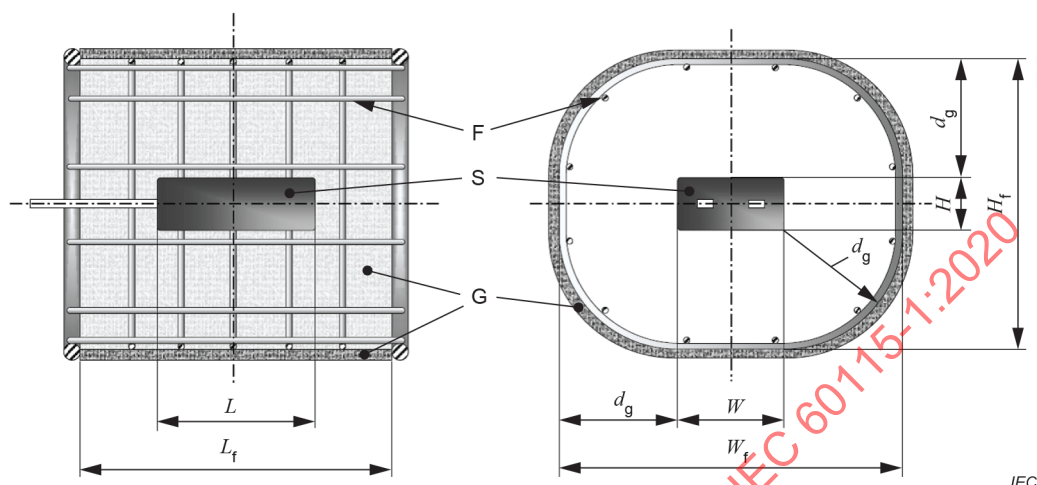
12.3.4.2 Mounting terminals and support structure

The mounting terminals shall be positioned in order to hold the specimen at full length of its terminations (e.g. lead wires) in a horizontal position.

The mounting terminals (T in Figure 27) shall be made as small as possible in order to avoid any excessive heat dissipation. The wires used for connecting the terminals with the voltage

source shall be chosen with a reasonably small diameter, the wire impedance shall however be small compared with the specimen resistance R_n .

The support structure shall be made of a material with low thermal conductivity, preferably of an insulating material.



Key

S	resistor specimen
F	wire framework, made e.g. of iron wire
G	single layer of gauze wrapped around the wire framework
L, W, H	length, width, height of the specimen body
L_f, W_f, H_f	length, outer width, outer height of the gauze fixture, $L_f \geq 2L$, $W_f = W + 2d_g$, $H_f = H + 2d_g$
d_g	distance between gauze and specimen surface, also radius around surface corner

Figure 29 – Gauze fixture dimensions for non-cylindrical specimens

12.3.4.3 Current monitor

The current passing through the specimen shall be monitored in order to detect a significant change of the specimen resistance, particularly

- short circuit, which for the purpose of this test is distinguished by $R \leq 0,1 \times R_n$; or
- open circuit, which for the purpose of this test is distinguished by $R \geq 100 \times R_n$

The impedance of the current monitor, R_{CM} , shall be small compared with the specimen resistance R_n :

$$R_{CM} \leq 0,01 \times R_n$$

12.3.4.4 Ventilation

The test shall be made in an area which is suitably vented for the elimination of smoke and fumes.

The air velocity over the specimen shall not exceed 30 m/min.

12.3.5 Test procedure

The test shall be executed under standard atmospheric conditions for testing (see 5.2.3).

Unless otherwise prescribed by the relevant specification, the resistor specimen shall be loaded with a multiple of its rated dissipation, as given in Table 35.

Table 35 – Recommended parameters for the accidental overload test

Parameter	Recommended value
Test load ^a	$P_{\text{test}} = m_i \times P_r$ with, for $i = 1$: $m_1 = 5$ for $i = 2$: $m_2 = 10$ for $i = 3$: $m_3 = 16$ for $i = 4$: $m_4 = 25$ for $i = 5$: $m_5 = 40$ for $i = 6$: $m_6 = 63$ for $i = 7$: $m_7 = 100$
Test voltage ^b	$U_{\text{test}} = \sqrt{m_i} \times U_r = \sqrt{m_i \times P_r \times R_n} = \sqrt{P_{\text{test}} \times R_n}$; limited by $U_{\text{test}} \leq 4 \times U_{\text{max}}$
Test duration ^c	$t_{\text{test}} = (5 \pm 0,5) \text{ min}$
^a The overload levels m_i shall be applied in sequence, each to a fresh specimen. ^b In prior revisions, the use of an AC voltage had been prescribed for this test. ^c The overload may be switched off immediately after any recorded phenomenon.	

During this time, the setup shall be observed for the following phenomena, the occurrence of which shall be recorded together with the elapsed time:

- ignition of the gauze enclosure; and/or
- short circuit; or
- open circuit.

Acoustic phenomena are not considered as relevant for this test.

12.3.6 Recovery, final inspection and measurements

There is no recovery required for the specimens subjected to this test.

Electrical measurements are not required after this test.

12.3.7 Requirement

There shall be no flaming of the gauze enclosure at any of the prescribed overload levels.

There are no requirements given towards the performance of the resistor after this test.

12.4 Flammability

NOTE This test is also known as "passive flammability test".

12.4.1 Purpose of this test

The object of this test is to determine that a small flame, which can result from fault conditions occurring adjacent to the resistor, either does not cause ignition of a resistor, or if it does, combustible parts ignited by the flame have a limited duration of burning or a limited extent of burning, without spreading fire by flames or burning or glowing particles falling from the test specimen.

12.4.2 Preparation of the specimens

If drying is prescribed by the relevant specification, it shall specify one of the drying methods given in 5.4.

The relevant specification shall prescribe if the resistor specimens shall be mounted or not for this test.

The specimens shall be stored under standard atmospheric conditions for testing for at least 24 h before starting this test.

12.4.3 Initial measurements

There are no initial measurements or inspections required for this test.

12.4.4 Test procedure

The test shall be executed under standard atmospheric conditions for testing (see 5.2.3).

A standardized layer, consisting of a flat wooden board covered with a single layer of wrapping tissue, shall be positioned at a distance of (200 ± 5) mm below the point where the needle flame touches the specimen. This standardized layer shall be stored under standard atmospheric conditions for testing for at least 24 h before starting this test.

The resistors shall be subjected to the needle flame test of IEC 60695-11-5 using the duration t_a prescribed by the relevant specification.

The duration of application of the needle flame to the specimen t_a shall be selected from the following values in consideration of the size and thermal capacity of the resistor specimen:

5 s; 10 s; 20 s; 30 s; 60 s or 120 s.

The relevant safety precautions concerning the used combustible gas, the open flame, the emitted fumes and possible toxic residues shall be observed.

12.4.5 Recovery, final inspection and measurements

Recovery is not applicable for this test.

The specimen and the standardized layer under the specimen shall be observed for glowing combustion or ignition.

The duration t_b of such burning after removal of the needle flame from the specimen until no flames or glowing are visible anymore shall be measured.

12.4.6 Requirements

The duration of burning t_b shall not exceed the limit prescribed by the relevant specification.

There are no requirements given towards the performance of the resistor after this test.

13 Quality assessment procedures

If this standard and related sectional and detail specifications are used for the purpose of a full quality assessment system such as the IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ), the relevant clauses of Annex Q shall apply. The rules for the establishment of detail specifications given in Annex B shall then also be observed.

If this standard and related sectional and detail specifications are used for the purpose of a failure rate level evaluation, the relevant clauses of Annex R shall apply.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60115-1:2020

Annex A (normative)

Symbols and abbreviated terms

A.1 Symbols

α	Temperature coefficient of resistance (TCR)	1/K
α_r	Rated temperature coefficient of resistance, i.e. permissible TCR	1/K
a_{LCT}	TCR between the reference temperature and LCT (Cold TCR)	1/K
a_{UCT}	TCR between the reference temperature and UCT (Hot TCR)	1/K
β	Voltage coefficient of resistance (VCR)	1/V
ϑ	Temperature (Celsius temperature)	°C
NOTE 1 The vast majority of temperatures considered in the scope of this specification is established in accordance with IEC 60027-1 and ISO 80000-5 as Celsius temperatures and thus expressed in °C, e.g. ambient temperature, rated temperature, category temperatures, thermal test conditions, process conditions, thermal criteria. Most of these temperatures do not have a particular thermodynamic relevance.		
$\Delta\vartheta$	Temperature rise	K
ϑ_r	Rated temperature	°C
ϑ_{amb}	Ambient temperature	°C
ϑ_{bath}	Temperature of a liquid bath, including molten metal	°C
ϑ_{bit}	Temperature of the heated bit, e.g. of a soldering iron	°C
ϑ_{inf}	Lower temperature, e.g. of a test cycle	°C
ϑ_{LCT}	Temperature value measurable at the lower category temperature	°C
ϑ_{max}	Maximum temperature, e.g. at tests	°C
ϑ_{peak}	Peak value of a transient temperature	°C
ϑ_{sup}	Upper temperature, e.g. of a test cycle	°C
ϑ_{test}	Temperature applied in a test	°C
ϑ_{UCT}	Temperature value measurable at the upper category temperature	°C
λ	Statistical component failure rate	1/h
π	Quality factor for a specific cause, e.g. π_T , π_P , π_S , π_E , or π_Q	1
ρ_x	Mass concentration of a substance x	g/l
τ_L	Voltage or current time constant due to inductance	s
$\hat{a}$	Peak acceleration	m/s ²
A_1	Current-noise index	dB
A_3	Third harmonic ratio	dB
c	Clearance, distance between conductors, e.g. at different potentials	mm
c	Acceptance criteria, e.g. permitted number of nonconforming items	1
C	Acceptance criteria, permitted number of non-conforming items	1
C	Capacitance	F
CNR_U	Current-noise voltage ratio	µV/V

d	Distance, e.g. in a test setup	mm
d	Diameter, e.g. of a termination wire	mm
d	Deflection, e.g. as a result of an applied test force	mm
D	Diameter, e.g. of a specimen body	mm
E_a	Activation energy	eV
f	Frequency	Hz
f_1	Fundamental frequency, or lower frequency of a sweep range	Hz
f_2	Upper frequency of a sweep range	Hz
f_3	3 rd harmonic frequency	Hz
f_r	Repetition frequency, e.g. of a pulse sequence	Hz
F_p	Pull force	N
F_{test}	Force applied in a test	N
g	Gap, distance between elements	mm
g_n	Standard acceleration of free fall, $g_n \approx 9,81 \text{ m/s}^2$	m/s ²
	NOTE 2 For convenience, g_n is often approximated as $g_n \approx 10 \text{ m/s}^2$.	
H	Height, e.g. of a specimen body	mm
i	Numeric index	1
I	Current	A
I_{max}	Maximum permissible current	A
$\hat{I}, I_{\text{peak}}$	Peak current, e.g. of an applied pulse	A
l	Length, e.g. of a test probe	mm
l_{meas}	Distance of the point of measurement from the resistor body	mm
k	Boltzmann constant, $k \approx 1,381 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ $\approx 8,617 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$	J/K eV/K
L	Length, e.g. of a specimen body	mm
L_x	Inductance of a resistor specimen	H
m	Numeric multiplier	1
n	Arbitrary number, or position, or number of test cycles	1
n	Sample size, number of specimens	1
n	Number of consecutive actions in a test	1
p	Repetition period of a test, e.g. in a test schedule	month
P	Dissipation	W
P_{25}	Rated dissipation at 25 °C ambient temperature	W
P_{70}	Rated dissipation at 70 °C ambient temperature	W
P_m	Mean dissipation, e.g. in a repetitive pulse sequence	W
P_r	Rated dissipation	W
P_{test}	Dissipation applied in a test	W
r	Radius	mm
R	Actual resistance value	Ω
R_{20}	Resistance value measurable at 20 °C	Ω
R_g	Resistance value at the temperature ϑ	Ω

R_{crit}	Critical resistance, determined by concurrent load P_r and with U_{max}	Ω
R_{ins}	Insulation resistance	Ω
R_{LCT}	Resistance value measurable at the lower category temperature	Ω
R_n	Nominal resistance value	Ω
R_{source}	Source resistance of a signal or pulse generator	Ω
R_r	Rated resistance value	Ω
R_{rsd}	Residual resistance	Ω
$R_{rsd\ max}$	Maximum permissible residual resistance	Ω
R_{th}	Thermal resistance	K/W
$R_{th\ e-c}$	Thermal resistance of resistor, between resistive element and case mounting plane	K/W
$R_{th\ c-h}$	Thermal resistance between case and heat-sink mounting planes	K/W
$R_{th\ h-a}$	Thermal resistance of heat-sink, between mounting plane and ambient air or cooling fluid	K/W
R_{UCT}	Resistance value measurable at the upper category temperature	Ω
R_x	Resistance of a resistor specimen	Ω
ΔR_α	Difference of resistance due to a TCR and a change of temperature	Ω
ΔR_n	Tolerance on the nominal resistance	Ω
ΔR	Change of resistance	Ω
$\Delta R/R$	Change of resistance related to the prior measurement	%
RH	Relative humidity	%
RH_{amb}	Relative humidity of the ambient air	%
RH_{test}	Relative humidity of the test atmosphere	%
S	Cross section, e.g. of a conductor or a mechanically loaded part	mm ²
t	Duration	s
t_a	Duration of application, e.g. of a test flame	s
t_b	Duration of burning after removal of the test flame	s
t_{hold}	Duration for which a test load is held constant	s
t_{imm}	Duration of immersion into a bath	s
t_{liq}	Duration of a transient temperature being above the liquidus of an alloy	s
t_{load}	Duration for which a load is applied in a test	s
t_{test}	Duration of execution of a test condition	s
t_p	Duration of a pulse voltage, e.g. square wave	s
t_r	Duration of a repetition period, e.g. within a pulse sequence	s
T	Height (thickness), e.g. of a specimen body	mm

T	Thermodynamic temperature	K
NOTE 3 In the scope of this specification, a thermodynamic temperature is employed only in a few special cases:		
– Calculation of thermal noise, see IEC 60195;		
– Calculation of the heat radiation according to Planck's law of thermal radiation;		
– Estimation of ageing effects according to Arrhenius' equation on the temperature dependence of reaction rates.		
T_0	Thermodynamic temperature for 0 °C, $T_0 \approx 273$ K	K
T_{25}	Thermodynamic temperature for 25 °C, $T_{25} \approx 298$ K	K
U	Voltage, for example, test voltage	V
$\hat{U}, U_{\text{peak}}$	Peak voltage, e.g. of a transient voltage (pulse load)	V
U_{bias}	Voltage applied in a test for the polarisation of specimens	V
U_{ins}	Insulation voltage	V
U_{max}	Limiting element voltage, maximum permissible voltage	V
U_{meas}	Measuring voltage to be applied in a test or measurement	V
U_r	Rated voltage, $U_r = \sqrt{P_{70} \cdot R_r}$	V
U_{test}	Voltage applied in a test	V
W	Width, e.g. of a specimen body	mm

A.2 Abbreviated terms

AC	Alternating current, voltage or current of approximate sinusoidal waveform
C	Carbon film technology (Character for style designations)
CA	Capability approval, a component qualification scheme
NOTE 1 This qualification scheme has been succeeded by the IECQ Approved components scheme – Capability certification (IECQ AC-C).	
CAS	Chemical Abstracts Service of the American Chemical Society
CDV	Committee draft for vote, enquiry stage for preparation of an international standard at IEC
CoC	Certificate of conformity
CQC	Capability qualifying components
D	Destructive
DC	Direct current, non-alternating voltage or current
DMR	Designated management representative (Quality system manager)
ESD	Electrostatic discharge
FDIS	Final draft international standard, approval stage for preparation of an international standard at IEC
FRL	Failure rate level, assessed by accumulation of successful load life testing
G	Metal glaze technology (Character for style designations)
HBM	Human body model, representation of the capacitance and resistance of a human body for ESD testing
IECQ	IEC quality assessment system for electronic components

IECQ AC	IECQ approved components scheme, a component qualification scheme
IECQ-AC-C	IECQ approved components scheme – capability certification
IECQ-AC-TC	IECQ approved components scheme – technology certification
IECQ CB	IECQ certification body
IL	Inspection level
IPA	Isopropyl alcohol (CAS registry number: 67-63-0)
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
L	Suffix to style designations for axial leaded film resistors, if formed subsequently to a radial version with lateral body position
LCT	Lower category temperature
M	Metal film technology (Character for style designations)
MET	Maximum temperature of the resistive element
MTBF	Mean time between failures
	NOTE 2 The MTBF applies to systems that can be repaired. It excludes any system downtime, e.g. due to maintenance or repair.
MTTF	Mean time to failure
	NOTE 3 The MTTF applies to non-repairable components or systems.
ND	Non-destructive
NSI	National Supervising Inspectorate
	NOTE 4 IECQ 01:2007, <i>IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ Scheme) – Basic Rules</i> , has implemented a change of the term Supervising Inspectorate to IECQ Certification Body (IECQ CB)
ONS	Organisme National de Surveillance (National supervising inspectorate)
	NOTE 5 This term had been used prior to using the term "National Supervising Inspectorate" (NSI).
PCB	Printed circuit board
PCP	Process control plan
QA	Qualification approval, component qualification scheme
RA	Style designation prefix for axial leaded film resistors
RC	Style designation for "Resistor, Cylindrical", typically used for SMD film resistors
RL	Style designation prefix for radial leaded film resistors with lateral body position
RR	Style designation for "Resistor, Rectangular", typically used for SMD film resistors
RU	Style designation prefix for radial leaded film resistors with upright body position
RSH	Resistance to soldering heat
SMD	Surface-mounted device
SMT	Surface-mount technology
SPC	Statistical process control
TA	Technology approval, a component and technology qualification scheme
	NOTE 6 This qualification scheme has been succeeded by the IECQ Approved components scheme – Technology certification (IECQ AC-TC).

TADD	Technology approval declaration document
TAS	Technology approval schedule
TC	Temperature coefficient (not specific to resistance)
TCR	Temperature coefficient of resistance
TIM	Thermal interface material
UCT	Upper category temperature
VCR	Voltage coefficient of resistance

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60115-1:2020

Annex B

(normative)

Rules for the preparation of detail specifications for resistors and capacitors for electronic equipment for use within the IECQ system

B.1 The drafting of a complete detail specification by IEC technical committee 40, if required, shall begin only when all the following conditions have been met:

- a) the generic specification has been approved;
- b) the sectional specification, if appropriate, has been circulated for approval according to the relevant system rules (FDIS, or unanimously approved CDV);
- c) the associated blank detail specification has been circulated for approval according to the relevant system rules (FDIS, or unanimously approved CDV);
- d) there is evidence that at least three national committees have formally approved, as their own national standard, specifications covering a component of closely similar performance.

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

B.2 Detail specifications shall use the standard or preferred values, ratings and characteristics, and severities for environmental tests, etc. which are given in the appropriate generic or sectional specifications.

An exception to this rule may only be granted for a specified detail specification, if agreed by the technical committee.

B.3 The detail specification should not be circulated for approval according to the relevant system rules (FDIS, or unanimously approved CDV) until the sectional and blank detail specifications have been approved for publication.

Annex C (informative)

Example of a certified test record

Component manufacturer	Veriohm Ltd.
Place of manufacture	Amper Lane 8, Voltville
Detail specification and issue	IEC 60115-8-205:2019
Description of component	Fixed low power film surface mount (SMD) resistors, Rectangular
Current three months period	2021-01-01 – 2021-03-31

This Certified Test Record is a completed and accurate record of the tests carried out in accordance with the specified procedures.

Manufacturer

Designated Management Representative (T. Rustworthy)

IECQ Certification Body

Supervising Inspector (S. Crutiny)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60115-1:2020

	TEST REPORT THIN FILM RESISTORS	Detail Specification: IEC 60115-8-205:2019
	-Style(s): RR1005M (abc0402) - RR1608M (abc0603) - RR2012M (abc0805) - RR3216M (abc1206)	Date: 2021-03-31

Resistance range: 0.22Ω to 10MΩ; 0.0Ω	Resistance tolerance(s): 0.1% to 5%	TCR(s): 10, 15, 25 and 50 · 10⁻⁶/K
--	--	--

1. RESULTS OF QUALIFICATION AND QUALITY CONFORMANCE TESTS

Group ¹⁾	Test ¹⁾	Clause ²⁾	Req. ¹⁾	Test results			
				Quarter: I/21		Period: I/88 - I/21	
				pcs tested	failures	pcs tested	failures
A1	Resistance value	6.1 [4.5]	E	400	0	350.223	1
A2	Visual examination	9.1 [4.4.1]	A	0	0	63.260	0
	Marking	9.1 [4.4.1]	B	140.459	0	2.500.583	5
	Dimensions (gauging)	9.2 [4.4.2]	D	0	0	2.840	0
B1	Insulation resistance	12.1 [4.6]	D	0	0	631	0
	Voltage proof	12.2 [4.7]	F	40	0	2.395	0
	Short time overload	8.1 [4.13]	D	50	0	177.370	1
B2	Solderability	11.1 [4.17]	G	1.135	0	3.422.323	57
C1	Substrate bending test	9.8 [4.33]	D	0	0	8.700	8
	Shear test	9.7 [4.32]	C	0	0	3.480	1
	Rapid change of temperature	10.1 [4.19]	D	0	0	3.740	0
	Climatic sequence	10.3 [4.23]	D	0	0	6.850	0
C2	Endurance at 70 °C - 1000 h	7.1 [4.25.1]	D	0	0	6.409	2
	Extended endurance - 8000 h	7.1.8 [4.25.1.8]	D	0	0	2.120	0
C3	Resistance to soldering heat	11.2 [4.18]	D	830	0	315.762	44
	Flammability	12.4 [4.35]	D	0	0	125	0
D1	Variation of resistance with temperature	6.2 [4.8]	H	28.022	0	383.252	20
D2	Damp heat, steady state	10.4 [4.24]	D	0	0	1.480	1
D3	Dimensions (detail)	9.3 [4.4.3]	D	40	0	1.645	0
	Endurance at UCT	7.3 [4.25.3]	D	0	0	480	0
	Temperature rise	6.7 [4.14]	D	0	0	50	0
E	Electrostatic discharge	8.5 [4.38]	D	0	0	1.060	1
	Component solvent resistance	11.3 [4.29]	C	0	0	26.342	0
	Solvent resistance of marking	11.3 [4.30]	B, C	0	0	1.307	0
	Vibration	9.11 [4.22]	D	0	0	0	0
	Periodic pulse overload	8.4 [4.39]	D	0	0	0	0
F	Rapid change of temperature	10.1 [4.19]	D	0	0	910	0
G	Single pulse high voltage overload	8.2 [4.27]	D	0	0	1.220	0

1) According to detail specification(s)

2) Clause numbers relate to IEC 60115-1:2018, complemented with clause numbers related to IEC 60115-1:2008 in square brackets [...].

Requirements :

A : Condition, workmanship and finish shall be satisfactory

B : Marking shall be legible

C : No visible damage or reduced usability

D : Parameter / resistance change as specified in the detail specification

E : Rated tolerance of resistance not to be exceeded at 20 °C

F : No break down or flashover

G : Good tinning (≥ 95 %) with wetting of the terminations

H : TCR between -55 °C and 20 °C and TCR between 20 °C and 125 °C less than rated TCR

Remarks:

none

Annex Q (informative)

Quality assessment procedures

Q.1 General

Q.1.1 Applicability

The provisions of this annex apply if this specification is used within the IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ).

Q.1.2 Overview

This generic specification and related sectional and detail specifications are suitable for use within a Quality Assessment System for Electronic Components, such as the IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ), and provides for the following types of approval:

- a) The IECQ Approved Components Scheme (IECQ AC) is applicable to an identified component or range of components manufactured to similar design and production processes, for which a detail specification exists. Such detail specification shall be based on this generic specification and a relevant sectional specification and shall give provisions for an IECQ AC certification.

IECQ AC certification is granted to a manufacturer according to the provisions of Q.2, IECQ 03-1 and IECQ 03-3, when it has been established that the components meet the requirements of the detail specification.

The test schedules prescribed by the detail specification for the initial product qualification and for the product quality conformance inspections apply directly to the component or range to be certified.

NOTE 1 The IECQ Approved Components Scheme (IECQ AC) has been introduced with the publication of IECQ 03-3 in order to succeed the IECQ Qualification Approval (QA).

- b) IECQ Qualification Approval (QA) is applicable to an identified component or range of components manufactured to similar design and production processes, for which a detail specification exists. Such detail specification shall be based on this generic specification and a relevant sectional specification and shall give provisions for a QA. The QA Scheme is maintained in order to permit the continued maintenance of existing QA certifications, and the issue of new QA certifications for component manufacturers already holding Qualification Approval(s) in accordance with the prior IEC QC 001002-3:2005, Clause 3.

QA is granted to a manufacturer according to the provisions of Q.3 and IECQ 03-3:2018, Annex C, when it has been established that the components meet the requirements of the detail specification.

A prerequisite for obtaining this certification is that a manufacturer has obtained the Approval of Manufacturer in accordance with the provisions of the former IEC QC 001002-3:2005, Clause 2.

The test schedules prescribed by the detail specification for the initial product qualification and for the product quality conformance inspections apply directly to the component or range to be certified.

NOTE 2 The IECQ Qualification Approval (QA) is a continuation of the scheme described in the prior IEC QC 001002-3:2005, Clause 3 with its roots being in the CECC Quality Assessment System as originally published in documents of the CECC 00 114 series and the EN 100114 series.

- c) The IECQ Approved Component – Capability Certification (IECQ AC-C), previously known as Capability Approval (CA) is applicable to an identified component manufacturing process and set of design rules for which an applicable sectional specification exists. Such sectional specification shall be based on this generic specification and shall give provisions for an IECQ AC-C certification.

IECQ AC-C certification is granted to a manufacturer according to the provisions of Q.4, IECQ 03-1 and IECQ 03-3:2018, Annex D, when it has been established that its capability for manufacturing processes and quality control methods covering a specific component technology meets the requirements of the relevant specifications.

There are different detail specifications used under the IECQ AC-C scheme. At least one detail specification is released for the Capability Qualifying Components (CQC), identifying the component's purpose and prescribing the relevant tests and requirements. Other detail specifications are released for the deliverable components and thus may cover standard catalogue components or customer specific components.

NOTE 3 The IECQ Approved Components Scheme – Capability Certification (IECQ AC-C) has been introduced with the publication of IECQ 03-3:2012, Annex D in order to succeed the IECQ Capability Approval (CA) as described in the prior IEC QC 001002-3:2005, Clause 4 with its roots being in the CECC Quality Assessment System as originally published in documents of the CECC 00 114 series and the EN 100114 series.

- d) The IECQ Approved Component – Technology Certification (IECQ AC-TC), previously known as Technology Approval (TA) is appropriate when the complete technological process (design, process realization, product manufacture, test and shipment) covers the qualification aspects common to all components determined by the technology. It incorporates the most recent principles and techniques in quality management and provides for the use of statistical methods and tools, continuous improvement and procedural flexibility.

The IECQ AC-TC scheme is applicable to an identified electronic component manufacturing activity for which a Technology Approval Schedule (TAS) exists.

IECQ AC-C certification is granted to a manufacturer according to the provisions of Q.5, IECQ 03-1, IECQ 03-3 and IECQ 03-3-1, when it has been demonstrated that the quality management system established for his electronic component manufacturing activity complies with the contents of his Technology Approval Declaration Document (TADD), and meets the requirements of the TAS.

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

NOTE 4 The IECQ Approved Components Scheme – Technology Certification (IECQ AC-TC) has been introduced with the publication of IECQ 03-3-1 in order to succeed the IECQ Technology Approval (TA) as described in the prior IEC QC 001002-3:2005, Clause 6 with its roots being in the CECC Quality Assessment System as originally published in documents of the CECC 00 114 series and the EN 100114 series.

NOTE 5 The scheme of a separate Approval of Manufacturer according to the provisions of the prior IEC QC 001002-3:2005, Clause 2 is not continued by the recent IECQ Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ System). Instead the IECQ System has integrated the requirements into the range of Electronic Component Manufacturers Approvals (see IEC CA 01:2017, A.4, and IECQ 03-1).

Q.1.3 Quality assessment definitions

Q.1.3.1 Primary stage of manufacture

For fixed resistor specifications, the primary stage of manufacture is, unless specified otherwise, in the sectional specification:

- for film type resistors:
the deposition of the resistive film on the substrate;
- for carbon composition type resistors:
the process that produces the greatest change in polymerisation of the binder;
- for wirewound type resistors:
the winding of the resistance wire (or ribbon) on the former;
- for foil type resistors:

the fixing of the resistive foil on the substrate.

Q.1.3.2 Structurally similar components

The grouping of structurally similar components for the initial product qualification testing or for the product quality conformance testing under IECQ AC, QA, IECQ AC-C or IECQ AC-TC shall be prescribed in the relevant sectional specification.

See IECQ 03-3:2018, 8.14.2.

Q.1.3.3 Assessment level

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

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

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

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

Q.1.3.4 Failure rate level

A failure rate is based on the ratings and performance characteristics of the relevant detail specification and the test severities and test requirements specified therein.

The determination of a failure rate level is based on a statistical confidence level and on the accumulated component hours of the endurance tests and shall be described in the relevant sectional or detail specification.

For determination of a failure rate level for fixed resistors, the procedure in accordance with Annex R shall be applied.

Q.1.4 Rework

Rework is the rectification of a processing error by means not differing from those used in the current process, or by an explicitly permitted rework process prior to release of the component (see IECQ 03-1:2012, 9.2.3 concerning ISO 9001:2008, 8.3).

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

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

Q.1.5 Alternative test methods

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

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

In the case of a dispute, the specified methods take precedence over any alternative method.

Q.1.6 Certified test records of released lots

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

- a) Attributes information (that is number of components tested and number of non-conforming components) for tests in the sub-groups covered by periodic inspection without reference to the parameter for which rejection was made, see Annex C for an example.
- b) Variables information (that is average and range for the change of resistance and number of tested components) for periodic tests specified in the relevant sectional specification.

NOTE Under IECQ AC-C, a certified test record refers only to tests carried out on capability qualifying components.

Q.1.7 Unchecked parameters

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

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

Q.1.8 Delayed delivery

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

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

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

Q.1.9 Repair

Repair is the making usable of an approved component which has been damaged or has become defective after its release (see IECQ 03-1:2018, 9.2.3 concerning ISO 9001:2008, 8.3).

Components that have been repaired shall not be released under any approval.

Q.1.10 Registration of approvals

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

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

Q.1.11 Approvals covering more than one site

An organisation may be covered by one certification for more than one location (site) (see IECQ 03-1:2018, Clause 5 and Annex D, and IECQ 03-3:2018, Clause 5).

Q.2 IECQ Approved Component (IECQ AC) procedures

Q.2.1 Eligibility for IECQ Approved Component certification

An IECQ Approved Component certification may be granted to a manufacturer meeting the requirements given in IECQ 03-1:2018, 9.2 and in IECQ 03-3:2018, Clause 8.

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

Q.2.2 Application for IECQ Approved Component certification

The procedure and requirements for an application for IECQ AC are given in IECQ 03-3:2018, 8.2.

Q.2.3 Subcontracting

The provisions on subcontracting are given in IECQ 03-3:2018, 8.12. The relevant specification may restrict subcontracting according to the rules of IECQ 03-3:2018, 8.12.3.

If subcontracting of the primary stage of manufacture and/or subsequent stages is employed, it shall be in accordance with the provisions of IECQ 03-3:2018, 8.12.1.

Q.2.4 Test procedure for the initial product qualification

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

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

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

Q.2.5 Granting the IECQ Approved Component certification

IECQ AC shall be granted by the Certification Body (CB) when the requirements of IECQ 03-3:2018, 8.4 have been met, see also IECQ 03-3:2018, 8.5.

Q.2.6 Maintenance of the IECQ Approved Component certification

An IECQ AC shall be maintained according to the provisions of IECQ 03-3:2013, 8.6 by regular quality conformance inspections in order to demonstrate the compliance with the requirements for quality conformance prescribed by the detail specification.

Q.2.7 Quality conformance inspection

See IECQ 03-3:2018, 8.13.3.

The detail specification shall prescribe the test schedule and the requirements for the product quality conformance inspection.

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

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

Utilisation of the switching rule of IECQ 03-3:2018, 8.13.8 for reduced inspection in Group C of the test schedule is permitted in all subgroups except endurance, unless prescribed otherwise by a relevant specification.

Q.3 IECQ Qualification Approval (QA) procedures

Q.3.1 Eligibility for an IECQ Qualification Approval

IECQ Qualification Approval (QA) is only available to organizations that already hold current Qualification Approval Certificates (see IECQ 03-3:2018, Annex C).

A Qualification Approval may be granted to a manufacturer holding a Manufacturer's Approval (MA) in accordance with the requirements of IECQ 03-1.

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

The rules of IECQ 03-3:2018, C.2.1 apply.

Q.3.2 Application for an IECQ Qualification Approval

The procedure and requirements for an application for QA are given in IECQ 03-3: 2018, C.2.2.

Q.3.3 Subcontracting

The provisions on subcontracting are given in IECQ 03-3:2018, 8.12. The relevant specification may restrict subcontracting in accordance with the rules of IECQ 03-3:2018, 8.12.3.

If subcontracting of the primary stage of manufacture and/or subsequent stages is employed, it shall be in accordance with the provisions of IECQ 03-3:2018, 8.12.1.

Q.3.4 Test procedure for the initial product qualification approval

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

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

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

Q.3.5 Granting of an IECQ Qualification Approval

QA shall be granted by the Certification Body (CB) when all requirements have been met (see IECQ 03-1:2018, 9.7).

Q.3.6 Maintenance of an IECQ Qualification Approval

A QA shall be maintained in accordance with the provisions of IECQ 03-3:2018, 8.6 by regular quality conformance inspections in order to demonstrate the compliance with the requirements for quality conformance prescribed by the detail specification.

Q.3.7 Quality conformance inspection

See IECQ 03-3:2018, 8.13.3.

The detail specification shall prescribe the test schedule and the requirements for the product quality conformance inspection.

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

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

Utilisation of the switching rule of IECQ 03-3:2018, 8.13.8 for reduced inspection in Group C of the test schedule is permitted in all subgroups except endurance, unless prescribed otherwise by a relevant specification.

Q.4 IECQ Approved Component – Capability Certification (IECQ AC-C) procedures

Q.4.1 General

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

The capability shall be demonstrated on Capability Qualifying Components (CQC), which serve as specimens for initial qualification testing and for subsequent quality conformance

inspections. There shall be a detail specification for a CQC, based on this generic specification and on a sectional specification, giving the provisions for an IECQ AC-C.

A detailed Process Control Plan (PCP) shall be used to identify the inspections and process controls to be carried out during the manufacturing process applied to the manufacturing of components for release.

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

Q.4.2 Eligibility for IECQ Approved Component – Capability Certification

An IECQ Approved Component – Capability Certification may be granted to a manufacturer meeting the requirements given in IECQ 03-1:2018, 9.2 and in IECQ 03-3:2018, D.8.

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

The rules of IECQ 03-3:2018, D.5 apply.

Q.4.3 Application for IECQ Approved Component – Capability Certification

The procedure and requirements for an application for IECQ AC-C are given in IECQ 03-3:2018, D.8.2.

Q.4.4 Subcontracting

The provisions on subcontracting are given in IECQ 03-3: 2018, 8.12. The relevant specification may restrict subcontracting according to the rules of IECQ 03-3: 2018, 8.12.3.

If subcontracting of the primary stage of manufacture and/or subsequent stages is employed, it shall be in accordance with the provisions of IECQ 03-3: 2018, 8.12.1.

Information on applied subcontracting shall be given in the Capability Manual (CM) (see IECQ 03-3:2018, D.7.2.4).

Q.4.5 Description of the capability

The manufacturer shall describe the capability relevant to the manufacturing technology and range of products involved in a capability manual (CM), which shall meet the requirements of IECQ 03-3:2018, D.8.3 and of IECQ 03-3:2018, D.7.2. The CM shall state the limits of the covered technology, and design rules, if applicable.

The CM may be confidential; hence the manufacturer shall provide an abstract of the description of capability suitable for publication, e.g. in a register of approvals.

Q.4.6 Demonstration and verification of capability

The verification of the claimed capability shall demonstrate compliance with the contents of the CM and utilize Capability Qualifying Components (CQC) and the Process Control Plan (PCP), as required by IECQ 03-3:2018, D.8.4.

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

Q.4.7 Granting of an IECQ Approved Component – Capability Certification

IECQ AC-C shall be granted by the Certification Body (CB) when the requirements of IECQ 03-3:2018, D.8.4, have been met, see also IECQ 03-3:2018, D.8.5.

Q.4.8 Maintenance of an IECQ Approved Component – Capability Certification

A capability certification shall be maintained in accordance with the provisions of IECQ 03-3:2018, D.7.2.13 and to the respective descriptions of the CM by regular quality conformance inspections on the CQCs in order to demonstrate the compliance with the requirements for quality conformance prescribed by the relevant detail specification.

Q.4.9 Quality conformance inspection

Quality conformance inspections shall be executed according to the provisions of IECQ 03-3:2013, 8.13.3 and to the respective descriptions of the CM.

The test schedule and the requirements for the quality conformance inspection shall be prescribed by the relevant detail specification(s) for deliverable components, e.g. the specific detail specifications for standard catalogue components or for customer-specific components.

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

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

Q.5 IECQ Approved Component – Technology Certification (IECQ AC-TC) procedure

Q.5.1 General

IECQ Approved Component – Technology Certification is a method of approving a complete technological process covering the approval aspects common to all products, as determined by the technology under consideration. It extends the existing suite of approval concepts (IECQ AC, IECQ QA and IECQ AC-C) by adding the following principles as mandatory aspects:

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

Q.5.2 Eligibility for IECQ Approved Component – Technology Certification

An IECQ AC-TC may be granted to a manufacturer meeting the requirements given in IECQ 03-1:2018, 9.2 and in IECQ 03-3:2018, Clause 8.

Prerequisite to an IECQ AC-TC is a Technology Approval Schedule (TAS) covering the entire scope of technology for which approval is intended, written in accordance with the requirements of IEC QC 210000.

Q.5.3 Application for IECQ Approved Component – Technology Certification

The procedure and requirements for an application for IECQ AC-TC are given in IECQ 03-3-1:2018, 8.2.

Q.5.4 Subcontracting

The provisions on subcontracting are given in IECQ 03-3-1:2018, 8.12. The TAS or the relevant specification may restrict subcontracting according to the rules of IECQ 03-3-1:2018, 8.12.2.

Q.5.5 Description of technology

The manufacturer shall describe the implementation of the TAS in his organisation in a Technology Approval Declaration Document (TADD) which shall meet the requirements of IECQ 03-3-1:2018, 7.2 and 7.3. The TADD shall describe the relevant scope of technology and relate to, but not exceed the range of activities covered by the TAS.

Q.5.6 Demonstration and verification of the technology

For verification of the operational and technological processes, the manufacturer shall demonstrate compliance with the contents of the TADD, as required in IECQ 03-3-1:2018, 8.4.

For manufacturing verification, characterisation and evaluation of process performance shall be performed on components, for which a detail specification exists. Such detail specification shall be based on this generic specification and a sectional specification and shall give provisions for an IECQ AC-TC.

Q.5.7 Granting of IECQ Approved Component – Technology Certification

IECQ AC-TC shall be granted by the Certification Body (CB) when all requirements have been met, see IECQ 03-3-1:2018, 8.6.

Q.5.8 Maintenance of an IECQ Approved Component – Technology Certification

An IECQ AC-TC shall be maintained according to the provisions of IECQ 03-3-1:2018, 8.7.

Q.5.9 Quality conformance inspection

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

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

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

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

Utilisation of the switching rule of IECQ 03-3:2018, 8.13.8 for reduced inspection in Group C of the test schedule is permitted in all subgroups except endurance, unless prescribed otherwise by a relevant specification.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60115-1:2020

Annex R (informative)

Failure rate level evaluation, determination and qualification

R.1 General

R.1.1 Applicability

The provisions of this annex apply if this specification is used within the IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ).

R.1.2 Basis for the assessment of a failure rate level

The evaluation, determination and qualification of a failure rate level shall be applicable for components assessed and certified under a current IECQ Approved Component Scheme:

- IECQ Approved Component (IECQ AC), according to IECQ 03-3;
- IECQ Qualification Approval (QA), according to IECQ 03-3:2018, Annex C;
- IECQ Approved Component – Technology Certification (IECQ AC-TC), according to IECQ 03-3-1.

The application of any of these schemes shall be based on an existing hierarchy of specifications, consisting of this generic specification, a sectional specification and a detail specification. These specifications shall contain prescriptions for an endurance test at the rated temperature.

NOTE Capability Approval, or its succeeding scheme IECQ Approved Component – Capability Certification (IECQ AC-C) according to IECQ 03-3:2018, Annex D, are not known to be used for the quality assessment or certification of resistors.

R.1.3 Application of failure rate levels

A detail specification may prescribe the following product versions:

- Product classification to Level P for components intended for the use in high-performance electronics, without requirement for a failure rate determination. The lack of a failure rate level for these products is expressed by the designation E0.

and

- Product classification to Level R for components intended for the use in military or aerospace applications, with a requirement for a failure rate determination. These products have an established failure rate level, stated by one of the designations E5, E6, E7 or E8. See Table R.4 for detailed information on the different failure rate levels.

The resistance ranges given in a detail specification for Level R should be a subset of the ranges given for Level P. Furthermore, the detail specification should prescribe the resistance values of Level R products to be restricted to the values of a given E series in accordance with IEC 60063.

A failure rate is based on the supervised and assessed ratings and tested performance characteristics of the relevant detail specification and the test severities and test requirements specified for each test therein. The determination of a failure rate level is based on a statistical confidence level and on the accumulated component hours of the endurance tests.

R.1.4 Structurally similar components

The applicability of structural similarity shall be prescribed by the relevant sectional specification.

If granted, fixed resistors are accepted for the purpose of failure rate level evaluation and determination as being structurally similar, when they meet the following conditions:

- a) if they are manufactured at one or at several manufacturing sites
 - using the same specified raw-materials, manufacturing- and quality inspection-procedures, and
 - under the same responsibility for the product and quality of the leading manufacturing site.

In case of several manufacturing sites, the manufacturer shall nominate the prime site and the associated Designated Management Representative (DMR).
- b) if all manufacturing sites are supervised by the same IECQ Certification Body (IECQ CB). Preferably it should be an IECQ CB of that country in which the leading manufacturing site is located,
- c) if they have the same stability class and climatic category,
- d) if they are different in dimensions only, and
- e) if they have similar terminal types.

Resistors which differ only in c) may be considered as structural similar if the different requirements of the stability class and/or the climatic category are applied separately in the assessment of the final measurements.

R.2 Certification and determination of a failure rate level

R.2.1 General

The evaluation and determination of a failure rate level is based on:

- the accumulated component hours of the endurance tests, from the tests for the initial component qualification and from the periodic tests for quality conformance inspection,
- the rated load applied,
- the reference temperature being the rated temperature as given in the detail specification, e.g. 70 °C ,
- the performance requirements specified in the detail specification for the endurance test, duration 1 000 h, and for the extended endurance test, duration 8 000 h,
- the upper statistic confidence limit λ_{up} defined for a confidence level of 60 %, determining the required amount of component hours (see Table R.1).

R.2.2 Procedure

Successfully completed endurance tests, duration 1 000 h, and extended endurance tests, duration 8 000 h, shall be used for evaluation and accumulation of component hours.

The data for the determination of the failure rate level shall be collected and accumulated under the supervision of the IECQ Certification Body. The amount of component hours required for the qualification to a failure rate level is given in Table R.1.

Structural similarity is applicable, if permitted by the relevant detail specification.

Table R.1 – Requirements for the qualification of a failure rate level

Failure rate level			Required component hours 10 ⁶ h		
Designation	% per 1 000 h	Failures per hour	for $c = 0$	for $c = 1$	for $c = 2$
E0	N/A		N/A		
E5	1	10 ⁻⁵	0,0917	0,203	0,311
E6	0,1	10 ⁻⁶	0,917	2,03	3,11
E7	0,01	10 ⁻⁷	9,17	20,3	31,1
E8	0,001	10 ⁻⁸	91,7	203	311
Key c acceptance criterion, i.e. permitted number of non-conformances NOTE 1 The prescribed component hours and periodicity are based on a 60 % statistical confidence level. NOTE 2 The requirements of this table also apply to the extension of any failure rate level to any higher failure rate level. NOTE 3 The alias failure rate level E0 applies to Level P products without assessed failure rate level and, thus, without a requirement for the accumulation of component hours.					

R.2.3 Requirements

A failure rate level can only be achieved after achievement of an Approved Component certification.

The performance requirements applied to the endurance tests shall not be inferior to those requirements prescribed in the detail specification.

When the endurance tests are performed with more severe test conditions (e.g. advanced temperature), an acceleration factor may be used for conversion into the reference conditions. The establishing of an acceleration factor requires approval of the IECQ Certification Body.

An achieved failure rate level is only valid for components according to the relevant detail specification.

The certification of a failure rate level E5 shall be granted after successful completion of 1 000 h of the endurance test at the rated temperature and of all other tests of the prescribed test schedule.

Thereafter, the certification of a failure rate level E6 shall be granted after successful completion of 8 000 h of the endurance test at the rated temperature.

The certification of any failure rate level shall be withdrawn if the 8 000-h test is not completed successfully.

R.2.4 IECQ CB supervision

The start of the procedure for the failure rate level determination shall be announced to the IECQ Certification Body in writing. It shall be stated that the procedure is handled under the supervision of the manufacturer's designated management representative (DMR).

The relevant failure rate level will be certified by the IECQ CB if the manufacturer has submitted the following:

- the list with all accumulated component hours and non-conformances since the procedure has been started, signed by the manufacturer's designated management representative.
- the calculation for the validation of the achieved failure rate level.

The IECQ CB will state the achieved failure rate level in the approval certificate for a range of components within the scope of a relevant detail specification.

R.3 Non-conformances

Test results exceeding the acceptance criteria for the endurance tests given in the relevant detail specification shall be counted as a non-conformance.

If a component fails to comply with more than one acceptance criterion, the combined effects will be considered as one non-conformance only.

The manufacturer's designated management representative (DMR) shall immediately inform the IECQ CB in writing about any observed non-conformance.

The accumulation of component hours may be continued if the non-conformance does not lead to suspension or withdrawal of the achieved qualification under the relevant rules of procedure.

R.4 Extension of a qualification to a higher failure rate level

R.4.1 General

Results of prior endurance tests may only be accumulated towards the requirements for the extension to a higher failure rate level, if these tests have been supervised under a suitable quality assessment system, e.g. IECQ, or its predecessor CECC.

Structural similarity is applicable, if permitted by the relevant detail specification.

R.4.2 Requirements

Extension of a qualification to a higher failure rate level (E6, E7 or E8) requires the following prerequisites:

- successful maintenance of the Approved Component certification in accordance with the prescriptions for quality conformance inspection;
- announcement of the intention of extension to the IECQ Certification Body prior to the beginning of the tests;
- accumulation of test results from successive endurance tests. The amount of component hours required for the extension to a higher failure rate level is given in Table R.1.

NOTE An increase of the number of samples subjected to the endurance tests will lead to achieving the required amount of component hours in a shorter period.

The IECQ CB will state the extended failure rate level in the approval certificate for a range of component within the scope of a relevant detail specification.

R.5 Maintenance of a failure rate level

R.5.1 General

The maintenance of an achieved failure rate level is based on:

- the accumulated component hours of the endurance tests, from the tests for the initial component qualification and from the periodic tests for quality conformance inspection;
- the rated load applied;
- the reference temperature being the rated temperature as given in the detail specification, e.g. 70 °C;
- the performance requirements specified in the detail specification for the endurance test, duration 1 000 h, and for the extended endurance test, duration 8 000 h;
- the upper statistic confidence limit λ_{up} defined for a confidence level of 10 %, determining the required amount of component hours (see Table R.2).

Table R.2 – Requirements for the maintenance of a failure rate level qualification

Failure rate level			Required component hours 10 ⁶ h			Periodicity months
Designation	% per 1 000 h	Failures per hour	for $c = 0$	for $c = 1$	for $c = 2$	
E5	1	10 ⁻⁵	0,010 5	0,053	0,11	12
E6	0,1	10 ⁻⁶	0,105	0,53	1,1	24
E7	0,01	10 ⁻⁷	1,05	5,3	11	48
E8	0,001	10 ⁻⁸	10,5	53	110	96
Key c acceptance criterion, i.e. permitted number of non-conformances NOTE The prescribed component hours and periodicity are based on a 10 % statistical confidence level.						

R.5.2 Requirements

Maintenance of a failure rate level requires successful maintenance of the Approved Component certification in accordance with the prescriptions for quality conformance inspection.

For maintenance of an achieved failure rate level, the required number of accumulated component hours and the periodicity shall be selected from Table R.2.

Furthermore, except for components certified under IECQ AC-TC, the accumulation of the component hours of two successive maintenance periods shall meet the requirement for a statistic confidence level of 60 % of the achieved failure rate level in accordance with Table R.1.

NOTE Document CECC 240 001 is an established Technology Approval Schedule for the manufacturing of fixed film resistors.

R.5.3 Interruption

Maintenance of a failure rate level may only be interrupted once within a test period.

R.6 Deliveries

R.6.1 Release of products for delivery

Release of products classified to level R shall be according to the procedures and requirements of IECQ 03-3:2018, 8.13.

R.6.2 Attestation of conformity

Components qualified to a relevant detail specification by an IECQ Certification Body shall, in addition to the prescriptions of 4.4 and 4.5 of this specification, bear an attestation of conformity in accordance with IECQ 03-3:2018, 8.13.7 and IECQ 03-3:2018, B.4 on the package label.

An additional Declaration of Conformity is not required for qualified components.

R.7 Determination of a component failure rate

R.7.1 Component failure rate λ_p

The component failure rate is determined by the quality factor π_Q , which is associated with the established failure rate level (see Table R.4). The component failure rate is calculated with the following formula:

$$\lambda_p = \lambda_b \cdot \pi_T \cdot \pi_P \cdot \pi_S \cdot \pi_E \cdot \pi_Q$$

with

- λ_p failure rate, given in number of failures/ 10^6 h
- λ_b base failure rate, see R.7.2
- π_T temperature factor, see R.7.3
- π_P power factor, see R.7.4
- π_S stress factor, see R.7.5
- π_E environment factor, see R.7.6
- π_Q quality factor, see R.7.7

NOTE The component failure rate determination is based on MIL-HDBK-217F with Notice 2 (1995).

The failure rate of components is a major contributing factor to the calculation of the MTBF (mean time between failures) of an electronic system.

R.7.2 Base failure rate λ_b

The definition of a base failure rate depends on the applied resistor technology:

- fixed film resistors, including high stability and power types:
 $\lambda_b = 0,003\,7$ failures/ 10^6 h
- fixed wirewound resistors, including accurate, power and chassis mount types:
 $\lambda_b = 0,002\,4$ failures/ 10^6 h
- fixed film resistor networks:
 $\lambda_b = 0,001\,9$ failures/ 10^6 h

R.7.3 Temperature factor π_T

The temperature factor π_T is calculated with the following formula:

$$\pi_T = e^{-\left(\frac{E_a}{k} \cdot \left[\frac{1}{\vartheta_a + T_0} - \frac{1}{T_{25}}\right]\right)}$$

with

- ϑ_a Ambient temperature

k Boltzmann constant, $k \approx 8,617 \times 10^{-5}$ eV/K

T_0 thermodynamic temperature for 0 °C, $T_0 \approx 273$ K

T_{25} thermodynamic temperature for 25 °C, $T_{25} \approx 298$ K

and

E_a , depending on the applied resistor technology:

- fixed film and wirewound resistors

$$E_a = 0,08 \text{ eV}$$

- fixed film resistor networks

$$E_a = 0,20 \text{ eV}$$

An exception applies to power type fixed film resistors, where

$$\pi_T = 1$$

R.7.4 Power factor π_P

The power factor π_P is calculated with the following formula:

$$\pi_P = \left(\frac{P_r}{W} \right)^{0,39}$$

with

P_r rated dissipation, e.g. P_{70}

R.7.5 Stress factor π_S

The determination of the stress factor depends on the applied resistor technology:

- fixed film resistors, including high stability and power types and fixed wirewound resistors, accurate type:

$$\pi_S = 0,71 \times e^{(1,1 \times S)}$$

- fixed wirewound resistors, power and chassis mount types:

$$\pi_S = 0,54 \times e^{(2,04 \times S)}$$

- fixed film resistor networks:

$$\pi_S = 1,0$$

The exponential factor S is given by:

$$S = \frac{P}{P_r}$$

where

P actual dissipation

P_r rated dissipation, e.g. P_{70}

NOTE For resistance $R > R_{crit}$ the rated dissipation is given by $P_r = U_{max}^2/R$

R.7.6 Environmental factor π_E

The environmental factor π_E is given in Table R.3.

Table R.3 – Environmental factor π_E for determination of the component failure rate

Environment		π_E
G_B	Ground, Benign	1,0
G_F	Ground, Fixed	4,0
G_M	Ground, Mobile	16
N_S	Naval, Sheltered	12
N_U	Naval, Unsheltered	42
A_{IC}	Airborne, Inhabited, Cargo	18
A_{IF}	Airborne, Inhabited, Fighter	23
A_{UC}	Airborne, Uninhabited, Cargo	31
A_{UF}	Airborne, Uninhabited, Fighter	43
A_{RW}	Airborne, Rotary Winged	63
S_X	Space, Flight	0,50
M_F	Missile, Flight	37
M_L	Missile, Launch	87
C_L	Cannon, Launch	1 728

R.7.7 Quality factor π_Q

The quality factor π_Q is given in Table R.4.

Table R.4 – Quality factor π_Q for determination of the component failure rate

Designation	Failure rate level		π_Q
	% per 1 000 h	Failures per h	
— ^a	N/A		10
E0 ^b	N/A		3
E5	1	10^{-5}	1
E6	0,1	10^{-6}	0,3
E7	0,01	10^{-7}	0,1
E8	0,001	10^{-8}	0,03
^a Components without Approved Component certification			
^b Level P products without accumulation of component hours			

Annex X (informative)

Cross-references for references to the prior revision of this document

The revision of this generic specification has resulted in changes of the clause numbering, the figure numbering and the table numbering. The following Table X.1 provides cross-references for all references to specific clauses of the prior revision of this generic specification.

Table X.1 – Cross-references for references to clauses (1 of 3)

IEC 60115-1:2008 (4 th edition) Clause/Subclause	IEC 60115-1:2019 (5 th edition) Clause/Subclause	Notes
1	—	The former Clause 1 is split into Clauses 1 and 2:
1.1	1	– Scope
1.2	2	– Normative references
2	—	The former Clause 2 is split into Clauses 3 and 4.
2.1	4.1	
2.2	3.1	
2.3	4.2	
2.4	4.4 4.5	
2.5	4.3	
2.6	4.8	
2.7	4.9	
2.8	4.10	
3	13 Annex Q	
4	—	The former Clause 4 is split into Clauses 5 to 12.
4.1	5.1	
4.2	5.2	
4.3	5.4	
4.4	—	The former Clause 4.4 is split into 9.1 to 9.3:
4.4.1	9.1	– Visual examination;
4.4.2	9.2	– Dimensions (Gauging);
4.4.3	9.3	– Dimensions (Detail)
4.5	—	The former Clause 4.5 is split into 5.6 and 6.1:
4.5.1	5.6	– general method of resistance measurement;
4.5.2	6.1	– test for resistance and tolerance.
4.6	12.1	
4.7	12.2	
4.8	6.2	The title is changed to: Temperature coefficient of resistance
4.9	6.3	The title is changed to: Inductance
4.10	6.5	The title is changed to: Non-linearity
4.11	6.4	
4.12	6.6	The title is changed to: Current noise
4.13	8.1	The title is changed to: Short-term overload
4.14	6.7	
4.15	9.4	

Table X.1 (2 of 3)

IEC 60115-1:2008 (4 th edition) Clause/Subclause	IEC 60115-1:2019 (5 th edition) Clause/Subclause	Notes
4.16	—	The former clause 4.16 is split into 9.5 and 9.6 for:
4.16.2	9.5.4.2	– tensile test, e.g. for wire terminations;
4.16.3	9.5.4.3	– bending test, e.g. for wire terminations;
4.16.4	9.5.4.4	– torsion test, e.g. for wire terminations;
4.16.5	9.6.4	– resistors with threaded stud or screw terminations.
4.17	11.1	Solderability test for:
4.17.2 a)	11.1.4.4	– resistors for through-hole assembly;
4.17.2 b)	11.1.4.5	– resistors not for assembly on circuit boards;
4.17.2 c)	11.1.4.3	– SMD resistors.
4.18	11.2	Resistance to soldering heat test for:
4.18.2 a)	11.2.4.4	– resistors for through-hole assembly;
4.18.2 b)	11.2.4.5	– resistors not for assembly on circuit boards;
4.18.2 c)	11.2.4.3	– SMD resistors.
4.19	10.1	
4.20	9.9	
4.21	9.10	
4.22	9.11	
4.23	10.3	
4.24	10.4	
4.25	—	Endurance tests are given in Clause 7:
4.25.1	7.1	– Endurance at the rated temperature 70 °C;
4.25.2	7.2	– Endurance at room temperature;
4.25.3	7.3	– Endurance at a maximum temperature (e.g. UCT).
4.26	12.3	
4.27	8.2	
4.28	8.3	
4.29	11.3	The solvent resistance tests are merged into 11.3.
4.30		
4.31	5.5.2	
4.32	9.7	
4.33	9.8	
4.34	10.6	The corrosion test employs a different test method.
4.35	12.4	
4.36	10.2	
4.37	10.5	
4.38	8.5	
4.39	8.4	This legacy test is presented only with a traditionally applied severity.
4.40	10.7	
4.41	10.8	

Table X.1 (3 of 3)

IEC 60115-1:2008 (4 th edition) Clause/Subclause	IEC 60115-1:2019 (5 th edition) Clause/Subclause	Notes
A	—	IEC 60410 is not referenced in this specification, and the information is not applicable to IEC 61193-2.
B	B	
C	—	The content of this annex is merged into 8.3.
D	—	Capability approval is not a relevant scheme for the scope of this generic specification.
E	—	
F	A	
G	—	The overview on tests is given in the table of contents.
Q	Q	

Table X.2 provides cross-references for all references to specific figures of the prior revision of this generic specification.

Table X.2 – Cross-references for references to figures

IEC 60115-1:2008 (4 th edition) Figure	IEC 60115-1:2019 (5 th edition) Figure	Notes
1	25	The designation is changed to: Parallel clamp fixture
2	26	The designation is changed to: V-clamp fixture
3	9	
4	10	
5	19	
6	27	
7	17	
8	18	
9	—	Test substrates are ruled by the sectional specification.
10	—	
C.1 C.2	—	The subject is covered in 8.3.4.1.
Q.1	—	Capability approval is not a relevant scheme for the scope of this generic specification.

Table X.3 provides cross-references for all references to specific tables of the prior revision of this generic specification.

Table X.3 – Cross reference for references to tables

IEC 60115-1:2008 (4 th edition) Table	IEC 60115-1:2019 (5 th edition) Table	Notes
1	2	
2	9	
3 4	—	The subject is covered in 6.2.5.
5	13	
6	14	
7	20	
8	11	
9	12	
10	—	The subject is covered in 8.4.4.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60115-1:2020

Bibliography

IEC 60060-1, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60068-2-11, *Basic environmental testing procedures – Part 2-11: Tests – Test Ka: Salt mist*

IEC 60068-2-29, *Environmental testing. Part 2: Tests. Test Eb and guidance: Bump*

NOTE IEC 60068-2-29:1987 has been withdrawn; its content has been merged into IEC 60068-2-27:2008.

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

IEC 60068-3-5, *Environmental testing – Part 3-5: Supporting documentation and guidance – Confirmation of the performance of temperature chambers*

IEC TR 60068-3-12, *Environmental testing – Part 3-12: Supporting documentation and guidance – Method to evaluate a possible lead-free solder reflow temperature profile*

IEC 60068-3-13, *Environmental testing – Part 3-13: Supporting documentation and guidance on Test T – Soldering*

IEC 60410, *Sampling plans and procedures for inspection by attributes*

NOTE IEC 60410:1973 was withdrawn in 2015.

IEC 60721-3-1, *Classification of environmental conditions – Part 3-1: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Storage*

IEC 60721-3-2, *Classification of environmental conditions – Part 3-2: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Transportation and Handling*

IEC 60749-26, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 26: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing – Human body model (HBM)*

IEC 61000-4-5:2014, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test*

IEC 61190-1-3, *Attachment materials for electronic assembly – Part 1-3: Requirements for electronic grade solder alloys and fluxed and non-fluxed solid solder for electronic soldering applications*

IEC 61249-2-22, *Materials for printed boards and other interconnecting structures – Part 2-22: Reinforced base materials, clad and unclad – Modified non-halogenated epoxide woven E-glass laminated sheets of defined flammability (vertical burning test), copper-clad*

IEC 61249-2-35, *Materials for printed boards and other interconnecting structures – Part 2-35: Reinforced base materials, clad and unclad – Modified epoxide woven E-glass laminated sheets of defined flammability (vertical burning test), copper-clad for lead-free assembly*

IEC CA 01, *IEC Conformity Assessment Systems – Basic Rules*

IEC QC 001002-3, *IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ) – Rules of Procedure – Part 3: Approval procedures*

NOTE IEC QC 001002-3:2005 was withdrawn in 2010 and replaced by the IECQ 03-1 rules of procedure.

IECQ 01, *IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ System) – Basic Rules*

NOTE IECQ 01:2014 was withdrawn in 2017, and was replaced by IEC CA 01, with the supplement IECQ 01-S for application in the IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ).

IECQ 01-S, *IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ System) – IECQ Supplement to Harmonized Basic Rules IEC CA 01*

IECQ 03-3:2013, *IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ System) – Rules of Procedure – Part 3: IECQ Approved Component Products, Related Materials & Assemblies Scheme*

IECQ 03-3-1:2013, *IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ System) – Rules of Procedure – Part 3-1: IECQ Approved Component Products, Related Materials & Assemblies Scheme, IECQ Approved Component – Technology Certification (IECQ AC-TC)*

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

ISO 17, *Guide to the use of preferred numbers and of series of preferred numbers*

ISO 497, *Guide to the choice of series of preferred numbers and of series containing more rounded values of preferred numbers*

ISO 1000, *SI units and recommendations for the use of their multiples and of certain other units*

NOTE ISO 1000:1992 was withdrawn in 2009 and replaced by International Standard 80000.

ISO 2533, *Standard atmosphere*

ISO 9001, *Quality management systems – Requirements*

AEC-Q100, *Failure mechanism based stress test qualification for integrated circuits*
– AEC-Q100-002, *Human body model (HBM) electrostatic discharge (ESD) test*

AEC-Q101, *Failure mechanism based stress test qualification for discrete semiconductors in automotive applications*
– AEC-Q101-001, *Electrostatic discharge test – Human body model*

AEC-Q200, *Stress test qualification for passive components*
– AEC-Q200-002, *Human body model electrostatic discharge test*

ASTM B809, *Standard test method for porosity in metallic coatings by humid sulfur vapor ("Flowers-of-Sulfur")* (Revision 1995, reapproved 2003, 2008, 2013, 2018)

CECC 00 114 (all parts), *Rule of procedure: Quality assessment procedures*

NOTE The CECC 00 114 rules of procedure have been replaced by the series of EN 100114 documents.

CECC 240 001, *Technology Approval Schedule: Fixed low power film resistors (leaded / unleaded)*

EN 100114 (all parts), *Rule of procedure: Quality assessment procedures*

NOTE The EN 100 114 rules of procedure have been replaced by the IEC QC 001002 series of documents.

IPC-A-610, *Acceptability of electronic assemblies*

ITU-T K.21, *Resistibility of telecommunication equipment installed in customer premises to overvoltages and overcurrents*

ITU-T K.44, *Resistibility tests for telecommunication equipment exposed to overvoltages and overcurrents – Basic recommendation*

JESD22-A114, *Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing human body model (HBM)*

MIL-HDBK-217F (1991), *Military Handbook – Reliability prediction of electronic equipment with Notice 2* (1995)

MIL-STD-883, *Test method standard – Microcircuits – Method 3015, Electrostatic discharge sensitivity classification*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60115-1:2020

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	163
INTRODUCTION	166
1 Domaine d'application	168
2 Références normatives	168
3 Termes, définitions, technologies de produit et classifications de produit	170
3.1 Termes et définitions	170
3.2 Technologies de produit	178
3.3 Enrobage de résistance	181
3.4 Classification de produit	183
4 Exigences générales	183
4.1 Unités et symboles	183
4.2 Valeurs préférentielles	184
4.3 Codage	184
4.4 Marquage des résistances	184
4.5 Marquage de l'emballage	185
4.6 Désignation de commande	185
4.7 Remplacements admissibles	185
4.8 Emballage	186
4.9 Stockage	187
4.10 Transport	188
5 Dispositions générales pour les méthodes de mesure et d'essai	188
5.1 Généralités	188
5.2 Conditions atmosphériques normales	189
5.3 Tolérances sur les paramètres de sévérité d'essais	190
5.4 Séchage	191
5.5 Montage des éprouvettes	192
5.6 Mesurage de la résistance	194
6 Mesurages électriques et essais	196
6.1 Résistance	196
6.2 Coefficient de température de résistance	198
6.3 Inductance	200
6.4 Coefficient de tension de résistance	203
6.5 Non-linéarité	203
6.6 Bruit produit en charge	204
6.7 Augmentation de température	205
7 Essais d'endurance	206
7.1 Endurance à la température assignée de 70 °C	206
7.2 Endurance à la température ambiante	209
7.3 Endurance à la température maximale	213
8 Essais de surcharge électrique	217
8.1 Surcharge à court terme	217
8.2 Essai de surcharge haute tension à une seule impulsion	220
8.3 Essai de surcharge haute tension à impulsions périodiques	225
8.4 Essai de surcharge à impulsions périodiques	227
8.5 Décharge électrostatique	229

9	Mesurages mécaniques et essais	230
9.1	Examen visuel	230
9.2	Calibrage des dimensions	232
9.3	Dimensions du détail	233
9.4	Robustesse du corps de la résistance	234
9.5	Robustesse des bornes	235
9.6	Robustesse des bornes à tige filetées ou vis	237
9.7	Essai de cisaillement	238
9.8	Essai de courbure du substrat	240
9.9	Secousses	243
9.10	Chocs	244
9.11	Vibration	245
10	Essais d'environnement et climatiques	247
10.1	Variation rapide de température	247
10.2	Fonctionnement à basse température	248
10.3	Séquence climatique	249
10.4	Chaleur humide, essai continu	252
10.5	Chaleur humide, essai continu, accéléré	255
10.6	Corrosion	258
10.7	Essai sur le développement des trichites	259
10.8	Essai à l'hydrogène sulfuré	260
11	Essais relatifs à l'assemblage des composants	261
11.1	Brasabilité	261
11.2	Résistance à la chaleur de brasage	266
11.3	Résistance au solvant	269
12	Essais relatifs à la sécurité	270
12.1	Résistance d'isolement	270
12.2	Tension de tenue	276
12.3	Essai de surcharge accidentelle	277
12.4	Inflammabilité	282
13	Procédures d'assurance de la qualité	284
	Annexe A (normative) Symboles et abréviations	285
	A.1 Symboles	285
	A.2 Abréviations	288
	Annexe B (normative) Règles de préparation des spécifications particulières pour les résistances et les condensateurs utilisés dans les équipements électroniques destinés à être utilisés dans le système IECQ	291
	Annexe C (informative) Exemple d'enregistrement d'essai certifié	292
	Annexe Q (informative) Procédures d'assurance de la qualité	296
	Q.1 Généralités	296
	Q.2 Procédures IECQ AC (Composants homologués IECQ)	300
	Q.3 Procédures d'Agrément d'homologation IECQ (QA)	302
	Q.4 Procédures IECQ AC-C (Composants homologués IECQ – Certification de savoir-faire)	303
	Q.5 Procédures IECQ AC-TC (Composants homologués IECQ – Certification technologique)	305
	Annexe R (informative) Évaluation, détermination et qualification du niveau de taux de panne	307
	R.1 Généralités	307

R.2	Certification et détermination d'un niveau de taux de panne.....	308
R.3	Non-conformités	310
R.4	Élargissement d'une qualification à un niveau de taux de panne supérieur.....	310
R.5	Maintien du niveau de taux de panne	311
R.6	Livraisons	312
R.7	Détermination du taux de panne d'un composant	312
Annexe X (informative) Correspondances pour la révision précédente de ce document		316
Bibliographie.....		320
Figure 1	– Système hiérarchique des spécifications	167
Figure 2	– Tension et dissipation sur une résistance au-dessous et au-dessus de sa résistance critique.....	171
Figure 3	– Points de mesure normalisés sur une résistance à broches.....	195
Figure 4	– Points de mesure normalisés sur une résistance pour montage en surface	195
Figure 5	– Points de mesure sur une résistance pour montage en surface assemblée	196
Figure 6	– Plage de résistances admissible en raison de la tolérance	197
Figure 7	– Plage de résistances admissible en raison de la tolérance et du TCR	197
Figure 8	– Variation de la résistance avec la température (exemple).....	198
Figure 9	– Circuit d'essai pour le mesurage de l'inductance	201
Figure 10	– Hausse de tension exponentielle provoquée par l'inductance	202
Figure 11	– Courbe de taux de réduction normalisée pour la dissipation assignée P_{70}	207
Figure 12	– Courbe de taux de réduction avec spécification d'une dissipation d'essai adaptée	211
Figure 13	– Courbe de taux de réduction sans spécification d'une dissipation d'essai adaptée	212
Figure 14	– Courbe de taux de réduction pour $UCT \geq MET$	215
Figure 15	– Courbe de taux de réduction pour $UCT < MET$	216
Figure 16	– Paramètres d'une tension de choc de foudre en circuit ouvert	221
Figure 17	– Circuit pour la génération d'impulsions 1,2/50	222
Figure 18	– Circuit pour la génération d'impulsions 10/700	223
Figure 19	– Essai de robustesse du corps de résistance	234
Figure 20	– Essai de cisaillement des résistances pour montage en surface	239
Figure 21	– Essai de courbure du substrat des résistances pour montage en surface	242
Figure 22	– Fixation en bloc V	271
Figure 23	– Méthode de la feuille appliquée à une éprouvette de résistance	272
Figure 24	– Méthode de montage appliquée à une éprouvette de résistance.....	272
Figure 25	– Dispositif de serrage parallèle des résistances pour montage en surface rectangulaires	273
Figure 26	– Montage d'essai du prisme de fixation pour les résistances pour montage en surface cylindriques	275
Figure 27	– Montage de gaze pour les éprouvettes cylindriques axiales	279
Figure 28	– Dimensions du montage de gaze pour les éprouvettes cylindriques.....	280
Figure 29	– Dimensions du montage de gaze pour les éprouvettes non cylindriques.....	281
Tableau 1	– Conditions atmosphériques de référence	189

Tableau 2 – Conditions d'arbitrage de référence	189
Tableau 3 – Conditions atmosphériques normales des essais	190
Tableau 4 – Conditions atmosphériques contrôlées pour le rétablissement	190
Tableau 5 – Tolérances par défaut sur les spécifications de température	191
Tableau 6 – Tolérances par défaut sur les spécifications de tension	191
Tableau 7 – Tolérances par défaut sur les spécifications de durée	191
Tableau 8 – Procédures de séchage de l'éprouvette	192
Tableau 9 – Tensions de mesure de résistance	194
Tableau 10 – Séquence de températures et de mesures	199
Tableau 11 – Sévérités pour l'essai de surcharge haute tension à une seule impulsion	224
Tableau 12 – Sévérités pour l'essai de surcharge haute tension à impulsions périodiques	227
Tableau 13 – Force d'essai de traction pour les sorties par fil	236
Tableau 14 – Couple d'essai des tiges filetées, des vis et des dispositifs à montage intégral	238
Tableau 15 – Paramètres recommandés pour l'essai de courbure du substrat	241
Tableau 16 – Paramètres recommandés pour l'essai de secousse	244
Tableau 17 – Paramètres recommandés pour l'essai de choc	245
Tableau 18 – Paramètres recommandés pour l'essai de vibration	246
Tableau 19 – Paramètres recommandés pour l'essai de variation rapide de température	248
Tableau 20 – Nombre de cycles de chaleur humide supplémentaires	251
Tableau 21 – Paramètres de sévérité pour l'essai continu en chaleur humide	253
Tableau 22 – Tension de polarisation pour l'essai continu en chaleur humide	254
Tableau 23 – Paramètres de sévérité pour l'essai continu en chaleur humide accéléré	256
Tableau 24 – Tensions de polarisation continue groupées pour un écart < 25 %	257
Tableau 25 – Paramètres recommandés pour l'essai de corrosion	258
Tableau 26 – Méthodes d'essai et paramètres de l'essai sur le développement des trichites	260
Tableau 27 – Choix des méthodes de vieillissement accéléré de l'IEC 60068-2-20	261
Tableau 28 – Températures de procédé pour les exemples d'alliages à braser choisis	262
Tableau 29 – Paramètres d'essai de brasabilité des résistances pour montage en surface	264
Tableau 30 – Paramètres d'essai de brasabilité des sorties par fils ou par cosses	265
Tableau 31 – Paramètres d'essai de résistance à la chaleur de brasage des résistances pour montage en surface	267
Tableau 32 – Paramètres d'essai RSH des sorties par fils ou par cosses	268
Tableau 33 – Paramètres recommandés pour l'essai de résistance au solvant	270
Tableau 34 – Tension de mesure de la résistance d'isolement	276
Tableau 35 – Paramètres recommandés pour l'essai de surcharge accidentelle	282
Tableau R.1 – Exigences de qualification d'un niveau de taux de panne	309
Tableau R.2 – Exigences pour le maintien d'une qualification de niveau de taux de panne	311
Tableau R.3 – Facteur d'environnement π_E pour la détermination du taux de panne du composant	314

Tableau R.4 – Facteur de qualité π_Q pour la détermination du taux de panne du composant	315
Tableau X.1 – Correspondances avec les articles (1 de 3)	316
Tableau X.2 – Correspondances avec les figures	318
Tableau X.3 – Correspondances avec les tableaux	319

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60115-1:2020

COMMISSION ÉLECTRONIQUE INTERNATIONALE

**RÉSISTANCES FIXES UTILISÉES DANS
LES ÉQUIPEMENTS ÉLECTRONIQUES –****Partie 1: Spécification générique****AVANT-PROPOS**

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

La Norme internationale IEC 60115-1 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 2008. Elle constitue une révision technique.

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

- a) cette 5^e édition s'appuie sur une nouvelle structure de document, dans laquelle les essais du précédent Article 4 sont désormais présentés de l'Article 6 à l'Article 12, avec une Annexe X informative donnant des références croisées vers la version précédente de la présente norme;

- b) les termes et définitions ont été révisés et amendés, complétés par une nouvelle section relative aux technologies en matière de résistance et une nouvelle section relative aux niveaux de classification des produits;
- c) un nouveau Paragraphe 4.7 relatif aux recommandations en matière de remplacements admis a été ajouté;
- d) les dispositions en matière d'emballage, de stockage et de transport de 4.8, 4.9 et 4.10 ont été intégralement révisées;
- e) un nouveau Paragraphe 5.3 relatif aux tolérances par défaut pour la plupart des paramètres d'essai habituels a été ajouté;
- f) la méthode générique de résistance de mesure (5.6 désormais) a été séparée de l'essai pour des raisons de conformité avec une valeur de résistance spécifiée en 6.1, en révision du précédent 4.5;
- g) l'essai de coefficient de température de résistance de 6.2 est une révision du précédent essai de 4.8 (Variation de la résistance avec la température), des concessions particulières sur les résistances inférieures à 10 Ω ayant été consenties;
- h) les méthodes d'essai d'endurance de 7.1 à 7.3 (précédemment 4.25.1 à 4.25.3) ont été intégralement révisées;
- i) l'essai de surcharge haute tension à une seule impulsion de 8.2 (précédemment 4.27) a été intégralement révisé. Il propose désormais des sévérités pour la forme d'onde des impulsions 1,2/50 et la forme d'onde des impulsions 10/700 au profit de spécifications particulières avec signification améliorée;
- j) l'essai de surcharge haute tension à impulsions périodiques de 8.3 (précédemment 4.28) a été révisé et un tableau corrigé des sévérités est fourni;
- k) l'essai de surcharge à impulsions périodiques de 8.4 (précédemment 4.39) a été déconseillé et simplifié pour ne présenter que la sévérité historiquement appliquée dans les spécifications subordonnées;
- l) le Paragraphe 9.1 relatif à l'examen visuel, le Paragraphe 9.2 relatif au calibrage des dimensions et le Paragraphe 9.3 relatif à l'évaluation des dimensions détaillées (toutes les parties de l'ancien 4.4) ont été intégralement révisés;
- m) les essais de robustesse des sorties (précédemment 4.16) ont été révisés et divisés en essais de robustesse des bornes soudables (9.5) et essais de robustesse des bornes à tiges filetées ou à vis (9.6);
- n) l'essai de secousses de 9.9 (précédemment 4.20) et l'essai de choc de 9.10 (précédemment 4.21) ont été révisés pour refléter la norme d'essai pertinente fusionnée IEC 60068-2-29;
- o) l'essai de chaleur sèche et à froid de la séquence climatique de 10.3 (précédemment 4.23) a été révisé pour refléter les modifications apportées aux normes d'essai pertinentes IEC 60068-2-2 et IEC 60068-2-1;
- p) l'essai continu accéléré de chaleur humide de 10.5 (précédemment 4.37) a été amendé avec une option pour un nombre réduit de tensions de polarisation;
- q) l'essai de corrosion de 10.6 a été intégralement révisé afin d'utiliser la meilleure méthode d'essai adaptée de l'IEC 60068-2-52 en lieu et place de la précédente norme IEC 60068-2-11;
- r) l'essai sur le développement des trichites de 10.7 a été révisé pour refléter les modifications de la nouvelle révision des méthodes d'essai de l'IEC 60068-2-82;
- s) les méthodes d'essai de brasabilité de 11.1 (précédemment 4.17) et de résistance à la chaleur de brasage de 11.2 (précédemment 4.18) ont été intégralement révisées de manière à intégrer l'option nécessaire pour l'ensemble des alliages à braser avec plomb et sans plomb et les conditions de traitement respectives;
- t) l'essai de résistance au solvant de 11.3 combine les précédents essais de 4.29 (Résistance au solvant) et de 4.30 (Résistance au solvant du marquage) en un seul essai;
- u) l'essai de surcharge accidentelle de 12.3 (précédemment 4.26) a été intégralement révisé;
- v) l'Annexe Q relative aux procédures d'assurance de qualité a été intégralement révisée;

- w) une nouvelle Annexe R relative à l'évaluation, la détermination et la qualification du taux de panne a été ajoutée.

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

FDIS	Rapport de vote
40/2717/FDIS	40/2733/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 internationale.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60115, publiées sous le titre général *Résistances fixes utilisées dans les équipements électroniques*, peut être consultée sur le site Web de l'IEC.

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60115-1:2020

INTRODUCTION

Le système de spécification des résistances fixes utilisées dans les équipements électroniques est structuré dans un système hiérarchique composé des types de spécifications suivants, comme représenté à la Figure 1.

Spécification générique

La spécification générique couvre tous les sujets communs à la famille des résistances fixes utilisées dans les équipements électroniques, comme la terminologie, les méthodes de mesure et les essais. Si des sujets individuels exigent des conditions de spécification ou des paramètres spécifiques à une sous-famille ou un type particulier de résistances fixes, ces spécifications doivent être indiquées dans l'une des spécifications subordonnées.

Pour le domaine d'application des résistances fixes, la référence numérique à la spécification générique est l'IEC 60115-1.

Spécification intermédiaire

Les spécifications intermédiaires couvrent tous les sujets venant en complément de ceux donnés dans la spécification générique, qui sont spécifiques à un sous-groupe défini de résistances fixes. Il s'agit en principe des valeurs préférentielles de dimensions et de caractéristiques, des méthodes d'essai supplémentaires et des spécifications pertinentes relatives aux méthodes d'essai données dans la spécification générique, à l'échantillonnage et à la préparation des éprouvettes, aux sévérités d'essai recommandées et aux critères d'acceptation préférentiels. La spécification intermédiaire présente également la structure et le domaine d'application des programmes d'essais qui doivent être appliqués dans toutes les spécifications particulières subordonnées.

Pour le domaine d'application des résistances fixes, les références numériques aux spécifications intermédiaires vont de l'IEC 60115-2 pour les résistances fixes à broches à couches à faible dissipation, à l'IEC 60115-9 pour les réseaux de résistances fixes montés en surface avec des résistances mesurables individuellement. L'éventail des spécifications intermédiaires peut être adapté au portefeuille des différentes technologies de résistances fixes.

Spécification particulière

Les spécifications particulières donnent, directement ou en faisant référence à d'autres documents, toutes les informations nécessaires à la description exhaustive d'un type ou d'un ensemble particulier de résistances fixes, y compris les spécifications de toutes les valeurs de dimensions et de caractéristiques. Elles donnent également toutes les informations exigées pour l'évaluation de la qualité du type ou de l'ensemble concerné de résistances fixes dans un système d'assurance qualité adapté, y compris les spécifications en matière de sévérités d'essai et de critères d'acceptation appliqués, ainsi que les programmes d'essais réalisés.

Les spécifications particulières peuvent être des spécifications au sein du système IEC, un autre système de spécifications lié à l'IEC ou une spécification indiquée par le fabricant ou l'utilisateur. Pour le domaine d'application des résistances fixes, les références numériques aux spécifications particulières sont, par exemple, l'IEC 60115-2-101, s'il est lié à la spécification intermédiaire IEC 60115-2 et à la spécification particulière-cadre auxiliaire IEC 60115-2-1.

Spécification particulière-cadre

Le système hiérarchique des spécifications est complété par une ou plusieurs spécifications particulières-cadres ajoutées à la spécification intermédiaire, qui sont utilisées pour assurer la présentation uniforme des spécifications particulières. Les spécifications particulières-cadres

fournissent au rédacteur de la spécification un modèle de présentation à adopter, d'informations à donner et de recommandations en matière de préparation des spécifications particulières satisfaisant aux exigences des spécifications génériques ou intermédiaires. Les spécifications particulières-cadres ne sont pas considérées comme étant des spécifications pertinentes étant donné qu'elles ne décrivent pas elles-mêmes un composant particulier.

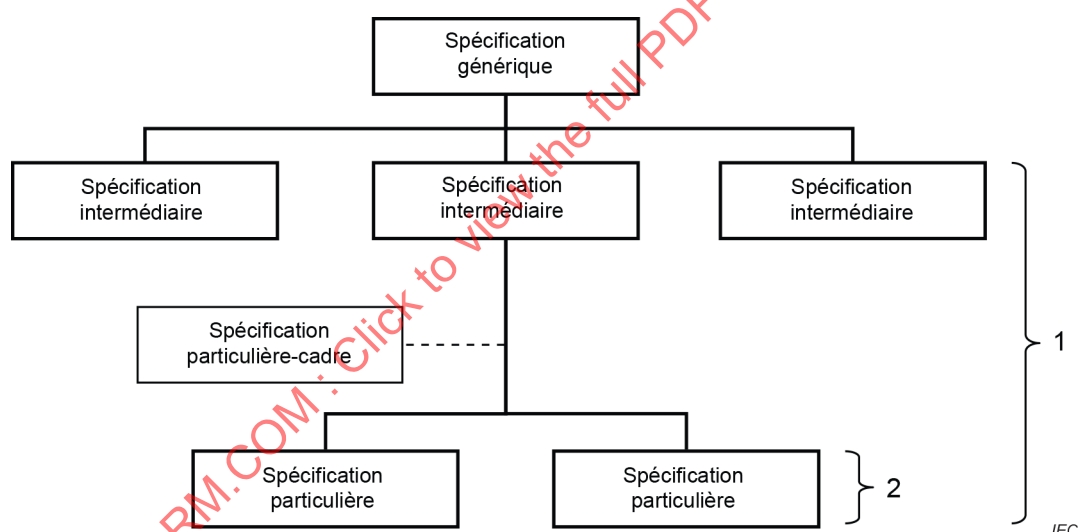
La présence d'un système hiérarchique de spécifications établi avec des spécifications particulières-cadres permet de préparer des spécifications particulières, même hors du comité d'études IEC concerné.

Pour le domaine d'application des résistances fixes, les références numériques aux spécifications particulières-cadres sont, par exemple, l'IEC 60115 2 1, s'il est lié à la spécification intermédiaire IEC 60115 2.

Spécification applicable

Dans ce système, le terme "spécification applicable" concerne les spécifications subordonnées contenant des exigences spécifiques, le cas échéant.

Une spécification générique ou intermédiaire peut utiliser des références abstraites ou universelles à des spécifications subordonnées de niveau hiérarchique en utilisant l'expression "spécification applicable".



Légende

- 1 Indique l'éventail de "Spécifications applicables" jusqu'à la spécification générique supérieure, le cas échéant.
- 2 Indique l'éventail de "Spécifications applicables" jusqu'à la spécification intermédiaire supérieure, le cas échéant.

Figure 1 – Système hiérarchique des spécifications

RÉSISTANCES FIXES UTILISÉES DANS LES ÉQUIPEMENTS ÉLECTRONIQUES –

Partie 1: Spécification générique

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60115 est une spécification générique et s'applique aux résistances fixes utilisées dans les équipements électroniques.

Elle définit les termes normalisés, les procédures d'examen et les méthodes d'essai utilisés dans les spécifications intermédiaires et particulières des composants électroniques dans le cadre de l'assurance qualité, ainsi qu'à d'autres fins.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60027 (toutes les parties), *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Électrotechnique International (IEV)* (disponible à l'adresse www.electropedia.org)

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

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

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

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

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

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

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

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

IEC 60068-2-20:2008, *Environmental testing – Part 2-20: Tests – Test T: Test methods for solderability and resistance to soldering heat of devices with leads* (disponible en anglais seulement)

IEC 60068-2-21:2006, *Environmental testing – Part 2-21: Tests – Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices* (disponible en anglais seulement)

IEC 60068-2-27:2008, *Essais d'environnement – Partie 2-27: Essai Ea et Guide: Chocs*

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

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

IEC 60068-2-47, *Essais d'environnement – Partie 2-47: Essai – Fixation de spécimens pour essais de vibrations, d'impacts et autres essais dynamiques*

IEC 60068-2-52, *Environmental testing – Part 2-52: Tests – Test Kb: Salt mist, cyclic (sodium chloride solution)* (disponible en anglais seulement)

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

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

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

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

IEC 60195:2016, *Méthode pour la mesure du bruit produit en charge par les résistances fixes*

IEC 60286 (toutes les parties), *Emballage des composants pour opérations automatisées*

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

IEC 60440:2012, *Méthode de mesure de la non-linéarité des résistances*

IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams* (disponible en anglais seulement)(disponible à l'adresse <http://www.graphical-symbols.info/equipment>)

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

IEC 61191 (toutes les parties), *Ensembles de cartes imprimées*

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

IEC 61340-3-1, *Électrostatique – Partie 3-1: Méthodes pour la simulation des effets électrostatiques – Formes d'onde d'essai des décharges électrostatiques pour le modèle du corps humain (HBM)*

IEC 61760-1, *Surface mounting technology – Part 1: Standard method for the specification of surface mounting components (SMDs)* (disponible en anglais seulement)

IEC 61760-2, *Surface mounting technology – Part 2: Transportation and storage conditions of surface mounting devices (SMD) – Application guide* (disponible en anglais seulement)

IEC 62090, *Product package labels for electronic components using bar code and two-dimensional symbologies* (disponible en anglais seulement)

IEC 62812, *Mesures de faibles résistances – Méthodes et recommandations*

IEC 80000 (toutes les parties), *Grandeurs et unités*

IECQ 03-1:2018, *IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ System) – Rules of procedure – Part 1: General Requirements for all IECQ Schemes*

ISO 80000 (toutes les parties), *Grandeurs et unités*

3 Termes, définitions, technologies de produit et classifications de produit

NOTE Une liste des symboles et des termes abrégés utilisés est fournie à l'Annexe A

3.1 Termes et définitions

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

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

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

NOTE La numérotation des termes ne représente pas un moyen adapté de référencer les termes et leur définition, cette numérotation pouvant changer à chaque fois qu'un terme est supprimé ou qu'un nouveau terme est inséré dans l'ordre alphabétique.

3.1.1

dissipation de catégorie

fraction de la dissipation assignée définie exactement dans la spécification correspondante, applicable à la température maximale de catégorie, en tenant compte de la courbe de taux de réduction précisée dans la spécification correspondante

Note 1 à l'article: Pour les résistances, la dissipation de catégorie est nulle lorsque la température maximale de catégorie est la température maximale de l'élément.

Note 2 à l'article: Terminologie connexe: dissipation assignée, température maximale de catégorie, courbe de taux de réduction.

3.1.2

plage de températures de catégorie

plage de températures ambiantes pour lesquelles la résistance a été conçue pour fonctionner en continu; elle est donnée par la température minimale de catégorie et la température maximale de catégorie

Note 1 à l'article: Terminologie connexe: température minimale de catégorie, température maximale de catégorie.

3.1.3

résistance critique

R_{crit}

valeur de résistance, à laquelle une éprouvette est chargée avec la tension limite de l'élément U_{max} et à la dissipation assignée P_r , et qui est déterminée par l'équation

$$R_{\text{crit}} = \frac{U_{\text{max}}^2}{P_r}$$

Note 1 à l'article: les éprouvettes dont la résistance est $R < R_{\text{crit}}$ et qui sont chargées avec la dissipation assignée P_r , sont soumises à une tension $U < U_{\text{max}}$, alors que les éprouvettes dont la résistance est $R > R_{\text{crit}}$ et qui sont soumises à la tension limite de l'élément U_{max} , sont chargées avec une dissipation $P < P_r$ (voir la Figure 2).

Concernant la dissipation assignée, il est nécessaire de prendre en considération la température ambiante et la courbe de taux de réduction.

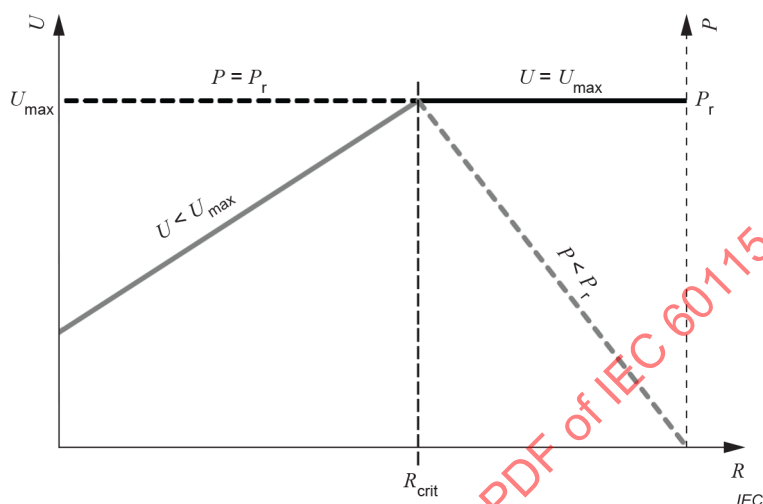


Figure 2 – Tension et dissipation sur une résistance au-dessous et au-dessus de sa résistance critique

Note 2 à l'article: Terminologie connexe: tension assignée, tension limite de l'élément.

3.1.4 courbe de taux de réduction

courbe qui présente la dissipation maximale admissible aux températures ambiantes entre la température maximale de catégorie et la température minimale de catégorie

Note 1 à l'article: Dans la gamme entre la température minimale de catégorie et la température assignée, elle présente la dissipation assignée, et entre la température assignée et la température maximale de l'élément, elle présente une pente linéaire descendant jusqu'à la dissipation nulle à la température maximale de l'élément. La pente dépend des propriétés thermiques de la résistance, c'est-à-dire de sa capacité à transférer la dissipation à l'environnement.

Note 2 à l'article: Terminologie connexe: dissipation assignée, température assignée, température maximale de l'élément.

3.1.5 niveau de taux de panne

fiabilité minimale démontrée correspondant à un niveau de confiance statistique donné sur la base d'unités non conformes cumulées obtenues dans le cadre d'essais d'endurance réalisés dans des conditions de fonctionnement spécifiées

Note 1 à l'article: Terminologie connexe: non-conformité, unité non conforme.

3.1.6 résistance à radiateur

type de résistance conçue pour être montée sur un radiateur séparé

Note 1 à l'article: Terminologie connexe: dissipation assignée.

3.1.7

résistance isolée

résistance déclarée par la spécification applicable comme étant isolée et qui, pour ce faire, présente une tension d'isolation et une résistance d'isolement spécifiées, et dont ces propriétés sont évaluées par les essais appropriés de la présente spécification

Note 1 à l'article: la simple présence d'une protection de l'élément résistif (un revêtement de laque, par exemple) ne constitue pas une isolation, sauf si ses propriétés isolantes ont été correctement évaluées.

Note 2 à l'article: les essais classiques pour l'évaluation des propriétés isolantes sont les essais d'endurance, les essais de séquence climatique et les essais continus de chaleur humide.

Note 3 à l'article: Terminologie connexe: résistance d'isolement, tension d'isolation.

3.1.8

résistance d'isolement

R_{ins}

résistance du boîtier de la résistance isolée mesurée entre les deux bornes de la résistance raccordées l'une à l'autre et toute surface de montage conductrice

Note 1 à l'article: Terminologie connexe: résistance isolée, tension d'isolation.

3.1.9

tension d'isolation

U_{ins}

tension continue ou tension alternative maximale qui peut être appliquée dans des conditions de fonctionnement continu entre les bornes de la résistance et toute surface de montage conductrice

Note 1 à l'article: Terminologie connexe: résistance d'isolement, résistance isolée.

3.1.10

température de laboratoire

température ambiante réelle du laboratoire dans lequel l'essai ou le mesurage particulier est réalisé, qui se trouve dans la plage représentant les conditions atmosphériques normales pour les essais

Note 1 à l'article: les conditions atmosphériques normales pour les essais sont indiquées dans l'IEC 60068-1 et citées à titre informatif pour le lecteur en 5.2.3. La spécification inclut une plage de températures admissible comprise entre 15 °C et 35 °C.

3.1.11

tension limite de l'élément

U_{max}

valeur efficace maximale de la tension alternative ou continue qui peut être appliquée en continu aux bornes d'une résistance (généralement en fonction de la taille et de la technologie de fabrication de la résistance)

Note 1 à l'article: Lorsque le terme "tension efficace alternative" est utilisé dans le présent document, la tension de crête ne doit pas dépasser 1,42 fois la valeur efficace.

Note 2 à l'article: Cette tension peut uniquement être appliquée aux résistances lorsque la valeur de la résistance est supérieure ou égale à la valeur de la résistance critique.

Note 3 à l'article: Terminologie connexe: tension assignée, résistance critique.

3.1.12

température minimale de catégorie

LCT

température ambiante minimale pour laquelle une résistance a été conçue pour fonctionner en continu

Note 1 à l'article: Terminologie connexe: température maximale de catégorie, plage de températures de catégorie.

Note 2 à l'article: Le terme abrégé "LCT" est dérivé du terme anglais développé correspondant "lower category temperature".

3.1.13

résistance basse puissance

résistance chargée avec sa dissipation assignée à la température assignée, sans accessoire prenant en charge la dissipation et soumise à une convection naturelle uniquement, maintenant une température maximale de l'élément de 200 °C au maximum

Note 1 à l'article: En règle générale, la dissipation assignée des résistances basse puissance ne dépasse pas 3 W.

Note 2 à l'article: La limitation de la plage de températures applicable permet en général à la température maximale de catégorie d'être au moins la température maximale de l'élément ($MET \geq UCT$), ce qui permet aux essais d'environnement de couvrir l'ensemble de la plage de températures applicable.

Note 3 à l'article: Terminologie connexe: résistance de puissance, résistance à radiateur.

3.1.14

faible résistance

résistance pour laquelle l'erreur prévisible lorsqu'elle est mesurée à l'aide d'une méthode de détection à deux conventionnelle est significative par rapport à l'exactitude exigée ou à la tolérance indiquée

Note 1 à l'article: Terminologie connexe: résistance de précision.

[SOURCE: IEC 62812:2019, 3.3, modifié – La Note 1 à l'article a été ajoutée.]

3.1.15

température maximale de l'élément MET

température maximale déclarée à un point quelconque sur ou dans la résistance, dans toutes les conditions de fonctionnement permises

Note 1 à l'article: En règle générale, la somme de la température assignée et de l'augmentation de température générée par la dissipation assignée ne dépasse pas la température maximale de l'élément. En règle générale, pour une température ambiante supérieure à la température assignée, la somme de la température assignée et de l'augmentation de température générée par la dissipation admise comme spécifiée par la courbe de taux de réduction ne dépasse pas la température maximale de l'élément.

Note 2 à l'article: Terminologie connexe: température de surface maximale.

Note 3 à l'article: Le terme abrégé "MET" est dérivé du terme anglais développé correspondant "maximum element temperature".

3.1.16

température de surface maximale

température maximale autorisée sur la surface pour toute résistance de ce type lorsqu'elle fonctionne en continu pour la dissipation assignée à une température ambiante de 70 °C

Note 1 à l'article: La température maximale de surface est également appelée "température au point chaud", reflétant la diffusion souvent limitée de la zone affectée.

Note 2 à l'article: Terminologie connexe: température maximale de l'élément.

3.1.17

résistance nominale

R_n

valeur de résistance désignée, habituellement indiquée sur la résistance

Note 1 à l'article: Les valeurs de résistance nominale sont en général choisies dans une série E adaptée comme indiqué dans l'IEC 60063.

Note 2 à l'article: Terminologie connexe: résistance assignée, tolérance.

3.1.18

non-conformité

caractéristique ou attribut d'un produit qui ne satisfait pas aux exigences spécifiées

Note 1 à l'article: Terminologie connexe: unité non conforme, niveau de taux de panne.

3.1.19

unité non conforme

unité de produit présentant une ou plusieurs non-conformités

Note 1 à l'article: Terminologie connexe: non-conformité, niveau de taux de panne.

3.1.20

résistance de puissance

résistance chargée avec sa dissipation assignée à la température assignée, sans accessoire prenant en charge la dissipation et soumise à une convection naturelle uniquement, maintenant une température maximale de l'élément de 200 °C

Note 1 à l'article: La dissipation assignée classique des résistances de puissance est dans une plage comprise entre 1 W et 1 000 W.

Note 2 à l'article: L'utilisation d'une température applicable supérieure à 200 °C se traduit, pour des raisons pratiques, par une limitation nécessaire de la température maximale de catégorie jusqu'à 200 °C, ce qui donne MET > UCT.

Note 3 à l'article: Terminologie connexe: résistance basse puissance, résistance à radiateur.

3.1.21

résistance de précision

résistance spécifiée selon une tolérance plus stricte quant à sa résistance nominale et/ou un coefficient de température de résistance inférieur comparé à la tolérance normalisée classique et le TCR des résistances fabriquées selon la même technologie de produit, et qui, dans le cadre des essais indiqués, satisfait à des exigences de stabilité plus strictes que celles en général satisfaites par une résistance fabriquée selon la même technologie de produit

Note 1 à l'article: la classification d'une résistance en résistance de précision dépend du type de produit et de la technologie, voire même d'une tendance générale dans le temps. Des exemples courants de résistances de précision sont les résistances bobinées avec une tolérance de 1 %, les résistances à couches à faible dissipation avec un TCR de $25 \times 10^{-6}/K$ et une tolérance de 0,1 % ou les résistances à feuilles métalliques avec une résistance inférieure à 10 mΩ, un TCR de $50 \times 10^{-6}/K$ et une tolérance de 1 %.

Note 2 à l'article: Terminologie connexe: faible résistance, classe de stabilité, coefficient de température de résistance, tolérance de résistance assignée.

3.1.22

dissipation assignée

P_r

<général> dissipation maximale admise à une température assignée dans les conditions d'un essai d'endurance et des critères d'acceptation respectifs

Note 1 à l'article: Si la dissipation assignée dépend de moyens spéciaux permettant le transfert de la chaleur dissipée vers l'environnement, par exemple, un matériau spécial pour carte de circuit, des dimensions spéciales de conducteur ou un radiateur, de tels moyens doivent être identifiés chaque fois que la dissipation assignée est mentionnée.

Note 2 à l'article: Terminologie connexe: température assignée, tension assignée.

3.1.23

dissipation assignée à 70 °C

P_{70}

<général> dissipation maximale admise à une température ambiante de 70 °C dans les conditions de l'essai "d'endurance à la température assignée de 70 °C" et des critères d'acceptation respectifs

Note 1 à l'article: Si la dissipation assignée dépend de moyens spéciaux permettant le transfert de la chaleur dissipée vers l'environnement, par exemple, un matériau spécial pour carte de circuit, des dimensions spéciales de conducteur ou un radiateur, de tels moyens doivent être identifiés chaque fois que la dissipation assignée est mentionnée.

Note 2 à l'article: Terminologie connexe: température assignée, tension assignée.

3.1.24

dissipation assignée à 25 °C

P_{25}

<résistances à radiateur> dissipation maximale admise à une température ambiante de 25 °C, l'éprouvette étant montée sur un radiateur de référence, dans les conditions de l'essai "d'endurance à température ambiante" et des critères d'acceptation respectifs

Note 1 à l'article: Terminologie connexe: résistance à radiateur, température assignée, tension assignée.

3.1.25

dissipation assignée à 25 °C

P_{25}

<résistances de puissance> dissipation maximale admise à une température ambiante de 25 °C dans les conditions de l'essai "d'endurance à température ambiante" et des critères d'acceptation respectifs

Note 1 à l'article: Si la dissipation assignée dépend de moyens spéciaux permettant le transfert de la chaleur dissipée vers l'environnement, par exemple, un matériau spécial pour carte de circuit, des dimensions spéciales de conducteur ou un radiateur, de tels moyens doivent être identifiés chaque fois que la dissipation assignée est mentionnée.

Note 2 à l'article: Terminologie connexe: résistance de puissance, température assignée, tension assignée.

3.1.26

résistance assignée

R_r

valeur de résistance pour laquelle la résistance a été conçue, et qui est généralement utilisée pour la dénomination de la résistance

Note 1 à l'article: la définition de la résistance assignée, R_r , est identique à celle de la résistance nominale, R_n , donnée ci-dessus. Par conséquent, la résistance nominale R_n peut être appliquée dans tous les cas où une résistance assignée R_r est demandée (dans un système d'assurance de la qualité, par exemple).

Note 2 à l'article: Terminologie connexe: résistance nominale, tolérance.

3.1.27

température assignée

ϑ_r

température ambiante maximale à laquelle la dissipation assignée peut être appliquée en continu dans les conditions de l'essai d'endurance spécifiées pour cette température qui vaut 70 °C, sauf indication contraire dans la spécification intermédiaire applicable

Note 1 à l'article: Terminologie connexe: dissipation assignée.

3.1.28

tension assignée

U_r

tension efficace alternative ou continue déterminée par la dissipation assignée P_r et la résistance nominale R_n avec l'équation

$$U_r = \sqrt{P_r \times R_n}$$

Note 1 à l'article: Résultant de la "tension limite de l'élément", la tension assignée n'est probablement pas applicable aux éprouvettes avec une résistance élevée en raison de la taille et de la construction de la résistance

Note 2 à l'article: Terminologie connexe: dissipation assignée, tension limite de l'élément.

3.1.29

ensemble de résistances

configuration d'un certain nombre de résistances sur le même substrat ou dans le même emballage ou boîtier, dans laquelle les résistances individuelles ne sont pas électriquement reliées

Note 1 à l'article: Terminologie connexe: réseau de résistances.

3.1.30

réseau de résistances

configuration d'un certain nombre de résistances sur le même substrat ou dans le même emballage ou boîtier, dans laquelle les résistances individuelles sont électriquement reliées

Note 1 à l'article: Terminologie connexe: ensemble de résistances.

3.1.31

classe de stabilité

terme représentant un ensemble prédéfini d'exigences de stabilité, c'est-à-dire les limites spécifiques de la variation de résistance admissible assignées à chaque essai

Note 1 à l'article: le terme "classe de stabilité" est uniquement associé à un numéro représentant l'exigence de stabilité type pour les essais de longue durée, par exemple, l'endurance à la température maximale de catégorie ou 1 000 h d'endurance à 70 °C. Les exigences de stabilité pour les essais de courte durée sont généralement inférieures à celles données par le numéro de classe de stabilité.

3.1.32

modèle

subdivision d'un type, généralement fondée sur des facteurs dimensionnels, qui peut inclure plusieurs variantes, généralement d'ordre mécanique

Note 1 à l'article: Terminologie connexe: type.

3.1.33

résistance pour montage en surface

résistance dont les petites dimensions et la nature ou la forme des connexions de sortie en font une résistance pouvant être utilisée dans des circuits hybrides et sur des cartes imprimées

Note 1 à l'article: Terminologie connexe: type, modèle.

3.1.34

coefficient de température de résistance

TCR

α

variation relative réversible de résistance entre deux températures données divisée par la différence de températures qui produit cette variation

Note 1 à l'article: Il convient de noter que ce terme exprime une variation de résistance relative maximale dans une plage de températures données, et que son utilisation n'implique donc pas de degré de linéarité pour cette fonction, et il convient de ne pas en considérer.

Note 2 à l'article: Le coefficient de température de résistance est en général déterminé entre la température de référence et les températures de catégorie (LCT et UCT, respectivement) pour lesquelles le plus élevé des deux coefficients déterminés est exprimé comme étant le résultat.

Note 3 à l'article: Terminologie connexe: variation de la résistance avec la température.

Note 4 à l'article: Le terme abrégé "TCR" est dérivé du terme anglais développé correspondant "temperature coefficient of resistance".

3.1.35**augmentation de température** $\Delta \vartheta$

augmentation de température sur ou dans une résistance, générée par l'application d'une dissipation et fonction des propriétés thermiques de la résistance, c'est-à-dire sa capacité à transférer la dissipation à l'environnement

3.1.36**tolérance****tolérance sur la résistance nominale** ΔR_n

écart relatif admis de la résistance réelle R à 20 °C par rapport à la résistance nominale R_n à 20 °C au moment de la livraison par le fabricant

Note 1 à l'article: la tolérance sur la résistance nominale ne tient pas compte des variations de résistance se produisant après la livraison par le fabricant, et en particulier ne décrit aucun moyen de variation de résistance naturellement accumulée sous l'influence des contraintes électriques, environnementales et autres rencontrées dans son application.

Note 2 à l'article: Terminologie connexe: résistance nominale.

3.1.37**type**

groupe de composants ayant des caractéristiques de conception et des techniques de fabrication semblables, qui sont généralement couverts par une seule spécification particulière et qui peuvent par conséquent être pris en considération ensemble pour l'homologation de qualification ou pour la vérification de conformité à qualité

Note 1 à l'article: Les composants décrits dans plusieurs spécifications particulières peuvent, dans certains cas, être considérés comme appartenant au même type et peuvent donc être groupés dans le cadre de l'assurance de la qualité.

Note 2 à l'article: Les accessoires de montage sont ignorés, à condition qu'ils n'aient aucun effet significatif sur les résultats des essais.

Note 3 à l'article: Terminologie connexe: modèle.

3.1.38**température maximale de catégorie****UCT**

température ambiante maximale pour laquelle une résistance a été conçue pour fonctionner en continu sur la partie de la dissipation assignée indiquée dans la dissipation de catégorie

Note 1 à l'article: Pour les résistances présentant un taux de réduction linéaire descendant jusqu'à la dissipation de catégorie nulle, la température maximale de catégorie est la température maximale de l'élément.

Note 2 à l'article: Terminologie connexe: température minimale de catégorie, plage de températures de catégorie.

Note 3 à l'article: Le terme abrégé "UCT" est dérivé du terme anglais développé correspondant "upper category temperature".

3.1.39**variation de la résistance avec la température**

variation réversible de la résistance due à la température s'écartant des conditions de référence, en général décrite au moyen du coefficient de température de résistance

Note 1 à l'article: Terminologie connexe: coefficient de température de résistance.

3.1.40**dommage visible**

dommage, perceptible après grossissement adapté, susceptible de réduire l'aptitude du composant à son objectif prévu

3.1.41

coefficient de tension de résistance

VCR

variation relative réversible de résistance entre deux tensions appliquées données divisée par la différence de tensions qui produit cette variation

Note 1 à l'article: Le terme abrégé "VCR" est dérivé du terme anglais développé correspondant "voltage coefficient of resistance".

3.2 Technologies de produit

3.2.1 Remarques générales sur les technologies de résistance

Les définitions du présent article sont données à titre informatif, et il convient de ne pas les utiliser dans un cadre normatif. Les détails de ces définitions s'appuient sur les connaissances actuelles, sans toutefois prétendre à être exhaustifs.

Les définitions visent à donner au lecteur des recommandations relatives aux différentes technologies utilisées pour la fabrication des résistances, et à aider à leur identification. Des spécifications applicables peuvent compléter ces définitions de manière plus détaillée, et peuvent également prévoir l'utilisation des lettres de codage, selon le cas.

La spécification applicable doit décrire la technologie respective des résistances de manière appropriée afin d'identifier les propriétés correspondantes et conseiller sur les applications adaptées.

3.2.2 Technologie de la couche métallique

L'élément résistif d'une résistance à couche métallique est une couche fine et homogène d'alliage métallique posée sur un noyau ou substrat en céramique. Des exemples classiques de ce type d'alliages métalliques sont le nickel-chrome présent dans différentes compositions et complexités ou le nitrure de tantale, en général déposé par pulvérisation ou par évaporation. Un autre exemple est le dépôt chimique d'une couche (dépôt autocatalytique de nickel, par exemple). En général, l'épaisseur d'une couche métallique est comprise entre 50 nm et 4 µm, alors que celle d'une couche de dépôt chimique est comprise entre 2 µm et 10 µm.

La technologie de la couche métallique permet d'obtenir des niveaux spécifiques de stabilité de température par le choix du matériau et la variation du traitement.

Les résistances à couche métallique peuvent être conçues et fabriquées pour la précision et la stabilité ou pour une dissipation de puissance élevée.

Si un codage de la technologie de résistance est exigé (par une spécification applicable, par exemple), il convient d'utiliser de préférence le caractère M pour identifier la technologie de la couche métallique.

NOTE Une couche métallique est également souvent appelée "couche mince", ce terme étant essentiellement utilisé si cette technologie est employée pour les résistances pour montage en surface.

3.2.3 Technologie de l'émail métallique

L'élément résistif d'une résistance à émail métallique est une couche épaisse et hétérogène d'un émail, déposée sur un noyau ou substrat en céramique. L'émail est en général rempli d'oxyde de ruthénium (métal noble) ou de nitrure de tantale (métal non noble) et déposé par revêtement sur un noyau cylindrique ou par impression sur un substrat plat. L'épaisseur typique d'une couche d'émail métallique est dans la plage de 3 µm à 20 µm.

La technologie de l'émail métallique permet d'obtenir plusieurs niveaux spécifiques de stabilité de température, principalement en choisissant les matériaux.

Les résistances à émail métallique peuvent être conçues et fabriquées pour des applications générales ou particulières. Si elles sont conçues pour une dissipation de puissance élevée, des substrats en céramique ou métalliques spéciaux peuvent être appliqués.

Si un codage de la technologie de résistance est exigé (par une spécification applicable, par exemple), il convient d'utiliser de préférence le caractère G pour identifier la technologie de l'émail métallique.

NOTE L'émail métallique est également souvent appelé "couche épaisse", ce terme étant essentiellement utilisé si cette technologie est employée pour les résistances pour montage en surface.

3.2.4 Technologie de l'oxyde métallique

L'élément résistif d'une résistance à oxyde métallique est en général une couche d'oxyde d'étain à laquelle est ajouté de l'antimoine, éventuellement stabilisé dans de l'émail.

La technologie de l'oxyde métallique permet d'obtenir plusieurs niveaux spécifiques de stabilité de température limitée.

Si un codage de la technologie de résistance est exigé (par une spécification applicable, par exemple), il convient d'utiliser de préférence le caractère X pour identifier la technologie de l'oxyde métallique.

3.2.5 Technologie à couche de carbone

L'élément résistif d'une résistance à couche de carbone est une couche de carbone homogène, déposée par fractionnement pyrolytique sur un noyau ou substrat en céramique.

La stabilité de température des résistances à couche de carbone présente souvent une diminution de résistance au fur et à mesure de l'augmentation de la température, dont le taux dépend en général de la résistance réelle.

Si un codage de la technologie de résistance est exigé (par une spécification applicable, par exemple), il convient d'utiliser de préférence le caractère C pour identifier la technologie à couche de carbone.

3.2.6 Technologie au carbone aggloméré

L'élément résistif d'une résistance au carbone aggloméré est une tige pleine, composée d'un mélange de particules de carbone avec constituant non conducteur (de la poussière de céramique, par exemple) et d'un liant (une résine, par exemple). La résistance de cette tige est contrôlée par le mélange de la composition. Les broches de la borne sont soit insérées de manière axiale, soit fixées avec des capuchons métalliques placés aux deux extrémités de la tige.

NOTE 1 Les résistances au carbone aggloméré ont connu leur heure de gloire au tout début de l'industrie électronique et ont peu à peu disparu du marché depuis l'introduction de la technologie du montage en surface. Aujourd'hui, un petit nombre de fabricants disposent d'un portefeuille de produits moins étendu.

La stabilité de température des résistances au carbone aggloméré présente souvent une diminution importante de la résistance au fur et à mesure de l'augmentation de la température. Le principal avantage des résistances au carbone aggloméré est l'exceptionnel niveau de capacité aux chocs.

NOTE 2 Il existe un autre type de résistances également appelées résistances au carbone aggloméré, qui a été fabriqué en appliquant une épaisse couche de carbone aggloméré sur la surface extérieure d'un tube en fibre de verre. Naturellement, ce type de résistances à couche n'aurait pas pu satisfaire au même niveau de capacité aux chocs que les résistances au carbone aggloméré normales.

Si un codage de la technologie de résistance est exigé (par une spécification applicable, par exemple), il convient d'utiliser de préférence le caractère B pour identifier la technologie au carbone aggloméré.

3.2.7 Technologie à céramique agglomérée

L'élément résistif d'une résistance à céramique agglomérée est une tige pleine, composée de céramique semi-conductrice.

La stabilité de température des résistances à céramique agglomérée présente souvent une diminution importante de la résistance au fur et à mesure de l'augmentation de la température. Le principal avantage des résistances à céramique agglomérée est l'exceptionnel niveau de capacité aux chocs.

Si un codage de la technologie de résistance est exigé (par une spécification applicable, par exemple), il convient d'utiliser de préférence le caractère K pour identifier la technologie à céramique agglomérée.

3.2.8 Technologie de résistance bobinée

L'élément résistif d'une résistance bobinée est un fil ou un ruban en alliage résistif choisi, enroulé autour d'un noyau cylindrique (un noyau ou tube en céramique, par exemple) ou un toron de fibres de verre. L'enroulement est fixé ou revêtu de ciment ou d'émail vitrifié.

La stabilité de température des résistances bobinées est déterminée par l'alliage du fil ou du ruban utilisé. Sur les résistances bobinées de faible résistance avec broches, il peut être nécessaire de prendre en compte la résistance supplémentaire et la stabilité de température de ces fils.

Des types particuliers de résistances bobinées conçus pour la dissipation de puissance élevée sont insérés dans un boîtier en céramique ou fixés à l'intérieur d'une enveloppe métallique à assembler à un radiateur.

Si un codage de la technologie de résistance est exigé (par une spécification applicable, par exemple), il convient d'utiliser de préférence le caractère W pour identifier la technologie à résistance bobinée.

3.2.9 Technologie à feuilles métalliques

L'élément résistif d'une résistance à feuilles métalliques est une mince feuille structurée en alliage métallique choisi, solidement fixé à un substrat en céramique ou en polymère haute température. L'élément résistif et son substrat sont en général recouverts d'un mélange à mouler.

La stabilité de température des résistances à feuilles métalliques est déterminée par l'alliage de la feuille utilisée et par la dilatation thermique de la feuille sur son substrat. Sur les résistances à feuilles métalliques de faible résistance, il peut être nécessaire de prendre en compte la résistance supplémentaire et la stabilité de température du matériau de la broche ou de la borne.

Si un codage de la technologie de résistance est exigé (par une spécification applicable, par exemple), il convient d'utiliser de préférence le caractère F pour identifier la technologie à feuilles métalliques.

3.2.10 Technologie à bandes métalliques

L'élément résistif des résistances en bande métallique est une barre ou une bande en alliage métallique choisi, en général soudé à des broches, des barres ou des bandes en métal hautement conductrices (le cuivre, par exemple) servant de bornes. L'ensemble de l'élément résistif est en général utilisé nu ou intégré dans un boîtier en céramique, selon le niveau attendu de dissipation de puissance.

Les résistances en bande métallique sont essentiellement utilisées avec une très faible résistance, leur stabilité de température étant de ce fait déterminée par la combinaison de l'alliage utilisé et du matériau de la borne, le cas échéant.

Si un codage de la technologie de résistance est exigé (par une spécification applicable, par exemple), il convient d'utiliser de préférence le caractère S pour identifier la technologie à bandes métalliques.

3.3 Enrobage de résistance

3.3.1 Généralités

Les résistances sont composées d'un ensemble d'enrobages et de boîtiers, dont la fonction principale est d'assurer une protection adaptée contre les influences mécaniques, électriques et climatiques.

Certains enrobages prennent la forme d'origine de la résistance et sont donc souvent appelés revêtements enrobants.

La simple présence d'un enrobage ou d'un revêtement ne doit toutefois pas être considérée comme une protection homologuée contre toutes les influences possibles, la protection contre les influences néfastes exigeant une homologation pour chaque risque examiné par des essais et exigences adaptées. Le choix des essais adaptés et des sévérités d'essais pouvant dépendre de l'enrobage ou du boîtier utilisé pour la fabrication de résistances spécifiques, les descriptions suivantes peuvent servir de moyens pertinents d'identification et de référencement.

Certains types d'enrobages de résistance peuvent être fournis avec des interfaces particulières de fixation à une surface d'appui ou avec des caractéristiques de conception particulières prenant en charge l'utilisation d'accessoires de montage. Les caractéristiques particulières doivent être correctement décrites dans la spécification applicable respective.

3.3.2 Revêtement en poudre conforme

Une autre dénomination d'un thermolaquage conforme utilisé sur le marché est le thermolaquage, le revêtement en poudre à lit fluidisé ou le revêtement époxy.

L'enrobage par thermolaquage d'une résistance est réalisé en appliquant et en faisant fondre une couche de poudre thermoplastique ou de polymère thermodurci, en général sans utiliser de solvant dans le processus.

3.3.3 Revêtement de laque conforme

Les autres appellations d'un revêtement de laque conforme utilisées sur le marché sont le revêtement conforme, le revêtement en silicone conforme ou le revêtement époxy conforme.

L'enrobage d'une résistance par un revêtement de laque conforme est réalisé en appliquant une ou plusieurs couches de laque durcies à haute température afin d'évaporer tous les solvants utilisés dans le processus. Ce type de revêtement de laque prend souvent la forme d'origine de la résistance.

3.3.4 Revêtement en silicone conforme

Les autres appellations d'un revêtement en ciment de silicone utilisé sur le marché sont le revêtement en ciment ou le revêtement en ciment à haute température.

L'enrobage d'une résistance par un revêtement en ciment de silicone est réalisé en appliquant une ou plusieurs couches de ciment de silicone durcies, et prend approximativement la forme d'origine de la résistance.

En règle générale, le revêtement en ciment de silicone résiste à des températures plus élevées que le revêtement de laque normal. Le caractère inflammable ou non inflammable d'un revêtement en silicone dépend du type de ciment de silicone appliqué, qui affecte aussi probablement les autres propriétés de la résistance revêtue.

3.3.5 Revêtement en émail

Les autres appellations d'un revêtement en émail utilisées sur le marché sont le revêtement vitrifié ou le revêtement en émail vitrifié.

Un revêtement en émail est l'enrobage vitrifié d'une résistance, réalisé par application et vitrification de plusieurs couches de frites aqueuses et qui prend approximativement la forme d'origine de la résistance.

Ce revêtement est utilisé lorsque des températures de surface très élevées sont demandées ou qu'une résistance très spéciale à l'environnement (une résistance aux solvants, par exemple) est demandée.

Les résistances à revêtement en émail sont non inflammables.

Les résistances à revêtement en émail résistent à des températures plus élevées que celles des résistances à revêtement de laque.

3.3.6 Corps moulé

Un corps moulé est l'enrobage d'une résistance dans une forme prédéterminée, réalisé par injection des composants d'un polymère thermoplastique ou thermodurci dans un moule autour de la résistance, puis du durcissement.

Le moulage est utilisé lorsque des dimensions particulièrement stables ou qu'un niveau particulier de solidité face aux impacts de l'environnement sont exigés (résistance aux solvants ou à l'humidité, par exemple).

3.3.7 Résistance à boîtier en céramique

Une résistance à boîtier en céramique est une résistance placée dans un boîtier en céramique ignifugé au moyen d'un composé inorganique comme le ciment visqueux aqueux ou fixé par le sable ou l'alumine avec du silicone.

Le boîtier en céramique résiste aux très hautes températures, au-dessus des limites des revêtements en silicone, et est non inflammable.

3.3.8 Résistance à boîtier métallique

Une résistance à boîtier métallique est une résistance fixée par une conception en mica ou placée dans un boîtier métallique au moyen d'un composé inorganique comme le ciment hautement visqueux ou du sable ou de l'alumine fixée avec du silicone.

Les résistances à boîtier métallique peuvent résister à de très hautes températures et leur conception est non inflammable.

3.4 Classification de produit

L'introduction d'une classification de produit permet à l'utilisateur de sélectionner les exigences de performances pour les résistances concernées en fonction des conditions de l'application finale prévue.

Trois niveaux généraux de produits finis ont été déterminés pour représenter les différences de caractéristiques des exigences fonctionnelles, de performance et de fiabilité et pour permettre l'utilisation de programmes d'inspection et d'essai appropriés. Il convient de reconnaître que les applications peuvent se chevaucher entre les niveaux.

Niveau G Équipements électroniques généraux, généralement utilisés dans des conditions environnementales douces ou modérées pour lesquels l'exigence majeure est la fonction. Le niveau G inclut par exemple des produits de grande consommation et des terminaux de télécommunication pour utilisateurs.

Niveau P Équipements électroniques de haute performance, pour lesquels un ou plusieurs des critères suivants s'appliquent:

- fonctionnement ininterrompu souhaité ou obligatoire;
- fonctionnement dans des conditions environnementales difficiles;
- durée de vie prolongée.

Des exemples du niveau P comportent les équipements professionnels, les systèmes de transmission de télécommunications, les systèmes industriels de contrôle et de mesure et la plupart des applications automobiles en dehors de l'habitacle passagers.

Niveau R Équipements électroniques de haute performance et de haute fiabilité, pour lesquels les exigences de fiabilité établie et de niveau de taux de panne approuvé s'appliquent en plus des critères du Niveau P.

Des exemples du Niveau R comprennent les équipements militaires et de défense, les applications avioniques et aérospatiales.

Le niveau de taux de panne des résistances classées au Niveau R est évalué (voir Annexe R de la présente spécification).

Chaque niveau doit être utilisé dans les spécifications particulières individuelles, sauf pour le Niveau P et le Niveau R, qui peuvent être utilisés dans des spécifications particulières combinées.

NOTE La classification de produit présentée ici vise à varier les essais contenus dans les programmes d'inspection en fonction des exigences d'application correspondantes.

À ne pas confondre avec la précédente variation utilisée des niveaux d'évaluation, qui déterminaient principalement la partie admise des éprouvettes ne satisfaisant pas aux exigences des essais spécifiés. Ce type de défaillance en général admis n'est plus acceptable et, par conséquent, seul le niveau d'évaluation EZ est appliqué avec tous les programmes d'essai, n'autorisant aucune défaillance dans un essai spécifié.

4 Exigences générales

4.1 Unités et symboles

Les unités, les symboles graphiques et les symboles littéraux doivent provenir, dans la mesure du possible, des publications suivantes:

- IEC 60027 (toutes les parties);

- IEC 60050 (toutes les parties)
- IEC 60617;
- IEC 80000 (toutes les parties);
- ISO 80000 (toutes les parties).

Si d'autres éléments sont exigés, ils doivent être conformes aux principes des publications énoncées ci-dessus.

4.2 Valeurs préférentielles

4.2.1 Généralités

Chaque spécification intermédiaire doit indiquer les valeurs préférentielles appropriées pour le groupe de produits concernés ici.

4.2.2 Valeurs préférentielles de la résistance nominale

Les valeurs préférentielles de la résistance nominale doivent provenir d'une série E appropriée spécifiée dans l'IEC 60063.

4.3 Codage

Si un codage est utilisé pour la valeur de la résistance, la tolérance, le coefficient de température ou la date de fabrication, la méthode doit être choisie parmi celles données dans l'IEC 60062.

Le codage est en général appliqué au marquage des résistances, mais il peut également être adapté pour le marquage de l'emballage et pour la génération des désignations de produit utilisées (pour les commandes ou les entrées de base de données, par exemple).

4.4 Marquage des résistances

Dans la mesure du possible, il convient que les résistances soient clairement marquées avec les éléments suivants:

- a) résistance nominale;
- b) tolérance sur la résistance nominale;

De plus, il convient de marquer les autres éléments suivants dans la mesure du possible, dans l'ordre d'importance:

- c) coefficient de température (le cas échéant);
- d) année et mois (ou semaine) de fabrication;
- e) numéro de la spécification particulière et référence du modèle;
- f) nom du fabricant ou marque de fabrique;
- g) lot de fabrication ou numéro de lot.

Il convient d'éviter les redondances sur le marquage de la résistance.

Les modèles de résistance pour montage en surface, compte tenu de leurs petites dimensions, ne sont généralement pas marqués sur le corps. Toutefois, si un marquage est appliqué sur le corps de la résistance, il doit s'agir au moins de la résistance nominale.

Les exigences spécifiques doivent être précisées dans les spécifications applicables.

4.5 Marquage de l'emballage

L'emballage contenant la résistance ou un ensemble de résistances doit être clairement marqué, de préférence en donnant toutes les informations suivantes:

- a) désignation de commande, voir 4.6;
- b) quantité;
- c) nom du fabricant ou marque de fabrique;
- d) date de fabrication (année et mois ou semaine, par exemple);
- e) lot de fabrication ou numéro de lot et lieu de production;
- f) pays d'origine.

Tout marquage supplémentaire doit être appliqué sans porter à confusion.

Une symbologie graphique lisible par une machine (code à barres linéaires ou code matriciel 2D, par exemple) peut être utilisée en plus des informations alphanumériques lisibles par l'homme. La symbologie graphique doit de préférence être conforme à l'IEC 62090. Les informations alphanumériques doivent être imprimées en caractères suffisamment gros pour être lisibles à l'œil nu.

4.6 Désignation de commande

La spécification applicable doit fournir un schéma de génération de désignations de commande pour les résistances en fonction de cette spécification. Ce schéma doit contenir les informations suivantes:

- a) spécification applicable;
- b) modèle;
- c) coefficient de température (le cas échéant);
- d) résistance nominale;
- e) tolérance sur la résistance nominale;
- f) niveau de taux de panne (le cas échéant);
- g) variante particulière (le cas échéant).

L'emballage ne fait pas partie de la désignation de commande formelle, car il n'identifie pas la résistance particulière. Ainsi, il est nécessaire de spécifier un emballage accompagné d'une désignation de commande, qui peut ensuite être modifiée dans le processus d'acquisition sans impact sur le choix de la résistance conçue.

La désignation de commande doit être adaptée pour être traitée dans les réseaux IT. Par conséquent, des considérations relatives à l'utilisation d'une longueur fixe pour chaque information, au codage pertinent des informations (conformément à l'IEC 60062, par exemple), aux caractères inutiles devant être évités (les espaces, par exemple) et à la longueur totale acceptable de la désignation doivent être prises en compte.

Les exigences spécifiques doivent être précisées dans les spécifications applicables.

4.7 Remplacements admissibles

4.7.1 Généralités

La spécification de certains paramètres de spécification particuliers ne représente pas une exigence à satisfaire pour la valeur exacte donnée. Elle pose plutôt les limites supérieures de ces paramètres, qui ne doivent pas être dépassées par le produit commandé.

Une valeur limite plus petite pour ce paramètre réduit la fenêtre d'acceptation et, de ce fait, garantit la conformité des produits à la limite plus large définie à l'origine. Par conséquent, sauf si la spécification applicable l'exclut formellement, une valeur spécifiée pour l'un des paramètres couverts par 4.7.2, 4.7.3 ou 4.7.4 peut être remplacée par une valeur inférieure.

Ce remplacement s'applique uniquement si le produit remplacé et le produit d'origine sont des variantes de la même famille de produits dont la conception, la technologie, les performances et la fiabilité ne varient pas.

Un remplacement est admis dans le cadre d'un accord entre le fournisseur et l'utilisateur du composant.

4.7.2 Remplacement d'une tolérance exigée sur la résistance nominale

La spécification d'une tolérance particulière sur la résistance nominale n'est pas une exigence à satisfaire en matière d'écart exact. Par conséquent, en vertu des dispositions de 4.7.1, une tolérance spécifiée peut être remplacée par une tolérance supérieure, laquelle est exprimée par une valeur de tolérance inférieure.

EXEMPLE Des résistances avec une tolérance de $\pm 0,5 \%$, de $\pm 0,25 \%$ ou de $\pm 0,1 \%$ remplacent parfaitement les résistances avec une valeur de tolérance exigée de $\pm 1 \%$ sur la résistance nominale.

4.7.3 Remplacement d'un coefficient exigé de température de résistance

La spécification d'un coefficient particulier de température de résistance (TCR) n'est pas une exigence à satisfaire en matière de dépendance de la résistance à la température linéaire exacte. Par conséquent, en vertu des dispositions de 4.7.1, un TCR spécifié peut être remplacé par un TCR supérieur, lequel est exprimé par une valeur de TCR inférieure.

EXEMPLE Des résistances avec un TCR de $\pm 25 \times 10^{-6}/K$ ou de $\pm 15 \times 10^{-6}/K$ remplacent parfaitement les résistances avec un coefficient de température de résistance exigé de $\pm 50 \times 10^{-6}/K$.

4.7.4 Remplacement d'un niveau de taux de panne exigé

La spécification d'un niveau de taux de panne particulier pour les résistances dont la fiabilité est établie, approuvée selon une spécification particulière spécifique, n'est pas une exigence à satisfaire en matière de taux de panne exact. Par conséquent, en vertu des dispositions de 4.7.1, un niveau de taux de panne spécifié peut être remplacé par un niveau de taux de panne supérieur, lequel est exprimé par une valeur de niveau de taux de panne inférieure.

EXEMPLE Des résistances avec un niveau de taux de panne exigé de $10^{-6}/h$ ($0,1 \%/1\,000\,h$ ou E6) ou de $10^{-7}/h$ ($0,01 \%/1\,000\,h$ ou E7) remplacent parfaitement les résistances dont le niveau de taux de panne exigé est de $10^{-5}/h$ ($1 \%/1\,000\,h$ ou E5).

4.8 Emballage

L'emballage des composants se présente en général sous la forme d'une variété de couches fonctionnelles ayant chacune un rôle bien précis.:

L'emballage principal est le matériau qui est en contact direct avec les composants. Pour de nombreux types de composants, l'emballage principal facilite le chargement des composants dans un ordre séquentiel correctement aligné à un système de manipulation automatique (sur un équipement de placement, par exemple). Dans ce cas, une méthode d'emballage appropriée choisie parmi celles présentées dans la série IEC 60286 doit être appliquée. Des exemples d'emballage principal incluent:

- la bande perforée ou alvéolée dans les cavités de laquelle les composants pour montage en surface sont placés à intervalle régulier;
- la paire de rubans adhésifs qui fixe les composants à broches axiales à intervalle régulier aux extrémités de leurs fils;

- le simple ruban adhésif qui fixe les composants à broches radiales à intervalle régulier aux extrémités de leurs fils;
- le plateau spécifique sur lequel sont disposés les composants plus volumineux ou de forme spéciale.

L'emballage de proximité est un matériau qui n'est pas en contact direct avec les composants, mais avec l'emballage principal. Son rôle est d'aider à la manipulation d'une certaine quantité de composants, et les règles de la norme IEC 60286 pertinente doivent être appliquées à l'emballage de proximité, au niveau de ses interfaces avec le système de manipulation automatique. Des exemples d'emballage de proximité incluent:

- la bobine sur laquelle est enroulée la bande perforée ou alvéolée contenant les composants pour montage en surface;
- le boîtier dans lequel les bobines de composants sur bande peuvent être placées individuellement ou en groupe;
- le boîtier dans lequel les composants sur bande à conducteur axial ou radial sont pliés en accordéon (également appelé ammpack) ou la bobine sur laquelle ces composants sur bande sont enroulés;
- le boîtier dans lequel les supports de plateaux contenant les composants sont empilés en formation géométrique.

En règle générale, l'emballage principal accompagné de l'emballage de proximité applicable n'assurent pas une protection complète contre les impacts climatiques, environnementaux ou mécaniques importants.

L'emballage secondaire est un matériau utilisé pour assurer une protection physique supplémentaire à l'extérieur du ou des emballages de proximité qu'il contient (pour l'expédition, par exemple).

La spécification applicable doit prévoir des méthodes d'emballage primaire et secondaire adaptées à l'éventail de produits couvert ici. Ce type de méthodes d'emballage doit permettre une protection suffisante afin de ne pas endommager et détériorer les résistances dans un environnement normalisé de fabrication de composants électroniques.

4.9 Stockage

Les composants placés dans leur emballage principal et leur emballage de proximité d'origine doivent être stockés dans un endroit clos dans lequel, sauf indication contraire, les conditions de stockage doivent être les suivantes:

- Température: 10 °C à 45 °C
- Humidité relative: $\geq 10 \%$;
moyenne annuelle $\leq 75 \%$;
valeurs maximales occasionnelles $\leq 90 \%$ pour un total annuel de $\leq 30 \text{ j.}$
- Aucune précipitation ni condensation d'humidité
- Aucune exposition directe au rayonnement solaire
- Atmosphère non corrosive
- Aucune exposition à des dangers biologiques ou à des substances chimiques ou mécaniques actives

La spécification applicable doit indiquer la durée de stockage maximale.

Il convient que la spécification applicable précise les effets d'un stockage à long terme sur les produits ici concernés (détérioration de la brasabilité ou modification de la résistance, par exemple). Ensuite, il convient qu'elle indique les périodes de stockage recommandées et les méthodes d'essai adaptées pour la requalification des produits après expiration de cette période.

4.10 Transport

Le transport est la phase du cycle de vie d'un composant qui est expédié du site de fabrication au site de production de l'ensemble électronique, lorsque les composants ne sont pas stockés dans les conditions favorables indiquées en 4.9 (dans l'entrepôt d'un distributeur, par exemple).

Pendant le transport, les conditions climatiques, environnementales et mécaniques sont en général moins prévisibles et contrôlées qu'exigées pour le stockage. Chaque méthode de transport implique une suite d'opérations pouvant exposer les unités expédiées à des conditions assez différentes (par exemple, les composants sont bien moins exposés dans une soute d'avion pressurisée que pendant une période d'attente et de chargement sur un aéroport, par exemple).

La durée totale de transport, et donc le risque d'exposition à des conditions extrêmes, doit être aussi courte que possible. De préférence, il convient qu'elle soit inférieure à 10 jours.

Pendant le transport, les composants et leur emballage principal et de proximité d'origine doivent être protégés contre des valeurs extrêmes de température, d'humidité et de force mécanique. Les conditions générales de transport indiquées dans l'IEC 61760-2 doivent être satisfaites. Il s'agit des limitations suivantes:

- Température: -25 °C à 60 °C
- Humidité relative: en général $\leq 85\%$

L'emballage secondaire doit assurer une protection suffisante pour exclure toute influence de dangers biologiques, d'atmosphères corrosives et de substances chimiques ou mécaniques actives sur les composants emballés. De plus, il doit protéger son contenu contre la précipitation, la condensation d'humidité et les autres événements liés à l'eau.

En règle générale, il convient que les composants expédiés ne soient pas soumis à des niveaux de chocs ou de vibrations durables et/ou intensifs, comme cela peut être le cas pour le transport terrestre dans des véhicules dépourvus de suspensions efficaces et/ou empruntant des routes en mauvais état, ou pour le transport aérien dans des avions à hélices ou des hélicoptères.

Pour les produits plus sensibles aux conditions environnementales ou mécaniques particulières qui peuvent se produire pendant le transport, la spécification applicable peut préciser des conditions de transport spécifiques, en s'appuyant de préférence sur les dispositions de l'IEC 61760-2.

5 Dispositions générales pour les méthodes de mesure et d'essai

5.1 Généralités

La spécification applicable doit préciser l'essai à réaliser, les mesurages qui doivent être réalisés avant et après chaque essai ou sous-groupe d'essais, et l'ordre dans lequel les essais doivent être réalisés. Les étapes de chaque essai doivent être réalisées dans l'ordre indiqué par écrit. Les conditions de mesure doivent être les mêmes pour les mesurages de début et de fin.

En principe, les éprouvettes doivent être identifiées ou être placées dans une disposition distinctive afin de garantir une corrélation correcte des mesurages à chaque éprouvette individuelle.

Si les spécifications applicables utilisent d'autres méthodes que celles indiquées dans la présente spécification générique, ces méthodes doivent être intégralement décrites ici.

Les exigences de performance indiquées dans la spécification applicable sont des limites absolues. La politique en matière d'incertitude de mesure et les limites définies, données dans l'IECQ 03-1:2018, Annexe C, doivent être appliquées.

En conclusion, le résultat normalisé d'un essai spécifié se présente sous la forme d'informations numériques relatives à la satisfaction des exigences données, c'est-à-dire une réussite ou un échec. Il convient que toutes les données supplémentaires issues d'un essai fassent l'objet d'un accord individuel entre le fournisseur et l'utilisateur du composant.

5.2 Conditions atmosphériques normales

5.2.1 Conditions de référence

Les conditions atmosphériques normales de référence indiquées en 4.1 de l'IEC 60068-1:2013 s'appliquent. Ces conditions sont indiquées dans le Tableau 1:

Tableau 1 – Conditions atmosphériques de référence

Température °C	Humidité relative %	Pression d'air kPa
20	Non spécifié	101,3

5.2.2 Conditions d'arbitrage

Pour les mesurages et essais d'arbitrage, l'une des conditions atmosphériques normales indiquées dans l'IEC 60068-1:2013, 4.2, et spécifiées pour une tolérance de température proche et pour une plage d'humidités proche doit être choisie. Ces conditions sont indiquées dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Conditions d'arbitrage de référence

Température °C	Humidité relative %	Pression d'air kPa
20 ± 1	63 à 67	86 à 106
23 ± 1	48 à 52	86 à 106
25 ± 1	48 à 52	86 à 106
27 ± 1	63 à 67	86 à 106

5.2.3 Conditions atmosphériques normales des essais

Sauf indication contraire, tous les essais et tous les mesurages doivent être effectués dans les conditions atmosphériques normales des essais, conformément à IEC 60068-1:2013, 4.3. Ces conditions sont indiquées dans le Tableau 3:

Tableau 3 – Conditions atmosphériques normales des essais

Température °C	Humidité relative %	Pression d'air kPa
15 à 35	25 à 75	86 à 106

Avant d'effectuer les mesurages, la résistance doit être stockée à la température de laboratoire pendant un temps suffisant pour permettre à toute la résistance d'atteindre cette température. La période spécifiée pour le rétablissement à la fin d'un essai est normalement suffisante.

Lorsque des mesurages sont effectués à une température différente de la température spécifiée, les résultats doivent, si nécessaire, être corrigés pour la température spécifiée. La température ambiante pendant les mesurages doit être indiquée dans le rapport d'essai. En cas de conflit, les mesurages doivent être répétés en utilisant l'une des températures d'arbitrage (conformément à 5.2.2) et d'autres conditions précisées dans la présente spécification.

Les variations de la température de laboratoire doivent être maintenues dans les limites de ± 1 K, et il convient de maintenir les variations d'humidité à une valeur minimale pendant une série de mesurages réalisés dans le cadre de l'un des essais.

Pendant les mesurages, la résistance ne doit pas être exposée à des courants d'air, à la lumière directe du soleil ou à toute autre influence susceptible d'être à l'origine d'erreurs.

5.2.4 Conditions de rétablissement

Sauf indication contraire, le rétablissement doit se faire dans les conditions atmosphériques normales des essais (voir 5.2.3 et le Tableau 3).

S'il est nécessaire de procéder au rétablissement dans des conditions bien contrôlées, et donc précisées dans la spécification applicable, les conditions de rétablissement contrôlées de l'IEC 60068-1:2013, 4.4.2 doivent être utilisées. Ces conditions sont indiquées dans le Tableau 4:

Tableau 4 – Conditions atmosphériques contrôlées pour le rétablissement

Température °C	Humidité relative %	Pression d'air kPa	Durée h
Dans la plage comprise entre 15 et 35: température de laboratoire actuelle ± 1 °C	73 à 77	86 à 106	Comme indiqué par la méthode d'essai ou dans la spécification applicable

5.3 Tolérances sur les paramètres de sévérité d'essais

5.3.1 Généralités

En général, une tolérance spécifiée pour un paramètre donné permet de tenir compte des erreurs absolues dans son mesurage, des légères variations du paramètre pendant la durée de l'essai et des variations du paramètre dans l'espace de travail. Les tolérances données ne doivent pas être utilisées pour s'écarter délibérément d'une sévérité d'essai spécifiée.

Les dispositions relatives aux tolérances indiquées de 5.3.2 à 5.3.4 doivent s'appliquer à ces essais, où aucune tolérance n'est donnée pour le paramètre d'essai respectif.

5.3.2 Tolérances sur les spécifications de température

Sauf indication contraire, la tolérance donnée dans le Tableau 5 doit être appliquée à la spécification d'une température d'essai ou d'une température de stockage.

Tableau 5 – Tolérances par défaut sur les spécifications de température

Température ϑ	Tolérance absolue
$\vartheta \leq -25\text{ °C}$	$\pm 3\text{ °C}$
$-25\text{ °C} < \vartheta \leq 100\text{ °C}$	$\pm 2\text{ °C}$
$100\text{ °C} < \vartheta \leq 200\text{ °C}$	$\pm 3\text{ °C}$
$200\text{ °C} < \vartheta$	$\pm 5\text{ °C}$

Il convient toutefois de noter qu'une variation de la température (à l'intérieur d'une chambre d'essai, par exemple) a probablement aussi un impact sur l'humidité relative. Ainsi, l'exigence de maintien de l'humidité relative dans les limites spécifiées peut imposer une exigence implicite de stabilité de la température, qui peut être plus stricte que la tolérance spécifiée sur la température d'essai.

5.3.3 Tolérances sur les spécifications de tension

Sauf indication contraire, la tolérance donnée dans le Tableau 6 doit être appliquée à la spécification d'une tension d'essai ou d'une tension de polarisation.

Tableau 6 – Tolérances par défaut sur les spécifications de tension

Tension U	Tolérance relative
$U \leq 1\text{ V}$	$\pm 5\%$
$1\text{ V} < U \leq 100\text{ V}$	$\pm 1\%$
$100\text{ V} < U$	$\pm 2\%$

5.3.4 Tolérances sur les spécifications de durée

Sauf indication contraire, la tolérance donnée dans le Tableau 7 doit être appliquée à la spécification d'une durée d'essai.

Tableau 7 – Tolérances par défaut sur les spécifications de durée

Durée t	Tolérance relative	Tolérance absolue
$t \leq 100\text{ h}$	0 / +5 %	—
$100\text{ h} < t \leq 500\text{ h}$	—	0 / +8 h
$500\text{ h} < t \leq 2\,000\text{ h}$	—	0 / +24 h
$2\,000\text{ h} < t$	—	0 / +48 h

5.4 Séchage

Si un séchage assisté est exigé avant de commencer un essai ou un mesurage, l'une des procédures indiquées dans le Tableau 8 doit être appliquée. Sauf indication contraire dans la spécification applicable, la procédure 1 doit être appliquée.

La résistance doit ensuite pouvoir être refroidie dans un dessiccateur en utilisant un déshydratant approprié (de l'alumine active ou du gel de silice, par exemple) et elle doit y rester entre le moment auquel elle est retirée de l'étuve jusqu'au début des essais exigés.

Tableau 8 – Procédures de séchage de l'éprouvette

Procédure	Température °C	Humidité relative %	Durée h
1 ^a	55 ± 2	≤ 20	24 ± 4
2	100 ± 5	Chaleur sèche ^b	96 ± 4
^a La procédure 1 repose sur la spécification des conditions normales de séchage assisté de l'IEC 60068-1:2013, 4.5.			
^b Les conditions de chaleur sèche selon l'IEC 60068-2-2 doivent s'appliquer.			

5.5 Montage des éprouvettes

5.5.1 Généralités

La spécification applicable doit préciser le montage des éprouvettes pour les produits ici concernés. Cette spécification doit, dans toute la mesure du possible, reposer sur des conditions d'application réalistes des produits respectifs lorsqu'ils sont utilisés dans du matériel électronique. La spécification doit exclure tous les effets du montage capables de réduire la sévérité prévue des essais respectifs.

En règle générale, le montage facilite les connexions électriques aux éprouvettes pour tous les essais utilisant une excitation électrique (essai d'endurance avec dissipation thermique, essai d'humidité avec tension de polarisation, par exemple) et pour tous les essais utilisant un mesurage de résistance in situ. Ainsi, les connexions doivent être établies de telle sorte que l'excitation électrique au niveau de chaque éprouvette satisfasse à la condition spécifiée dans les limites de la tolérance indiquée, et que le mesurage de chaque éprouvette satisfasse à l'exigence de précision.

5.5.2 Montage sur des substrats

Les résistances pour montage en surface et les autres résistances conçues pour des cartes de circuit et généralement assemblées sur celles-ci (résistances pour assemblage par trous traversants, par exemple) doivent de préférence être montées sur des substrats adaptés pour les essais.

Ce type de substrats doit être en principe une carte de circuit stratifiée en verre E tissé époxy bimétal, la spécification applicable devant donner les détails importants suivants:

- épaisseur de la carte;
- nombre et épaisseur de la ou des couches de cuivre;
- dimensions des plages de connexion pour les modèles de résistance respectifs;
- espacement des éprouvettes sur une carte (si elles sont plusieurs);
- orientation spatiale sur la carte d'essai;
- disposition et dimensions des conducteurs utilisés pour la connexion des éprouvettes;
- disposition et dimension des autres éléments adjacents aux éprouvettes;
- taille minimale de la carte.

En lieu et place d'une définition distincte d'une carte de circuit stratifiée en verre E tissé époxy bimétal normale, les matériaux définis par certaines normes disponibles telles que l'IEC 61249-2-7, l'IEC 61249-2-22 ou l'IEC 61249-2-35 sont considérés comme étant

suffisamment similaires. Il convient donc qu'ils fassent office de substrat pour les essais des résistances.

La spécification d'une méthode de soudage doit s'appuyer sur les méthodes décrites dans l'IEC 61760-1, avec les détails spécifiés conformément aux conditions indiquées par les normes d'essai de soudage IEC 60068-2-20 et IEC 60068-2-58, selon le cas.

Les spécifications de montage doivent tenir compte des exigences relatives à la qualité d'exécution des assemblages électroniques soudés données dans l'IEC 61191 (toutes les parties).

Les spécifications de montage doivent observer les recommandations de l'IEC 60068-2-47, à chaque fois que le montage des éprouvettes est utilisé pour les besoins de l'essai dynamique (secousses, chocs ou vibrations, par exemple).

5.5.3 Montage sur un châssis d'essai

Les résistances non conçues pour être montées sur des cartes de circuit doivent être montées sur des châssis d'essai adaptés. Cette méthode s'applique également aux résistances dont les broches sont destinées à être soudées sur des cartes de circuit (résistances pour assemblage par trous traversants, par exemple).

Ce châssis est en général composé de barres en matériau conducteur, avec des bornes adaptées à la connexion des éprouvettes, dont la spécification applicable doit donner les détails importants suivants:

- espacement des éprouvettes sur un châssis;
- espacement entre les barres d'un châssis;
- orientation spatiale du châssis;
- superposition des châssis, le cas échéant;
- acheminement et dimensions des conducteurs utilisés pour la connexion des éprouvettes.

Les spécifications de montage doivent tenir compte des exigences applicables relatives à l'assemblage de composants, choisies par exemple parmi les exigences données dans l'IEC 61191-3 pour les composants avec broches (composants par trous traversants).

Les spécifications de montage doivent observer les recommandations de l'IEC 60068-2-47, à chaque fois que le montage des éprouvettes est utilisé pour les besoins de l'essai dynamique (secousses, chocs ou vibrations, par exemple).

5.5.4 Montage sur radiateurs

Les résistances conçues pour être montées sur des radiateurs doivent l'être sur des radiateurs adaptés pour les essais, avec les détails importants suivants donnés dans la spécification applicable:

- matériau, conception et dimensions du radiateur;
- support de dissipation:
 - air, utilisant la convection naturelle ou la convection forcée;
 - liquide de refroidissement: composition du fluide;
- température et débit du support de dissipation, selon le cas;
- position de montage de l'éprouvette;
- fixation de l'éprouvette sur le radiateur;
- interface thermique entre l'éprouvette et le radiateur, selon le cas:
 - surface du radiateur: planéité, rugosité, revêtement;

- matériau d'interface thermique (TIM): matériau, épaisseur, conductivité thermique;
- résistance thermique du radiateur avec le support de dissipation active.

Les spécifications de montage doivent observer les recommandations de l'IEC 60068-2-47, à chaque fois que le montage des éprouvettes est utilisé pour les besoins de l'essai dynamique (secousses, chocs ou vibrations, par exemple).

5.6 Mesurage de la résistance

Les mesurages de la résistance doivent être effectués en utilisant une tension continue de faible amplitude pendant une durée aussi courte que possible, pour que la température de l'élément de résistance n'augmente pas sensiblement pendant le mesurage.

Lorsque des essais sont effectués en séquence, les mesurages finaux d'un essai peuvent être pris comme mesurages initiaux de l'essai suivant.

Si les tensions d'essai engendrent des résultats contradictoires, la tension spécifiée dans le Tableau 9 doit être utilisée comme tension d'arbitrage.

Tableau 9 – Tensions de mesure de résistance

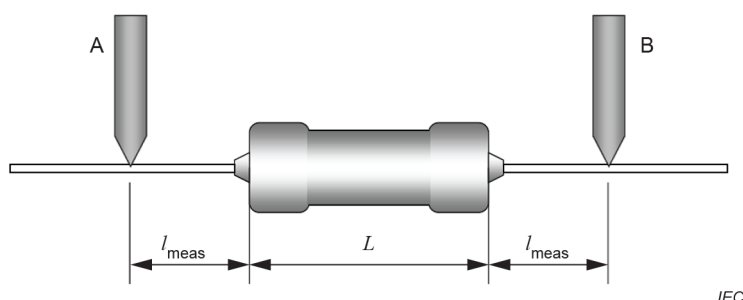
Résistance nominale de l'éprouvette R	Tension de mesure recommandée U_{meas}^a
$R < 10 \, \Omega$	0,1 V
$10 \, \Omega \leq R < 100 \, \Omega$	0,3 V
$100 \, \Omega \leq R < 1 \, \text{k}\Omega$	1 V
$1 \, \text{k}\Omega \leq R < 10 \, \text{k}\Omega$	3 V
$10 \, \text{k}\Omega \leq R < 100 \, \text{k}\Omega$	10 V
$100 \, \text{k}\Omega \leq R < 1 \, \text{M}\Omega$	25 V
$1 \, \text{M}\Omega \leq R$	50 V
La tension de mesure appliquée doit être choisie de sorte que la résistance dissipe moins de 10 % de sa dissipation assignée, $U_{\text{meas}} < \sqrt{0,1 \times P_r \times R}$. La tension de mesure appliquée ne doit pas dépasser la tension limite de l'élément de l'éprouvette, $U_{\text{meas}} \leq U_{\text{max}}$.	
^a Une tolérance relative de $\pm 10\%$ doit s'appliquer à la tension de mesure recommandée U_{meas}.	

L'exactitude exigée de la méthode de mesure, y compris les instruments, dépend de son application:

- Si le mesurage est utilisé pour évaluer la résistance absolue dans les limites de la plage de tolérances spécifiée, comme en 6.1, l'erreur totale ne doit pas dépasser 10 % de cette tolérance.
- Si le mesurage fait partie intégrante d'une séquence d'essais, la variation de résistance doit pouvoir être mesurée avec une erreur ne dépassant pas 10 % de la variation maximale admise pour cette séquence d'essais.

La position des capteurs de mesure de la résistance (capteurs de force, capteurs de détection, par exemple) aux bornes de l'éprouvette doit être correctement définie et être reproductible afin que les mesurages subséquents soient comparables.

Sauf indication contraire dans la spécification applicable, les points de mesure des résistances fixes à broches doivent se trouver sur la broche à une distance de $l_{\text{meas}} = (6 \pm 1)$ mm du corps de la résistance; voir Figure 3.



Légende

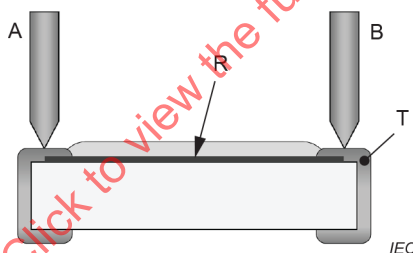
A, B Points de mesure

L Longueur du corps, mesurée selon l'IEC 60294

l_{meas} Distance entre le point de mesure et le corps de la résistance

Figure 3 – Points de mesure normalisés sur une résistance à broches

Sauf indication contraire dans la spécification applicable, les points de mesure des résistances pour montage en surface (SMD) doivent se trouver sur les bornes côté élément résistif; voir Figure 4.



Légende

A, B Points de mesure

R Élément résistif

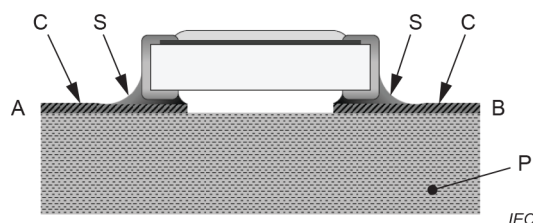
T Borne

Figure 4 – Points de mesure normalisés sur une résistance pour montage en surface

Si la spécification applicable précise de monter les résistances pour montage en surface sur une carte d'essai pour procéder à des essais spécifiques, les points de mesure se trouvent en principe sur cette carte d'essai (voir Figure 5). Il convient que la disposition de ce type de cartes d'essai tienne compte des conducteurs de force et de détection séparés.

Pour des résistances particulières (les résistances pour montage en surface de très faible résistance ou pour les résistances pour montage en surface de précision de très faible résistance, par exemple), la spécification applicable peut indiquer un autre emplacement plus adapté des points d'essai, par exemple sur le côté de l'élément résistif (voir Figure 4). Les recommandations relatives au mesurage de la faible résistance fournies par l'IEC 62812 doivent être prises en compte.

Pour les résistances pour montage en surface, il est inévitable d'avoir la résistance série des bornes latérales du produit et les joints à brasure tendre inclus dans la résistance mesurée.



Légende

- A, B Points de mesure
- C Conducteur (piste en cuivre, par exemple)
- P Substrat (PCB, par exemple)
- S Joint à brasure tendre

NOTE 1 L'emplacement réel des points de mesure dépend de la conception de l'impression conductrice (en fournissant des pistes séparées pour un mesurage à quatre fils, par exemple) et du circuit de mesure.

NOTE 2 La présence ou l'absence d'une couche isolante en haut des parties non utilisées des conducteurs (un masque de brasage, par exemple) n'a en général aucune importance pour le mesurage de la résistance.

Figure 5 – Points de mesure sur une résistance pour montage en surface assemblée

Une évaluation précise de cette résistance supplémentaire est difficile à obtenir, compte tenu de la variation des épaisseurs de couche utilisées pour concevoir les bornes latérales, et de la variation du volume de brasage et de la flèche de l'arc obtenue du cordon de brasure. Toutefois, la très faible résistance supplémentaire anticipée est négligeable pour un grand nombre de résistances.

Si ce type de résistances supplémentaires n'est pas négligeable (pour les produits à très faible résistance, par exemple), le fabricant de ces produits doit fournir une estimation pertinente, reposant de préférence sur les paramètres de conception et/ou sur des mesurages, afin d'indiquer l'amplitude et la variation prévues de la résistance supplémentaire.

6 Mesurages électriques et essais

6.1 Résistance

6.1.1 Objet de cet essai

Cet essai a pour objet de vérifier la conformité de la résistance réelle à sa valeur nominale et à la tolérance spécifiée au moment de l'expédition depuis le fabricant.

NOTE La méthode générique de mesure de la résistance a été séparée de cet essai et est présentée en 5.6.

6.1.2 Préparation des éprouvettes

Si les éprouvettes ont été maintenues dans différentes conditions environnementales, elles doivent être stockées dans les conditions atmosphériques normales pour les essais (voir 5.2.3) et laissées se stabiliser pendant au moins 4 h.

6.1.3 Procédure d'essai

La résistance doit être mesurée comme indiqué en 5.6.

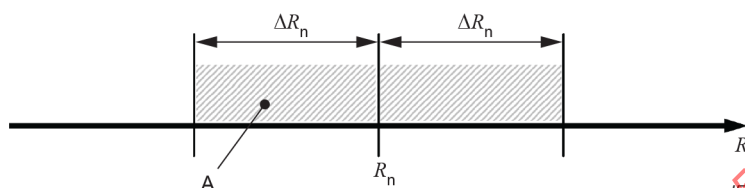
Il est recommandé de réduire la plage de températures admise pour le mesurage de la résistance à une plage se situant autour de la température de référence de 20 °C (une plage comprise entre 19 °C et 25 °C, par exemple).

6.1.4 Exigences

La valeur de résistance mesurable à 20 °C, R_{20} , doit correspondre à la résistance nominale, R_n , en tenant compte de la tolérance spécifiée ΔR_n sur la résistance nominale.

$$R_n - \Delta R_n \leq R_{20} \leq R_n + \Delta R_n$$

La fenêtre d'acceptation, définie par la plage de résistances admissible, est représentée pour une tolérance symétrique à la Figure 6. Pour une tolérance asymétrique, la fenêtre d'acceptation doit être établie en conséquence.



Légende

- R_n Résistance nominale
- ΔR_n Tolérance sur la résistance nominale
- A Plage admissible pour la résistance mesurable à 20 °C

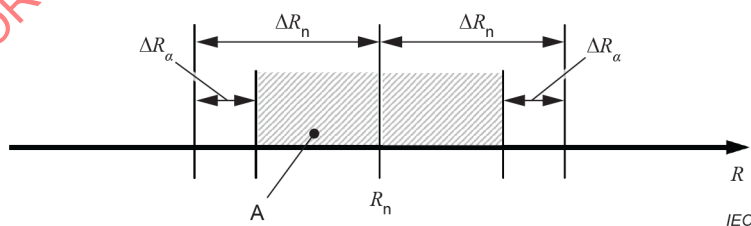
Figure 6 – Plage de résistances admissible en raison de la tolérance

Si le mesurage de la résistance, R_g , a été réalisé à une autre température que 20 °C, ϑ_m , les effets admissibles du coefficient de température de résistance (TCR), α , spécifié pour l'éprouvette, doivent être pris en compte en réduisant de manière efficace la plage de tolérances admissible.

$$\Delta R_\alpha = |\alpha \times (\vartheta_m - 20 \text{ °C})|$$

$$R_n - (\Delta R_n - \Delta R_\alpha) \leq R_g \leq R_n + (\Delta R_n - \Delta R_\alpha)$$

La fenêtre d'acceptation, définie par la plage de résistances admissible, est représentée pour une tolérance symétrique et un TCR symétrique à la Figure 7. Pour une tolérance et/ou un TCR asymétrique, la fenêtre d'acceptation doit être établie en conséquence.



Légende

- R_n Résistance nominale
- ΔR_n Tolérance sur la résistance nominale
- ΔR_α Prise en compte des effets du TCR
- A Plage admissible pour la résistance mesurable à la température ϑ_m

Figure 7 – Plage de résistances admissible en raison de la tolérance et du TCR

6.2 Coefficient de température de résistance

NOTE Dans les précédentes versions du présent document, il s'agissait d'un essai de variation de la résistance avec la température.

6.2.1 Objet de cet essai

Alors que la plupart des matériaux métalliques conducteurs présentent une variation positive importante de leur résistance avec la température, dont la plupart se trouvent dans la plage comprise entre $3\,000 \times 10^{-6}/\text{K}$ et $4\,000 \times 10^{-6}/\text{K}$, la plupart des résistances fixes ont pour principal objectif de ne présenter virtuellement aucune variation de résistance. Par conséquent, un coefficient de température de résistance (TCR) cible commun est de $0 \times 10^{-6}/\text{K}$. Toutefois, comme l'indique la Figure 8, il est impossible d'obtenir ce comportement idéal, les résistances réelles étant spécifiées avec un écart admis par rapport à cette cible idéale, exprimé sous la forme $(0 \pm \alpha_r)$, qui s'applique dans les limites de la plage de températures spécifiée entre LCT et UCT.

NOTE En général, seul l'écart admis du coefficient de température de résistance est donné sous la forme $\pm \alpha_r$.

Cet essai a pour objet de vérifier la conformité de la variation de la résistance avec la température sur l'ensemble de la plage comprise entre la température minimale de catégorie (LCT) et la température maximale de catégorie (UCT) ou sur une autre plage de températures indiquée dans la spécification applicable, avec le coefficient de température de résistance (TCR) spécifié admissible, $(0 \pm \alpha_r)$.

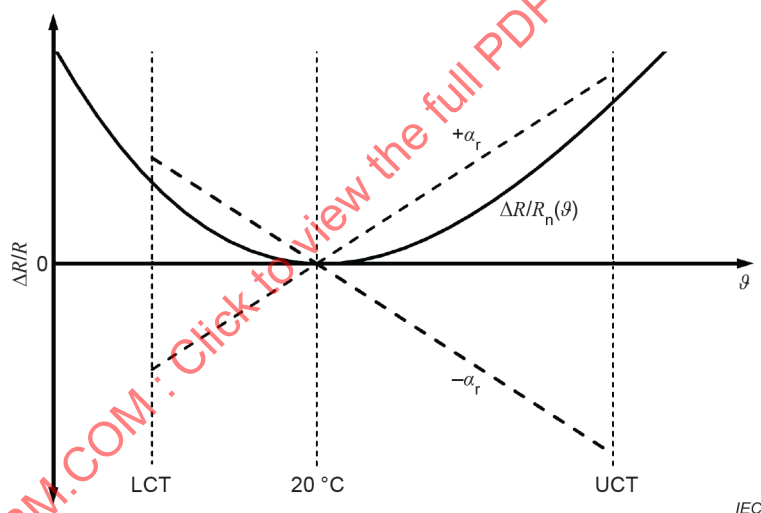


Figure 8 – Variation de la résistance avec la température (exemple)

6.2.2 Préparation des éprouvettes

La résistance doit être séchée conformément à 5.4.

6.2.3 Matériel d'essai et montage des éprouvettes

L'essai peut être réalisé par utilisation séquentielle des chambres, chacune étant réglée à l'une des températures exigées, ou par utilisation d'une chambre pouvant être réglée à chacune des températures exigées dans la séquence. Le système de mesure et de commande de la ou des chambres doit pouvoir atteindre la température exigée dans les limites de la tolérance donnée à l'emplacement d'une éprouvette. Il convient de consulter l'IEC 60068-3-5 pour confirmer les performances de la ou des chambres de température.

Les éprouvettes doivent être montées sur un châssis d'essai ou sur des substrats d'essai de manière à assurer une connexion continue malgré la variation de température appliquée.

6.2.4 Procédure d'essai

Les mesurages de la résistance doivent être réalisés selon la séquence d'étapes indiquée dans le Tableau 10 à chacune des températures exigées, après que la résistance a atteint la stabilité thermique.

La condition de stabilité thermique est réputée être atteinte si deux relevés de résistance pris à au moins 5 min d'intervalle ne diffèrent pas d'une valeur supérieure à celle qui peut être attribuée à l'appareil de mesure.

Tableau 10 – Séquence de températures et de mesures

Étape	Température ^d	Température mesurée	Résistance mesurée
1	20 °C ^a	ϑ_1	R_1
2	LCT ^b	ϑ_{LCT}	R_{LCT}
3	20 °C ^a	ϑ_3	R_3
4	UCT ^c	ϑ_{UCT}	R_{UCT}
5	20 °C ^a	ϑ_5	R_5
^a Une tolérance de +5 °C/–1 °C s'applique à la température nominale de 20 °C. ^b Une tolérance de ±3 °C s'applique à la température minimale de catégorie (LCT). ^c Une tolérance de ±2 °C s'applique à la température maximale de catégorie (UCT). ^d La spécification applicable peut indiquer d'autres valeurs que LCT ou UCT.			

La température de la résistance au moment du mesurage doit être consignée. L'erreur de mesure de la température ne doit pas dépasser 1 °C.

6.2.5 Évaluation des mesurages

Le coefficient de température de résistance α_m entre la température de référence de 20 °C et une température d'essai est en général calculé à partir des relevés de résistance respectifs avec la formule suivante

$$\alpha_m = \frac{\Delta R}{R_{20} \times \Delta \vartheta}$$

où

ΔR est la différence de résistance entre les mesurages à la température d'essai et à la température de référence;

R_{20} est la valeur de résistance à la température de référence de 20 °C;

$\Delta \vartheta$ est la différence entre la température d'essai et la température de référence.

NOTE 1 Conformément à l'IEC 60027-1 et l'ancienne norme ISO 1000, les différences de température sont données en Kelvin.

L'unité de coefficient de température de résistance α est 1/K. Toutefois, le petit ordre de grandeur suggère d'exprimer plutôt les valeurs TCR en sous-multiple décimal 10⁻⁶/K.

NOTE 2 Une expression souvent utilisée pour 10⁻⁶/K est "parties par million par Kelvin", abrégée en ppm/K.

Pour calculer le TCR minimal (TCR froid), α_{LCT} , entre la température de référence et la LCT, la moyenne des mesurages de la température de référence et de la résistance à cette température de référence avant et après le mesurage à la LCT doit être appliquée.

$$\alpha_{LCT} = \frac{(R_{LCT} - R'_{20})}{R'_{20} \times (\vartheta_{LCT} - \vartheta'_{20})}$$

où

R'_{20} est la moyenne des résistances mesurées à l'étape 1 et à l'étape 3, $R'_{20} = \frac{(R_1 + R_3)}{2}$

ϑ'_{20} est la moyenne des températures mesurées à l'étape 1 et à l'étape 3, $\vartheta'_{20} = \frac{(\vartheta_1 + \vartheta_3)}{2}$

Pour calculer le TCR maximal (TCR chaud), α_{UCT} , entre la température de référence et la LCT, la moyenne des mesurages de la température de référence et de la résistance à cette température de référence avant et après le mesurage à la LCT doit être appliquée.

$$\alpha_{UCT} = \frac{(R_{UCT} - R''_{20})}{R''_{20} \times (\vartheta_{UCT} - \vartheta''_{20})}$$

où

R''_{20} est la moyenne des résistances mesurées à l'étape 3 et à l'étape 5, $R''_{20} = \frac{(R_3 + R_5)}{2}$

ϑ''_{20} est la moyenne des températures mesurées à l'étape 3 et à l'étape 5, $\vartheta''_{20} = \frac{(\vartheta_3 + \vartheta_5)}{2}$

Le TCR total obtenu, α , est la valeur maximale des résultats absolus du TCR minimal, α_{LCT} , et du TCR maximal, α_{UCT} .

$$\alpha = \max(|\alpha_{LCT}|; |\alpha_{UCT}|)$$

6.2.6 Exigences

Le coefficient de température de résistance obtenu, α , ne doit pas dépasser l'écart admis α_r du coefficient de température de résistance (TCR), $(0 \pm \alpha_r)$ comme indiqué dans la spécification applicable pour la température de catégorie appropriée:

$$\alpha \leq \alpha_r$$

NOTE L'IEC 62812 relative aux méthodes de mesure pour la faible résistance donne les moyens exigés pour résoudre les problèmes techniques qui ont mené à l'exclusion des résistances inférieures à 10 Ω de la revendication d'une véritable évaluation du TCR dans les révisions précédentes du présent document.

6.3 Inductance

NOTE Dans les précédentes révisions du présent document, il s'agissait de l'essai de réactance.

6.3.1 Objet de cet essai

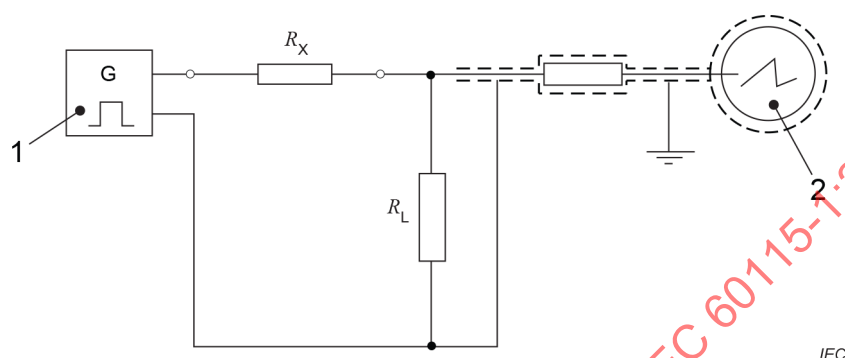
L'essai d'inductance s'applique uniquement aux résistances pour lesquelles une faible inductance est exigée et est précisé dans la spécification applicable. Cet essai est adapté pour l'inductance dans la plage prévue par les résistances bobinées.

6.3.2 Préparation des éprouvettes

Si les éprouvettes ont été maintenues dans différentes conditions environnementales, elles doivent être stockées dans les conditions atmosphériques normales pour les essais (voir 5.2.3) et laissées se stabiliser pendant au moins 4 h.

6.3.3 Circuit d'essai utilisant un générateur d'impulsions

Un circuit d'essai utilisant un générateur d'impulsions est représenté à la Figure 9.



Légende

1 générateur d'impulsions

2 oscilloscope

R_x résistance en essai

R_L résistance non inductive, avec $R_L \approx 0,1 \times R_x$

Il convient que la longueur des fils de connexion entre le générateur et la résistance R_x ne dépasse pas 50 mm.

Figure 9 – Circuit d'essai pour le mesurage de l'inductance

Ce circuit peut être utilisé pour les résistances avec une constante de temps inductive τ_L

$$\tau_L = L_x / R_x \geq 20 \text{ ns}$$

où

L_x est l'inductance de l'éprouvette de résistance;

R_x est la résistance de l'éprouvette de résistance.

La plage de résistances qui peut être soumise à l'essai est comprise entre 100 Ω et 1 M Ω .

Le générateur d'impulsions doit présenter les caractéristiques suivantes:

Largeur des impulsions:	suffisante pour couvrir trois fois la constante de temps L/R ;
Temps de montée, 10 % à 90 %, en charge:	< 3 ns;
Fréquence de répétition:	> 10 kHz, ou le taux exigé pour obtenir une bonne lisibilité sur l'oscilloscope.

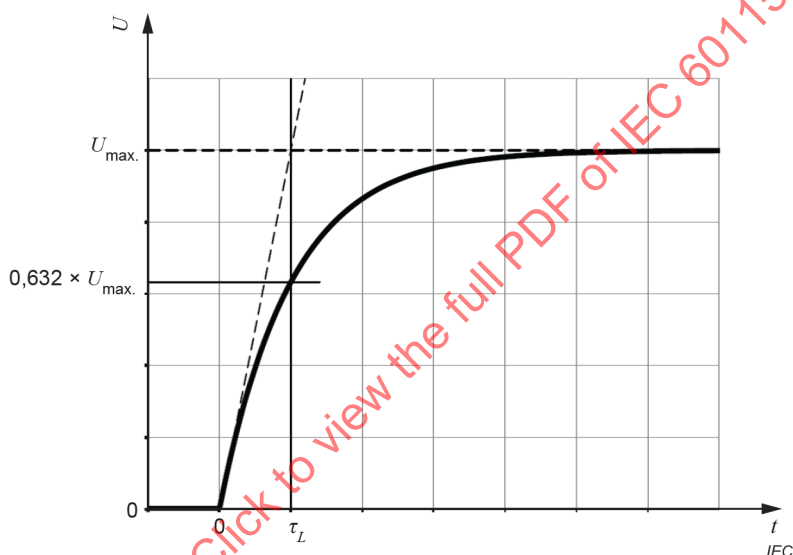
L'oscilloscope doit présenter les caractéristiques suivantes:

Temps de montée, 10 % à 90 %:	< 3,7 ns;
Réponse en fréquence:	≥ 100 MHz;
Base de temps:	≤ 2 ns/division;
Capacité d'entrée à R_L :	≤ 25 pF;
Amplification:	suffisante pour obtenir une bonne lisibilité avec la tension d'impulsion utilisée

6.3.4 Mesurage du temps de montée de la tension

Le courant dans le circuit d'essai augmente progressivement en raison de l'inductance, dès que la tension d'impulsion atteint son niveau maximal. L'oscilloscope trace ce courant comme indiqué par la tension dans la résistance série R_L .

La constante de temps inductive τ_L peut être déterminée comme indiqué à la Figure 10 en relevant la durée dont a besoin la tension pour atteindre 63,2 % de la tension finale $U_{\max}$.



NOTE Il est admis de déterminer le point de tension zéro par extension de la courbe, en cas de bruit ou de distorsion au début de la hausse de tension.

Figure 10 – Hausse de tension exponentielle provoquée par l'inductance

L'inductance de l'éprouvette est calculée par:

$$L_x = \tau_L \times (R_x + R_L)$$

6.3.5 Essai à l'aide d'un analyseur d'impédance

Un analyseur d'impédance haute fréquence adapté ou un matériel d'essai équivalent peut être utilisé à la place du circuit d'essai représenté à la Figure 9.

La fréquence de mesure doit être précisée dans la spécification applicable.

6.3.6 Exigences

L'inductance L , ou la constante de temps inductive τ_L , doit être dans les limites indiquées dans la spécification applicable.

6.4 Coefficient de tension de résistance

6.4.1 Objet de cet essai

Cet essai peut évaluer un coefficient de tension de résistance (VCR), β .

NOTE La faible capacité thermique de nombreux modèles de résistances à couches à faible dissipation ou de résistances pour montage en surface se traduit par une augmentation considérable de la température de l'éprouvette soumise à cet essai.

Ces résistances, fabriquées par exemple avec la technologie de la couche métallique, présentent en général un si faible VCR que le résultat de cette méthode d'essai est probablement dominé par les effets de l'augmentation de la température, même pour les éprouvettes dont la stabilité de température est excellente.

Ces résistances, fabriquées par exemple avec la technologie de l'émail métallique, présentent en général un TCR plus important qui, avec l'augmentation prévue de la température, est susceptible de dominer un VCT plus important prévu pour ce type d'éprouvettes.

6.4.2 Préparation des éprouvettes

La résistance doit être séchée conformément à 5.4.

6.4.3 Procédure d'essai

La résistance doit ensuite être mesurée à 10 % et à 100 % de la tension assignée ou de la tension limite de l'élément, selon celle qui est la plus petite. 100 % de la tension doit être appliquée pendant 0,5 s au maximum sur une période totale de 5 s. 10 % de la tension doit être appliquée pendant les 4,5 s restantes au maximum. Il convient d'éviter une répétition de cette séquence.

Il faut veiller à ce qu'il ne se produise aucune augmentation importante de la température de la résistance.

6.4.4 Évaluation des mesurages

Le coefficient de tension (VCR) β est calculé à l'aide de la formule suivante:

$$\beta = \frac{\frac{R_2 - R_1}{R_1}}{U_{\text{test 2}} - U_{\text{test 1}}} = \frac{R_2 - R_1}{0,9 \times U_{\text{test 2}} \times R_1}$$

où

$U_{\text{essai 1}}$ est la tension d'essai inférieure $U_{\text{essai 1}} = 0,1 \times U_{\text{essai 2}}$;

$U_{\text{essai 2}}$ est la tension d'essai supérieure, $U_{\text{essai 2}} = U_r$ ou $U_{\text{essai 2}} = U_{\text{max}}$, selon celle qui est la plus basse;

R_1 est la résistance mesurée à $U_{\text{essai 1}}$;

R_2 est la résistance mesurée à $U_{\text{essai 2}}$;

NOTE L'unité de coefficient de température de résistance β est 1/V. Toutefois, le petit ordre de grandeur suggère d'exprimer plutôt les valeurs VCR en sous-multiple décimal adapté $10^{-3}/V$, ou $10^{-6}/V$, par exemple.

6.4.5 Exigences

Le coefficient de tension β doit être dans les limites indiquées dans la spécification applicable.

6.5 Non-linéarité

NOTE Cet essai est également appelé "essai de troisième harmonique".

6.5.1 Objet de cet essai

Cet essai évalue l'amplitude de la distorsion non linéaire générée dans une résistance.

Il s'agit d'une méthode d'évaluation de l'intégrité d'un élément résistif, qui peut être appliquée comme une méthode de protection par écran efficace permettant de détecter et d'éliminer les potentielles défaillances précoces des résistances.

Cet essai s'applique aux éprouvettes dont la résistance est comprise entre 1 Ω et 22 M Ω .

6.5.2 Préparation des éprouvettes

Si les éprouvettes ont été maintenues dans différentes conditions environnementales, elles doivent être stockées dans les conditions atmosphériques normales pour les essais (voir 5.2.3) et laissées se stabiliser pendant au moins 4 h.

6.5.3 Procédure d'essai

La non-linéarité des résistances doit être mesurée comme indiqué dans l'IEC 60440, avec la fréquence fondamentale $f_1 = 10$ kHz et donc la fréquence de troisième harmonique $f_3 = 30$ kHz.

Le mesurage doit être réalisé aux conditions ambiantes indiquées en 5.2.3.

Sauf indication contraire précisée dans la spécification applicable, la tension à appliquer doit être la tension assignée ou la tension limite de l'élément, selon celle qui est la moins sévère.

6.5.4 Évaluation des résultats de mesure

Les résultats mesurés doivent être évalués selon conformément à l'IEC 60440:2012, Article 6, pour la détermination du rapport de troisième harmonique A_3 .

6.5.5 Exigences

La spécification applicable doit indiquer une valeur minimale pour le rapport de troisième harmonique A_3 , qui est en principe donnée en fonction de la résistance de l'éprouvette. Le rapport de troisième harmonique A_3 doit dépasser cette limite spécifiée.

De plus, si elle est appliquée à une protection par écran contre les non-linéarités, la spécification applicable peut indiquer une sélectivité supérieure en utilisant une valeur minimale dynamique en fonction de la distribution statistique de la non-linéarité dans un lot analysé (voir l'IEC 60440:2012, 6.2).

6.6 Bruit produit en charge

6.6.1 Objet de cet essai

Cet essai évalue le "caractère bruyant" ou l'amplitude du bruit en charge généré dans les résistances fixes, qui peut être considéré comme réfléchissant la structure granulaire du matériau résistif. Pour certaines technologies de résistances utilisant des couches homogènes, le bruit en charge fournit une indication sur les défauts.

Cet essai s'applique aux éprouvettes dont la résistance est comprise entre 100 Ω et 22 M Ω .

6.6.2 Préparation des éprouvettes

Si les éprouvettes ont été maintenues dans différentes conditions environnementales, elles doivent être stockées dans les conditions ambiantes pour les essais (voir l'IEC 60195:2016, 5.1) et laissées s'ajuster pendant au moins 24 h.

6.6.3 Procédure d'essai

Les résistances doivent faire l'objet de la procédure donnée dans l'IEC 60195.

Le mesurage doit être réalisé aux conditions ambiantes conformément à l'IEC 60195:2016, 5.1.

Sauf indication contraire précisée dans la spécification applicable, la tension à appliquer doit être la tension assignée ou la tension limite de l'élément, selon celle qui est la moins sévère.

6.6.4 Évaluation des résultats de mesure

Les résultats mesurés doivent être évalués conformément à IEC 60195:2016, Article 6, pour la détermination d'un indice de bruit en charge pratique A_1 , ou d'un rapport de tension courant/bruit CNR_U .

6.6.5 Exigences

L'indice de bruit en charge pratique A_1 , ou le rapport de tension courant/bruit CNR_U doit être dans la limite indiquée dans la spécification applicable, qui est en principe donnée en fonction de la résistance de l'éprouvette.

6.7 Augmentation de température

6.7.1 Objet de cet essai

Cet essai évalue l'augmentation de température de l'éprouvette en pleine charge, montée selon les spécifications de la spécification applicable.

Cet essai s'applique aux éprouvettes dont la résistance nominale R_n ne dépasse pas la résistance critique R_{crit} .

$$R_n \leq R_{crit}, \text{ ainsi}$$

$$R_n \leq U_{max}^2 / P_{70}$$

6.7.2 Préparation des éprouvettes

6.7.2.1 Conditionnement des éprouvettes

Si les éprouvettes ont été maintenues dans différentes conditions environnementales, elles doivent être stockées dans les conditions atmosphériques normales pour les essais (voir 5.2.3) et laissées se stabiliser pendant au moins 4 h.

6.7.2.2 Montage des éprouvettes sur un châssis d'essai

Le cas échéant, les éprouvettes doivent être montées sur un châssis d'essai conformément aux indications de la spécification applicable (voir également 5.5.1 et 5.5.3).

Pour l'exécution de cet essai, l'axe longitudinal des éprouvettes doit être aligné à l'horizontale dans une seule couche.

6.7.2.3 Montage des éprouvettes de manière différente

Pour les éprouvettes qui ne sont pas adaptées au montage sur un châssis d'essai ou sur un substrat d'essai, la spécification applicable doit indiquer la méthode de montage adaptée. Cette méthode de montage doit être adaptée à cet essai d'augmentation de température, aux essais d'endurance et à tous les autres essais exigeant de monter les éprouvettes (voir également 5.5.1).

La spécification applicable doit indiquer l'alignement spatial des éprouvettes montées pour cet essai.

6.7.3 Procédure d'essai

L'essai doit être réalisé aux conditions ambiantes indiquées en 5.2.3. Il ne doit y avoir aucune circulation d'air autre que celle produite par convection naturelle générée par la résistance chauffée.

La tension assignée doit être appliquée.

La température au point le plus chaud de la surface de la résistance doit être mesurée après avoir atteint l'équilibre.

La méthode de mesure de la température doit avoir un effet minimal sur l'éprouvette et le mesurage. La thermographie IR est la méthode généralement privilégiée, qui utilise un système à résolution spatiale et thermique suffisante. Des méthodes de mesure par contact peuvent être acceptables, si leur impact sur les conditions thermiques de l'éprouvette peut être réduit le plus possible sous la précision exigée.

6.7.4 Exigences

L'augmentation de température ne doit pas dépasser la limite indiquée dans la spécification applicable.

7 Essais d'endurance

7.1 Endurance à la température assignée de 70 °C

NOTE L'essai est également appelé "essai de durée de vie à charge", sans distinction évidente par rapport à l'essai donné en 7.2. Dans les précédentes révisions du présent document, il s'agissait de l'essai d'endurance à 70 °C.

7.1.1 Objet de cet essai

La dissipation assignée des résistances doit être indiquée en référence à la température assignée, qui est de 70 °C comme indiqué dans le schéma de taux de réduction normalisé de la Figure 11, sauf indication contraire dans la spécification applicable. Cet essai d'endurance est l'essai normalisé pour les résistances.

NOTE Une caractéristique commune des résistances basse puissance est une courbe de taux de réduction représentant la même dissipation P_{70} entre la température minimale de catégorie (LCT) et 70 °C.

La température assignée détermine en général le point de rupture dans un schéma de taux de réduction. La courbe de taux de réduction sous la température assignée jusqu'à la température minimale de catégorie présente une valeur constante au niveau de la dissipation assignée, alors qu'au-dessus de la température assignée, elle présente une pente linéaire jusqu'à la dissipation nulle à la température maximale de l'élément, qui peut être supérieure ou égale à la température maximale de catégorie spécifiée.

7.1.2 Chambre d'essai

La taille de la chambre d'essai et le nombre de résistances en essai doivent être tels que, lorsque toutes les résistances sont totalement chargées, la chaleur qu'elles génèrent doit être inférieure à celle exigée pour maintenir l'atmosphère de la chambre à la température assignée, de sorte que l'élément chauffant puisse toujours contrôler la température. Les capteurs de température doivent être placés à une distance convenable des résistances et doivent être protégés par un écran de manière à ne pas subir l'influence directe du rayonnement de chaleur des résistances.

Il ne doit pas y avoir un courant d'air trop important sur les résistances. Si la circulation d'air forcé est utilisée dans la chambre d'essai, les résistances doivent être protégées des courants d'air autres que ceux générés par convection naturelle.

7.1.3 Montage des éprouvettes

Le montage de l'éprouvette dépend du type de résistances et doit satisfaire aux dispositions de 5.5 et aux dispositions ci-après, sauf indication contraire dans la spécification applicable.

- Les résistances pour montage en surface doivent être montées sur des cartes d'essai adaptées (voir 5.5.2), les détails devant être indiqués dans la spécification applicable.
- Pour les résistances avec broches de borne, qui sont destinées à une utilisation sur des cartes de circuit imprimé, le même montage que celui présenté en c) doit être appliqué, sauf si la spécification applicable précise une carte d'essai adaptée pour le montage de l'éprouvette.
- Les résistances qui ne sont pas principalement destinées à être utilisées sur des cartes de circuit imprimé doivent être connectées par leurs bornes à des clips adaptés sur un châssis en matériau conducteur (voir 5.5.3). Toutes les résistances doivent être montées en position horizontale, en une seule couche, sauf indication contraire dans la spécification applicable. La distance entre les axes des résistances ne doit pas être inférieure à sept fois le diamètre du corps des résistances.

7.1.4 Mesurage initial

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

7.1.5 Température et charge

Insérées dans la chambre d'essai, les résistances doivent être soumises à la température assignée, qui doit être de 70 °C (voir Figure 11) sauf indication contraire dans la spécification applicable. Conformément à 5.3.2, la tolérance admissible en matière de température assignée doit être de ± 2 °C.

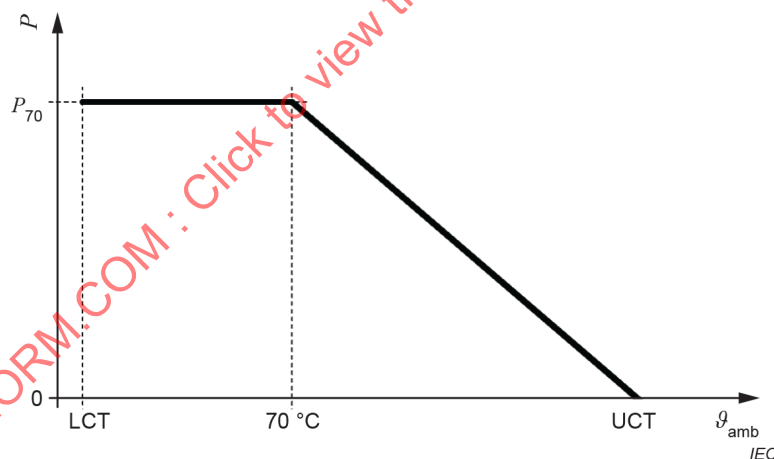


Figure 11 – Courbe de taux de réduction normalisée pour la dissipation assignée P_{70}

Les résistances doivent être soumises à une tension d'essai par cycles de 1,5 h sous tension et 0,5 h hors tension tout au long de l'essai pendant la durée indiquée.

La tension d'essai doit être la tension assignée ou la tension limite de l'élément, selon celle qui est la moins sévère. Elle doit être maintenue dans les limites d'une tolérance relative de ± 5 %. La tension d'essai peut être la tension efficace en courant continu ou en courant alternatif, sauf si des indications particulières sont données dans la spécification applicable.

NOTE Les précédentes révisions de cet essai imposaient des restrictions en matière de dissipations $P \leq 15$ W à fournir par la tension en courant continu, alors que les dissipations $P > 15$ W devaient être fournies par la tension en courant alternatif. Toutefois, les règles relatives à ces conditions font l'objet des spécifications applicables.

7.1.6 Durée

La durée de l'essai d'endurance à la température assignée doit être de 1000^{+24}_0 h, avec une tolérance conforme à 5.3.4. Cela correspond à environ 42 jours.

La spécification applicable peut indiquer une durée prolongée de l'essai (voir 7.1.9).

7.1.7 Mesurages intermédiaires

La spécification applicable peut préciser des durées au-delà desquelles des mesurages de résistance intermédiaires doivent être réalisés (48 h, 168 h ou 500 h, par exemple). Ce type de spécifications de mesure intermédiaire doit également indiquer des exigences adaptées.

NOTE 1 Il relève de la spécification applicable de préciser des mesurages intermédiaires dans le cadre d'un programme d'essais de qualification et en même temps les ignorer ou les rendre facultatifs dans le programme pour les vérifications de conformité à la qualité.

NOTE 2 En principe, il ne serait pas approprié que les exigences de mesure intermédiaire spécifiées soient inférieures à l'exigence spécifiée en matière de durée d'essai normale de 1 000 h.

Pour les mesurages intermédiaires, l'une des méthodes suivantes peut être appliquée, laquelle doit être conservée pour tous les mesurages intermédiaires d'une éprouvette en essai dans le cadre d'un programme d'essai particulier.

- a) Des mesurages de résistance intermédiaires peuvent être réalisés à la température d'essai, si un mesurage de référence supplémentaire à la température d'essai a été réalisé au début de l'essai. Ce type de mesurages à la température d'essai doit être réalisé dans la seconde moitié d'une période hors tension de 0,5 h.
- b) Les résistances peuvent être retirées de la chambre, puis doivent être placées dans les conditions atmosphériques normales pour l'essai pendant une période de 1 h à 4 h avant la réalisation d'un mesurage de résistance intermédiaire. Le retrait de la chambre doit avoir lieu dans la seconde moitié d'une période hors tension de 0,5 h. L'intervalle entre le retrait et le retour d'une éprouvette dans la chambre ne doit pas dépasser 8 h, cet intervalle n'étant toutefois pas pris en compte dans la durée d'essai indiquée.

7.1.8 Examen final et mesurages

Les résistances doivent être retirées de la chambre d'essai, puis peuvent être placées dans les conditions atmosphériques normales pour l'essai pendant une période de 1 h à 4 h après la fin de la durée d'essai.

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

Les résistances doivent faire l'objet d'un examen visuel.

Pour les résistances isolées uniquement, la résistance d'isolement doit ensuite être mesurée comme indiqué en 12.1, à l'aide de la méthode indiquée dans la spécification applicable.

7.1.9 Durée prolongée

Si la spécification applicable le précise, la durée de l'essai doit être prolongée à une durée spécifiée (2 000 h ou 8 000 h, par exemple). Dans ce cas, l'intervalle entre le retrait d'une éprouvette de la chambre après une durée d'essai de 1 000 h et son retour dans la chambre ne doit pas dépasser 8 h. Une tolérance conforme à 5.3.4 doit être appliquée à la durée spécifiée.

La spécification applicable peut préciser des mesurages de résistance intermédiaires selon 7.1.7 pour le prolongement de la durée d'essai.

L'éprouvette doit faire l'objet d'un examen final et des mesurages de 7.1.8 à l'issue de la durée prolongée. La spécification applicable doit préciser les exigences à appliquer après la durée prolongée.

7.1.10 Exigences

La variation de résistance entre le mesurage initial et le mesurage final ne doit pas dépasser la limite précisée dans la spécification applicable.

Il ne doit y avoir aucun dommage visible. Tous les marquages appliqués doivent être lisibles.

Pour les résistances isolées uniquement, la résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à la valeur minimale précisée dans la spécification applicable.

7.2 Endurance à la température ambiante

NOTE L'essai est également appelé "essai de durée de vie à charge", sans distinction évidente par rapport à l'essai donné en 7.1.

7.2.1 Objet de cet essai

L'essai d'endurance à la température assignée décrit en 7.1 peut se révéler inadapté aux résistances de puissance. Le problème est la quantité de chaleur générée pendant l'essai, qui peut mener à l'exigence de contrôle de la chambre à la température assignée inopportune dans une dimension ou un effort raisonnables.

Si ce type de problèmes empêche de procéder à un essai d'endurance à la température assignée, la spécification applicable peut préciser des essais d'endurance à température ambiante.

Ensuite, une dissipation adaptée, dépassant éventuellement la dissipation assignée, peut être appliquée afin d'établir le même niveau de température dans l'élément résistif, comme avec les autres méthodes d'essai d'endurance.

7.2.2 Chambre d'essai

La taille de la chambre d'essai et le nombre de résistances en essai doivent permettre de toujours maintenir la température dans les limites de la plage spécifiée comprise entre 15 °C et 35 °C. Les capteurs de température doivent être placés à une distance convenable des résistances et doivent être protégés par un écran de manière à ne pas subir l'influence directe du rayonnement des résistances.

NOTE Pour les besoins de cet essai d'endurance à température ambiante, une salle prévue à cet effet dans un bâtiment peut faire office de chambre d'essai. Elle doit au moins fournir les mêmes mécanismes de surveillance et de sécurité que ceux en général intégrés dans une chambre d'essai séparée.

Il ne doit pas y avoir un courant d'air trop important sur les résistances. Si la circulation d'air forcé est utilisée dans la chambre d'essai, les résistances doivent être protégées des courants d'air autres que ceux générés par convection naturelle.

7.2.3 Montage des éprouvettes

Le montage de l'éprouvette dépend du type de résistances et doit satisfaire aux dispositions de 5.5 et aux dispositions ci-après, sauf indication contraire dans la spécification applicable.

- a) Les résistances pour montage en surface doivent être montées sur des cartes d'essai adaptées (voir 5.5.2), les détails devant être indiqués dans la spécification applicable.
- b) Pour les résistances avec broches de bornes ou bornes perforées, qui sont destinées à une utilisation sur des cartes de circuit imprimé, le même montage que celui présenté en

d) doit être appliqué, sauf si la spécification applicable précise une carte ou fixation d'essai adaptée pour le montage de ce type d'éprouvettes.

- c) Les résistances à radiateur, c'est-à-dire les résistances conçues pour être assemblées sur des radiateurs dédiés, doivent être montées avec leurs moyens normaux au centre d'un radiateur de référence. L'axe direct de la résistance doit être parallèle à l'axe direct du radiateur. La spécification applicable doit préciser le radiateur de référence à appliquer pour chaque modèle. Les radiateurs doivent être placés sur un matériau présentant une faible conductivité thermique et disposés à l'horizontale de sorte que la température de l'une des résistances n'ait pas d'impact significatif sur celle des autres résistances, et de manière à ne pas gêner la convection naturelle.

La spécification du radiateur doit reposer sur les caractéristiques assignées spécifiées de la résistance:

- la température assignée, qui est la température de l'air ambiant ou du liquide de refroidissement;
- la dissipation assignée;
- la température maximale de l'élément (MET).

Pour une différence de température donnée entre la MET et la température assignée, et un radiateur donné dont la résistance thermique est connue, la dissipation applicable P est déterminée par l'équation suivante:

$$P = \frac{\Delta \vartheta}{R_{th\ e-c} + R_{th\ c-h} + R_{th\ h-a}}$$

où

$\Delta \vartheta$ est la différence entre la température maximale de l'élément et la température assignée;

$R_{th\ e-c}$ est la résistance thermique du composant, attribuée entre l'élément résistif et le plan de montage de la résistance;

$R_{th\ c-h}$ est la résistance thermique de l'interface thermique, attribuée entre le plan de montage de la résistance et le plan de montage du radiateur, et qui est en général composée d'un matériau d'interface thermique (de la graisse ou un secteur d'écran thermique, par exemple) et dépend de la qualité de la fixation (la force de serrage ou le couple des boulons utilisés pour la fixation, par exemple);

$R_{th\ h-a}$ est la résistance thermique du radiateur, attribuée entre son plan de montage et l'air ambiant ou le liquide de refroidissement.

NOTE Les dispositions précédentes de cet essai imposaient des spécifications relatives au matériau et aux dimensions exactes de ces radiateurs de référence en matière de tailles de 410 cm², 544 cm² et 824 cm² respectivement. Toutefois, les règles relatives à ces spécifications font l'objet des spécifications applicables.

- d) Les résistances qui ne sont pas conçues pour être installées sur des radiateurs ni principalement destinées à être utilisées sur des cartes de circuit imprimé doivent être connectées par leurs bornes à des clips adaptés sur un châssis en matériau conducteur (voir 5.5.3). La moitié des éprouvettes doit être montée en position horizontale et l'autre moitié en position verticale, sur une seule couche. La distance entre les axes de la résistance ne doit pas être inférieure à sept fois le diamètre du corps des résistances.

7.2.4 Mesurage initial

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

7.2.5 Température et charge

Insérées dans la chambre d'essai, les résistances doivent être soumises aux conditions atmosphériques normales pour l'essai (voir 5.2.3), qui incluent une spécification selon laquelle la température doit être comprise entre 15 °C et 35 °C. La température d'essai nominale pour cet essai doit donc être de 25 °C.

Les résistances doivent être soumises à une tension d'essai par cycles de 1,5 h sous tension et 0,5 h hors tension tout au long de l'essai pendant la durée indiquée.

La tension d'essai doit être la tension calculée à partir de la dissipation adaptée et de la résistance nominale ou la tension limite de l'élément, selon la valeur qui est la plus petite. Elle doit être maintenue dans les limites d'une tolérance relative de $\pm 5\%$. La tension d'essai peut être la tension efficace en courant continu ou en courant alternatif, sauf si des indications particulières sont données dans la spécification applicable

NOTE Les précédentes révisions de cet essai imposaient des restrictions en matière de dissipations $P \leq 15$ W à fournir par la tension en courant continu, alors que les dissipations $P > 15$ W devaient être fournies par la tension en courant alternatif. Elles avaient également suggéré des dispositions particulières pour les résistances spécifiquement conçues pour les applications en courant continu ou particulièrement pour les résistances à radiateur. Toutefois, les règles relatives à ces conditions font l'objet des spécifications applicables.

La détermination de la dissipation adaptée pour cet essai dépend des caractéristiques assignées et de la courbe de taux de réduction données pour les résistances à soumettre à l'essai:

- a) Pour les résistances dont une dissipation assignée est indiquée pour une température assignée dans les limites de la plage des conditions atmosphériques normales pour l'essai (P_{25} pour une température ambiante de 25 °C, par exemple), cette dissipation assignée doit être appliquée comme étant la dissipation adaptée pour cet essai. Cela indépendamment de l'existence d'une autre dissipation assignée (P_{70} pour la température assignée normalisée de 70 °C, par exemple). Un exemple de courbe de taux de réduction correspondant à ce cas est donné à la Figure 12.

NOTE Les précédentes révisions de cet essai imposaient une disposition particulière pour les résistances à radiateur, demandant généralement que leur dissipation assignée soit la dissipation adaptée pour cet essai. Cela reposait sur une terminologie établissant par la même occasion une exigence en matière de température assignée des résistances à radiateur de 25 °C. Ces conditions font toutefois l'objet des spécifications applicables.

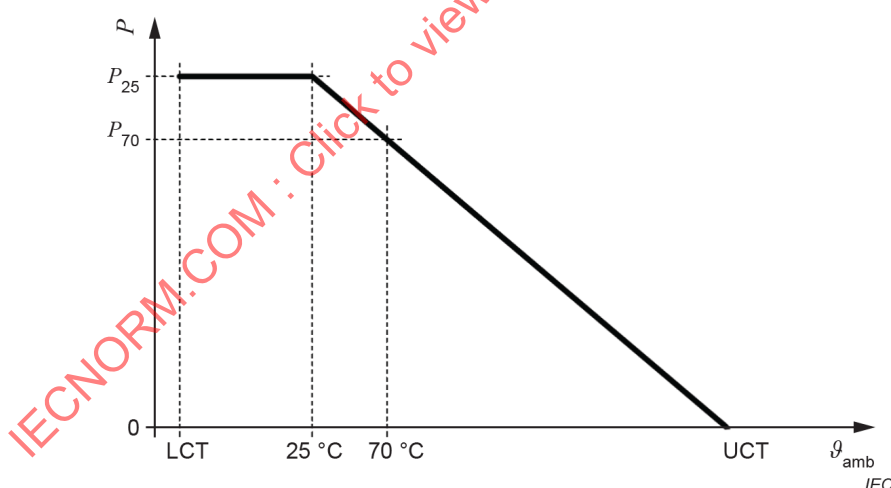


Figure 12 – Courbe de taux de réduction avec spécification d'une dissipation d'essai adaptée

- b) Pour les résistances dont aucune dissipation assignée n'est donnée pour une température assignée dans la plage des conditions atmosphériques normales pour l'essai (seulement une dissipation assignée P_{70} pour la température assignée normalisée de 70 °C, par exemple), la dissipation adaptée pour cet essai doit être déterminée par extrapolation de la pente de la courbe de taux de réduction au-dessus de la température assignée jusqu'à la dissipation nulle pour la température d'essai nominale de 25 °C (souvent appelée mise à niveau). Voir Figure 13.

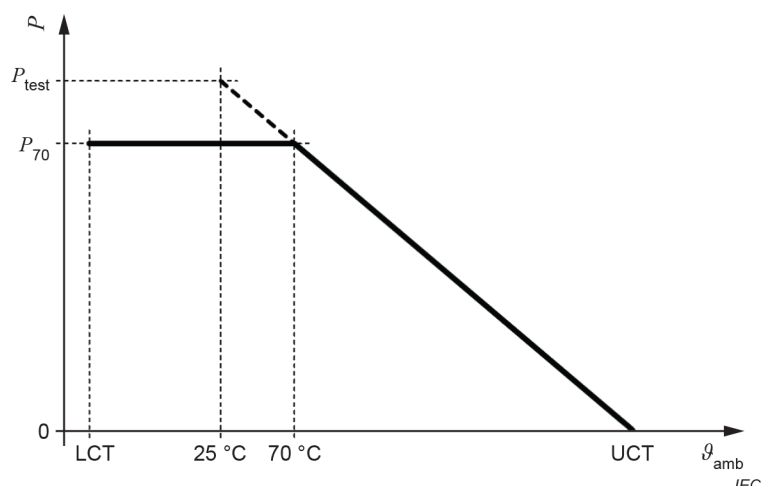


Figure 13 – Courbe de taux de réduction sans spécification d'une dissipation d'essai adaptée

L'extrapolation est réalisée à l'aide de

$$P_{test} = P_r \times \frac{(\theta_{max} - \theta_{amb})}{(\theta_{max} - \theta_r)}$$

où

P_{essai} est la dissipation adaptée pour cet essai;

P_r est la dissipation assignée, probablement P_{70} pour $\theta_r = 70$ °C;

θ_{max} est la température maximale de catégorie pour l'éprouvette, $\theta_{max} = UCT$;

θ_{amb} est la température ambiante pour cet essai, $\theta_{amb} = 25$ °C;

θ_r est la température assignée, probablement $\theta_r = 70$ °C.

NOTE Cette détermination de la dissipation d'essai s'applique, que le schéma de taux de réduction démontre réellement que la dissipation dépasse la dissipation assignée ou pas, c'est-à-dire que la spécification applicable permet la mise à niveau ou pas. L'extrapolation vers la dissipation d'essai ne devient pas partie intégrante du schéma de taux de réduction.

7.2.6 Durée

La durée de l'essai d'endurance à la température assignée doit être de 1000^{+24}_0 h, avec une tolérance conforme à 5.3.4. Cela correspond à environ 42 jours.

La spécification applicable peut indiquer une durée prolongée de l'essai; voir 7.2.9.

7.2.7 Mesurages intermédiaires

La spécification applicable peut préciser des durées au-delà desquelles des mesurages de résistance intermédiaires doivent être réalisés (48 h, 168 h ou 500 h, par exemple). Ce type de spécifications de mesure intermédiaire doit également indiquer des exigences adaptées.

NOTE 1 Il revient à la spécification applicable de préciser des mesurages intermédiaires dans le cadre d'un programme d'essais de qualification et en même temps de les ignorer ou les rendre facultatifs dans le programme pour les vérifications de conformité à la qualité.

NOTE 2 En principe, il ne serait pas approprié que les exigences de mesure intermédiaire spécifiées soient inférieures à l'exigence spécifiée en matière de durée d'essai normale de 1 000 h.

Pour les mesurages intermédiaires, l'une des méthodes suivantes peut être appliquée, laquelle doit être conservée pour tous les mesurages intermédiaires d'une éprouvette en essai dans le cadre d'un programme d'essai particulier.

- a) Des mesurages de résistance intermédiaires peuvent être réalisés à l'intérieur de la chambre d'essai, si un mesurage de référence supplémentaire à l'intérieur de la chambre d'essai a été réalisé au début de l'essai. Ce type de mesurages à l'intérieur de la chambre d'essai doit être réalisé dans la seconde moitié d'une période hors tension de 0,5 h.
- b) Les résistances peuvent être retirées de la chambre, puis doivent être placées dans les conditions atmosphériques normales pour l'essai pendant une période de 1 h à 4 h avant la réalisation d'un mesurage de résistance intermédiaire. Le retrait de la chambre doit avoir lieu dans la seconde moitié d'une période hors tension de 0,5 h. L'intervalle entre le retrait et le retour d'une éprouvette dans la chambre ne doit pas dépasser 8 h; cet intervalle n'étant toutefois pas pris en compte dans la durée d'essai indiquée.

7.2.8 Examen final et mesurages

Les résistances doivent être retirées de la chambre d'essai, puis peuvent être placées dans les conditions atmosphériques normales pour l'essai pendant une période de 1 h à 4 h après la fin de la durée d'essai.

Les résistances doivent faire l'objet d'un examen visuel.

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

Pour les résistances isolées uniquement, la résistance d'isolement doit ensuite être mesurée comme indiqué en 12.1, à l'aide de la méthode indiquée dans la spécification applicable.

7.2.9 Durée prolongée

Si la spécification applicable le précise, la durée de l'essai doit être prolongée à une durée spécifiée (2 000 h ou 8 000 h, par exemple). Dans ce cas, l'intervalle entre le retrait d'une éprouvette de la chambre après une durée d'essai de 1 000 h et son retour dans la chambre ne doit pas dépasser 8 h. Une tolérance conforme à 5.3.4 doit être appliquée à la durée spécifiée.

NOTE Les révisions précédentes de cet essai imposaient une exigence particulière pour les résistances spécifiquement conçues pour des applications en courant continu et une température maximale de l'élément de plus de 200 °C, demandant que la durée de cet essai soit prolongée à 3 000 h ou 5 000 h sans modifier la polarité de la tension d'essai. Toutefois, les règles relatives à ces conditions font l'objet des spécifications applicables.

La spécification applicable peut préciser des mesurages de résistance intermédiaires selon 7.2.7 pour le prolongement de la durée d'essai.

L'éprouvette doit faire l'objet d'un examen final et des mesurages de 7.2.8 à l'issue de la durée prolongée. La spécification applicable doit préciser les exigences à appliquer après la durée prolongée.

7.2.10 Exigences

La variation de résistance entre le mesurage initial et le mesurage final ne doit pas dépasser la limite précisée dans la spécification applicable.

Il ne doit y avoir aucun dommage visible. Tous les marquages appliqués doivent être lisibles.

Pour les résistances isolées uniquement, la résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à la valeur minimale précisée dans la spécification applicable.

7.3 Endurance à la température maximale

NOTE Cet essai est également appelé "essai de stockage". L'essai combine les essais précédents pour l'endurance à la température maximale de catégorie et l'endurance à la température maximale de l'élément.

7.3.1 Objet de cet essai

La résistance au vieillissement des résistances est, entre autres influences, essentiellement attribuée à la température de l'élément résistif lui-même (film, feuille, fil, etc.), où les différents mécanismes physiques peuvent être suspectés favoriser la chaleur générée de manière électrique (c'est-à-dire la dissipation) ou la chaleur appliquée en externe.

Alors que l'endurance à la chaleur générée de manière électrique est évaluée par les essais de 7.1 (Endurance à la température assignée) ou 7.2 (Endurance à la température ambiante), cet essai de 7.3 porte sur l'endurance sous une chaleur appliquée en externe. Elle est souvent associée à des expressions comme "stockage à température élevée", dans lesquelles cette température élevée est la température maximale de catégorie, dont il convient qu'il s'agisse au moins de la température maximale de l'élément (voir 7.3.5 a)).

Si la température maximale de l'élément d'une résistance est particulièrement élevée, le matériau de la borne est également susceptible d'être soumis à des températures trop élevées pour que sa surface reste dans des conditions permettant un bon contact électrique. Ensuite, pour la testabilité, la température maximale de catégorie peut être inférieure à la température maximale de l'élément, l'exigence d'une dissipation restante (c'est-à-dire la dissipation de catégorie) devant être appliquée afin de toujours atteindre la température maximale de l'élément dans la résistance (voir 7.3.5 b) Endurance à la température maximale: UCT avec dissipation de catégorie"). Ces conditions sont soumises aux règles de la spécification applicable.

7.3.2 Chambre d'essai

La taille de la chambre d'essai et le nombre de résistances en essai doivent être tels que, lorsque toutes les résistances sont totalement chargées, la chaleur qu'elles génèrent doit être inférieure à celle exigée pour maintenir l'atmosphère de la chambre à la température assignée, de sorte que l'élément chauffant puisse toujours contrôler la température. Les capteurs de température doivent être placés à une distance convenable des résistances et doivent être protégés par un écran de manière à ne pas subir l'influence directe du rayonnement des résistances. Dans cet essai, il est pris pour hypothèse que la température ambiante des résistances est identique à la température maximale de catégorie.

Il ne doit pas y avoir un courant d'air trop important sur les résistances. Si la circulation d'air forcé est utilisée dans la chambre d'essai, les résistances doivent être protégées des courants d'air autres que ceux générés par convection naturelle.

7.3.3 Montage des éprouvettes

Le montage de l'éprouvette est uniquement exigé s'il est supposé dissiper sa dissipation de catégorie dans cet essai. Le montage de l'éprouvette dépend du type de résistances et doit satisfaire aux dispositions de 5.5 et aux dispositions ci-après, sauf indication contraire dans la spécification applicable.

- a) Les résistances pour montage en surface doivent être montées sur des cartes d'essai adaptées (voir 5.5.2), les détails devant être indiqués dans la spécification applicable.
- b) Pour les résistances avec broches de borne, qui sont destinées à une utilisation sur des cartes de circuit imprimé, le même montage que celui présenté en c) doit être appliqué, sauf si la spécification applicable précise une carte d'essai adaptée pour le montage de l'éprouvette.
- c) Les résistances qui ne sont pas principalement destinées à être utilisées sur des cartes de circuit imprimé doivent être connectées par leurs bornes à des clips adaptés sur un châssis en matériau conducteur (voir 5.5.3). Toutes les résistances doivent être montées en position horizontale, en une seule couche, sauf indication contraire dans la spécification applicable. La distance entre les axes des résistances ne doit pas être inférieure à sept fois le diamètre du corps des résistances.

Les résistances pour lesquelles l'essai doit être réalisé à la dissipation nulle peuvent être insérées dans la chambre sans être montées sur un châssis ou une carte d'essai. Toutefois, la corrélation des mesurages doit être assurée, par exemple par une identification individuelle des éprouvettes.

NOTE L'insertion d'éprouvettes non montées dans la chambre d'essai ne permet pas de procéder à des mesurages intermédiaires à la température d'essai (voir 7.3.7).

7.3.4 Mesurage initial

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

7.3.5 Température et charge

Insérées dans la chambre d'essai, les résistances doivent être soumises à la température maximale de catégorie avec une tolérance admise, selon 5.3.2, de ± 3 °C.

Pour des raisons pratiques, une limitation de la température maximale de catégorie à 200 °C, par exemple, peut être recommandable, qu'il convient d'appliquer selon les caractéristiques assignées et les indications de la spécification applicable.

La détermination de la dissipation adaptée pour cet essai dépend des caractéristiques assignées et de la courbe de taux de réduction données pour les résistances à soumettre à l'essai:

- a) Endurance à la température maximale: UCT. Pour les résistances dont la température maximale de catégorie est au moins égale à la température maximale de l'élément, la dissipation de catégorie est nulle, aucune puissance ne doit donc être dissipée de l'éprouvette. Un exemple de courbe de taux de réduction pour ce cas est donné à la Figure 14.

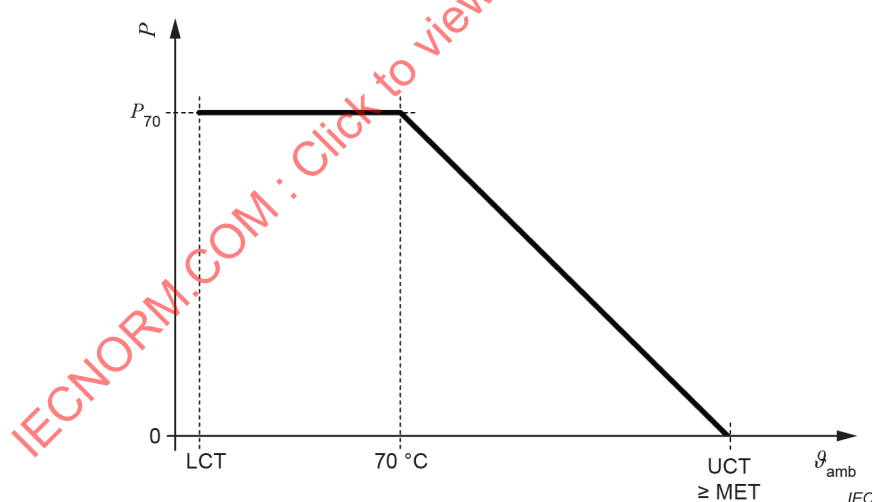


Figure 14 – Courbe de taux de réduction pour $UCT \geq MET$

- b) Endurance à la température maximale: UCT avec dissipation de catégorie. Pour les résistances dont la température maximale de catégorie est inférieure à la température maximale de l'élément, la dissipation de catégorie doit être dissipée de l'éprouvette en cycles de 1,5 h sous tension et 0,5 h hors tension pendant toute la durée spécifiée de l'essai. Un exemple de courbe de taux de réduction pour ce cas est donné à la Figure 15.

NOTE 1 La dissipation de catégorie est la partie de la dissipation assignée déterminée par la courbe de taux de réduction, présentant en général une pente linéaire descendant de la dissipation assignée à température assignée jusqu'à la dissipation nulle à température maximale de l'élément. Les valeurs assignées pour la dissipation de catégorie et pour la température maximale de l'élément sont données par la spécification applicable, avec la spécification générale des températures de catégorie.

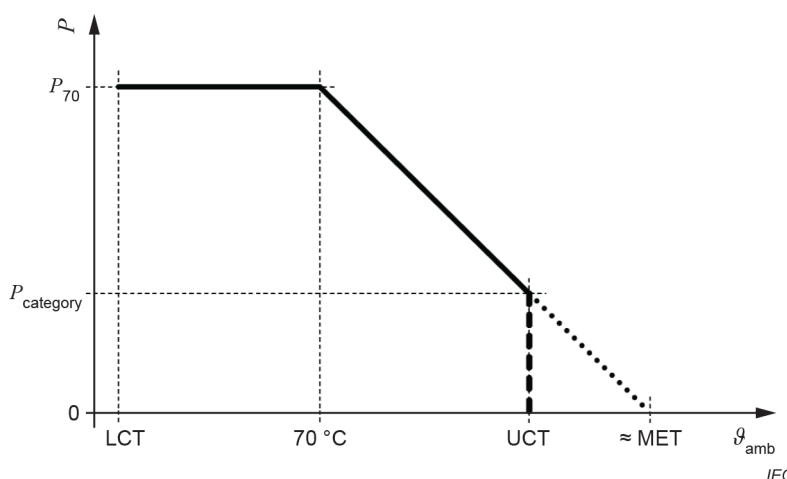


Figure 15 – Courbe de taux de réduction pour UCT < MET

La tension d'essai doit être la tension calculée à partir de la dissipation adaptée et de la résistance nominale ou la tension limite de l'élément, selon la valeur qui est la plus petite. Elle doit être maintenue dans les limites d'une tolérance relative de $\pm 5\%$. La tension d'essai peut être la tension efficace en courant continu ou en courant alternatif, sauf si des spécifications particulières sont données dans la spécification applicable

NOTE 2 Les précédentes révisions de cet essai imposaient des restrictions en matière de dissipations $P \leq 15$ W à fournir par la tension en courant continu, alors que les dissipations $P > 15$ W devaient être fournies par la tension en courant alternatif. Toutefois, les règles relatives à ces conditions font l'objet des spécifications applicables.

7.3.6 Durée

La durée de l'essai d'endurance à la température assignée doit être de 1000^{+24}_0 h, avec une tolérance conforme à 5.3.4. Cela correspond à environ 42 jours.

La spécification applicable peut indiquer une durée prolongée de l'essai (voir 7.3.9).

7.3.7 Mesurages intermédiaires

La spécification applicable peut préciser des durées au-delà desquelles des mesurages de résistance intermédiaires doivent être réalisés (48 h, 168 h ou 500 h, par exemple). Ce type de spécifications de mesure intermédiaire doit également indiquer des exigences adaptées.

NOTE 1 Il relève de la spécification applicable de préciser des mesurages intermédiaires dans le cadre d'un programme d'essais de qualification et en même temps les ignorer ou les rendre facultatifs dans le programme pour les vérifications de conformité à la qualité.

NOTE 2 En principe, il ne serait pas approprié que les exigences de mesure intermédiaire spécifiées soient inférieures à l'exigence spécifiée en matière de durée d'essai normale de 1 000 h.

Pour les mesurages intermédiaires, l'une des méthodes suivantes peut être appliquée, laquelle doit être conservée pour tous les mesurages intermédiaires d'une éprouvette en essai dans le cadre d'un programme d'essai particulier.

- Des mesurages de résistance intermédiaires peuvent être réalisés à la température d'essai, si un mesurage de référence supplémentaire à la température d'essai a été réalisé au début de l'essai. Ce type de mesurages à la température d'essai doit être réalisé dans la seconde moitié d'une période hors tension de 0,5 h.

NOTE 3 Le mesurage intermédiaire à la température d'essai est uniquement réalisable si les éprouvettes sont montées sur un châssis ou une carte d'essai comme indiqué en 7.3.3.

- Les résistances peuvent être retirées de la chambre, puis doivent être placées dans les conditions atmosphériques normales pour l'essai pendant une période de 1 h à 4 h avant

la réalisation d'un mesurage de résistance intermédiaire. Le retrait de la chambre doit avoir lieu dans la seconde moitié d'une période hors tension de 0,5 h. L'intervalle entre le retrait et le retour d'une éprouvette dans la chambre ne doit pas dépasser 8 h, cet intervalle n'étant toutefois pas pris en compte dans la durée d'essai indiquée.

7.3.8 Examen final et mesurages

Les résistances doivent être retirées de la chambre d'essai, puis peuvent être placées dans les conditions atmosphériques normales pour l'essai pendant une période de 1 h à 4 h après la fin de la durée d'essai.

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

Les résistances doivent faire l'objet d'un examen visuel.

Pour les résistances isolées uniquement, la résistance d'isolement doit ensuite être mesurée comme indiqué en 12.1, à l'aide de la méthode indiquée dans la spécification applicable.

7.3.9 Durée prolongée

Si la spécification applicable le précise, la durée de l'essai doit être prolongée à une durée spécifiée (2 000 h ou 8 000 h, par exemple). Dans ce cas, l'intervalle entre le retrait d'une éprouvette de la chambre après une durée d'essai de 1 000 h et son retour dans la chambre ne doit pas dépasser 8 h. Une tolérance conforme à 5.3.4 doit être appliquée à la durée spécifiée.

La spécification applicable peut préciser des mesurages de résistance intermédiaires selon 7.3.7 pour le prolongement de la durée d'essai.

L'éprouvette doit faire l'objet d'un examen final et des mesurages de 7.3.8 à l'issue de la durée prolongée. La spécification applicable doit préciser les exigences à appliquer après la durée prolongée.

7.3.10 Exigences

La variation de résistance entre le mesurage initial et le mesurage final ne doit pas dépasser la limite précisée dans la spécification applicable.

Il ne doit y avoir aucun dommage visible. Tous les marquages appliqués doivent être lisibles.

Pour les résistances isolées uniquement, la résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à la valeur minimale précisée dans la spécification applicable.

8 Essais de surcharge électrique

8.1 Surcharge à court terme

8.1.1 Objet de cet essai

Cet essai a pour objet de déterminer l'aptitude d'une résistance à résister à une simple surcharge d'une dure limitée. Pour les grandes résistances, comme les résistances de puissance, la durée de surcharge pour cet essai est traditionnellement une valeur fixe, alors que pour les petites résistances, comme les résistances à couches à faible dissipation ou les résistances pour montage en surface, la durée de surcharge est un ensemble de valeurs dégressives correspondant à la variété de tailles d'éprouvette.

Pour les résistances à couches à faible dissipation, la durée de surcharge doit être fixée de sorte que la température de surface de crête obtenue soit au moins de 30 K supérieure à la

température maximale de l'élément. Des considérations particulières peuvent s'appliquer aux très petites résistances. Elles doivent être détaillées dans la spécification intermédiaire applicable.

NOTE La masse thermique et la constante de temps des composants SMD communs assemblés sur une carte de circuit sont généralement trop faibles et, de ce fait, l'augmentation de température trop rapide, pour ramener la régulation de la température excessive au-dessus de la température maximale assignée à une valeur limitée par des durées de surcharge spécifiques spécifiées possibles dans la pratique.

8.1.2 Préparation des éprouvettes

8.1.2.1 Conditionnement des éprouvettes

Si les éprouvettes ont été maintenues dans différentes conditions environnementales, elles doivent être stockées dans les conditions atmosphériques normales pour les essais (voir 5.2.3) et laissées se stabiliser pendant au moins 4 h.

8.1.2.2 Montage des éprouvettes sur un substrat d'essai

Le cas échéant, les éprouvettes doivent être montées sur un substrat d'essai conformément aux indications de la spécification applicable (voir également 5.5.1 et 5.5.2).

Pour l'exécution de cet essai, le substrat doit être aligné horizontalement, les éprouvettes étant placées dans leur position naturelle au-dessus de ce plan. Aucun autre substrat ne doit être empilé au-dessus de ce substrat.

8.1.2.3 Montage des éprouvettes sur un châssis d'essai

Le cas échéant, les éprouvettes doivent être montées sur un châssis d'essai conformément aux indications de la spécification applicable (voir également 5.5.1 et 5.5.3).

Pour l'exécution de cet essai, les éprouvettes doivent uniquement être disposées en une seule couche à l'air libre, l'axe longitudinal des éprouvettes étant aligné horizontalement.

8.1.2.4 Montage des éprouvettes de manière différente

Pour les éprouvettes qui ne sont pas adaptées au montage sur un châssis d'essai ou sur un substrat d'essai, la spécification applicable doit indiquer la méthode de montage adaptée. Cette méthode de montage doit être adaptée à cet essai d'augmentation de température, aux essais d'endurance et à tous les autres essais exigeant de monter les éprouvettes (voir également 5.5.1).

Pour les résistances équipées de lames à souder, un fil en cuivre d'environ 1,0 mm de diamètre doit être utilisé pour connecter les résistances.

La spécification applicable doit indiquer l'alignement spatial des éprouvettes montées pour cet essai.

8.1.3 Mesurages initiaux

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

8.1.4 Procédure d'essai

8.1.4.1 Dispositions générales pour cet essai

L'essai doit être réalisé aux conditions ambiantes indiquées en 5.2.3. Les éprouvettes montées doivent être à l'air libre, et il ne doit y avoir aucune circulation d'air autre que celle produite par convection naturelle générée par la résistance chauffée.

La tension d'essai U_{essai} doit ensuite être appliquée aux bornes de la résistance pendant une durée donnée t_{charge} , pour laquelle U_{essai} et une limitation possible de celle-ci et t_{charge} doivent être précisées dans la spécification applicable.

8.1.4.2 Procédure d'essai pour les résistances à couches

Pour les résistances à couches et les résistances pour montage en surface, l'essai de surcharge étant en général réalisé avec $6,25 \times P_r$, la tension d'essai doit donc de préférence être spécifiée comme suit:

$$U_{\text{test}} = 2,5 \times U_r \\ = \sqrt{6,25 \times P_r \times R_n}$$

où la tension d'essai est toutefois limitée comme suit

$$U_{\text{test}} \leq 2 \times U_{\text{max}}$$

Pour les résistances à couches, la durée de surcharge t_{charge} doit être spécifiée selon des durées attribuées en fonction des tailles d'éprouvettes correspondantes, choisies parmi les valeurs préférentielles 0,5 s, 1 s, 2 s, 5 s ou 10 s, avec une tolérance conforme à 5.3.4.

8.1.4.3 Procédure d'essai pour les résistances bobinées

Pour les résistances bobinées, l'essai de surcharge étant en général réalisé avec $10 \times P_r$, la tension d'essai doit donc de préférence être spécifiée comme suit

$$U_{\text{test}} = \sqrt{10 \times U_r} \\ = \sqrt{10 \times P_r \times R_n}$$

où la tension d'essai est toutefois limitée comme suit

$$U_{\text{test}} \leq 2 \times U_{\text{max}}$$

Si aucun U_{max} n'est donné dans la spécification applicable, une valeur limite est en général déduite de la longueur de l'élément résistif.

Pour les résistances bobinées, la durée de surcharge t_{load} doit être spécifiée par une durée fixe, de préférence égale à 5 s ou 10 s, avec une tolérance conforme à 5.3.4.

8.1.5 Rétablissement, examen final et mesurages

L'éprouvette doit se rétablir aux conditions ambiantes selon 5.2.3 afin d'atteindre l'équilibre thermique. La durée doit être comprise entre 1 h et 2 h, sauf indication contraire dans la spécification applicable.

Les résistances doivent faire l'objet d'un examen visuel.

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

8.1.6 Exigences

Il ne doit y avoir aucun dommage visible et le marquage, le cas échéant, doit être lisible.

La variation de résistance entre le mesurage initial et le mesurage final ne doit pas dépasser la limite précisée dans la spécification applicable.

8.2 Essai de surcharge haute tension à une seule impulsion

8.2.1 Objet de cet essai

Cet essai a pour objet de déterminer l'aptitude d'une résistance à résister à des surcharges haute tension occasionnelles. Ces surcharges peuvent se produire sur des résistances si le matériel dans lequel elles sont utilisées est soumis, par exemple, à des surtensions dues à des coups de foudre sur ou à proximité de l'extrémité d'une ligne connectée, à des chocs transitoires sur les lignes de tension de réseau ou à des différences de potentiel entre le réseau d'énergie et le réseau de télécommunication.

NOTE Alors qu'une tension de surcharge répétitive est en général fonction du circuit électronique et augmente la dissipation de puissance du dispositif, une tension transitoire non répétitive est souvent d'origine extérieure. Il est en général pris pour hypothèse que l'effet thermique d'un transitoire non répétitif a totalement disparu avant l'arrivée du transitoire suivant.

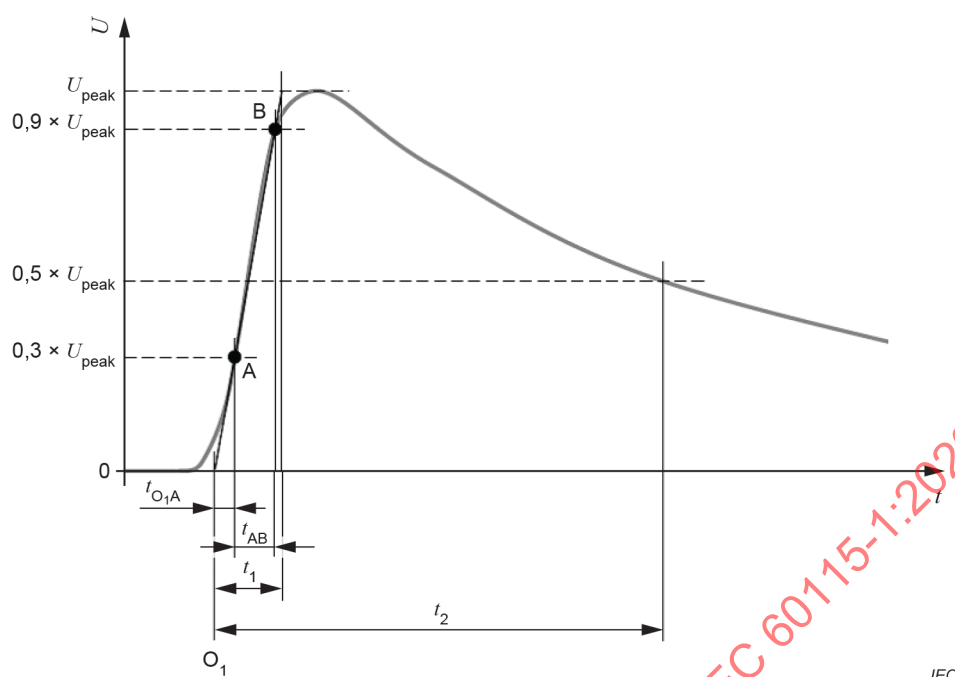
8.2.2 Définition des impulsions haute tension

8.2.2.1 Forme d'ondes des impulsions générique

Les surcharges haute tension occasionnelles proviennent en général d'une interférence se produisant sur les connexions conductrices d'un matériel électronique (après un coup de foudre ou des chocs de courant, par exemple). Par conséquent les formes d'ondes des impulsions appliquées dans cet essai sont adoptées selon les normes spécifiques relatives à ce type d'interférences.

Les impulsions appliquées dans cet essai sont appelées forme d'ondes des impulsions 1,2/50 ou forme d'ondes des impulsions 10/700.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60115-1:2020



Légende

- O_1 Origine virtuelle de la courbe d'impulsion, déterminée par extrapolation de la pente passant par A et B.
- A Points de référence sur la courbe d'impulsion, définis à 30 % de sa tension de crête
- B Points de référence sur la courbe d'impulsion, définis à 90 % de sa tension de crête

Figure 16 – Paramètres d'une tension de choc de foudre en circuit ouvert

La forme d'ondes des impulsions générale, représentée à la Figure 16, est définie selon les dispositions en matière de tensions de choc de foudre, dans lesquelles

t_{O1A} est la durée entre l'origine virtuelle O_1 et le moment où l'impulsion est égale à 30 % de sa valeur crête sur la courbe de tension d'essai, représentée comme étant le point A. Elle est déterminée sous la forme

$$t_{O1A} = 0,3 \times t_1$$

t_{AB} est l'intervalle entre les moments où l'impulsion est égale à 30 % et 90 % de la valeur de crête sur la courbe de tension d'essai, représenté comme étant les points de référence A et B

t_1 est le temps de montée virtuel en circuit ouvert commençant à l'origine virtuelle O_1 , déterminé par

$$t_1 = \frac{1}{0,6} \times t_{AB}$$

t_2 est la durée virtuelle jusqu'à la mi-valeur en circuit ouvert, qui est définie comme étant l'intervalle de temps entre l'origine virtuelle O_1 et le moment où la tension d'essai diminue à 50 % de sa valeur de crête.

NOTE 1 Pour les enregistrements dont les échelles de temps sont linéaires, l'origine virtuelle O_1 est l'intersection avec l'axe de temps d'une ligne droite reliant les points de référence A et B à l'avant.

NOTE 2 Les paramètres, les points et leur définition ci-dessus s'appuient sur les dispositions de l'IEC 60060-1 pour les tensions de choc de foudre et sur les dispositions similaires de l'IEC 61000-4-5 pour les essais d'immunité aux ondes de choc.

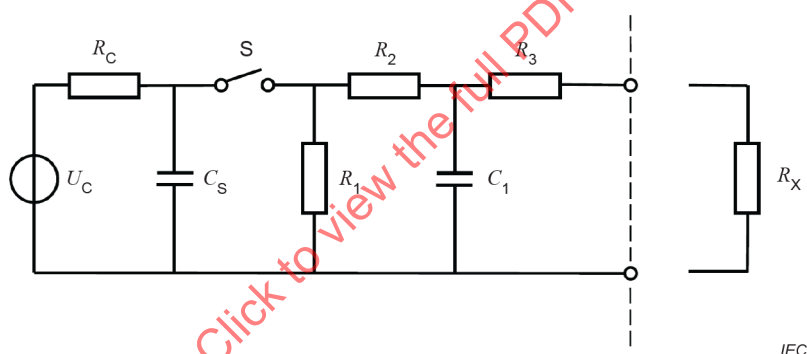
8.2.2.2 Forme d'ondes des impulsions 1,2/50

La forme d'ondes des impulsions 1,2/50 est appelée tension de choc de foudre normalisée conformément à sa définition dans l'IEC 60060-1 et à son application dans les essais CEM pour l'immunité aux ondes de choc des systèmes d'alimentation réseau (dans l'IEC 61000-4-5, par exemple). D'autres références à cette forme d'ondes des impulsions sont connues dans le domaine des télécommunications, pour lesquelles l'UIT-T K.21 applique l'impulsion 1,2/50 (dans le cadre d'essais de coup de foudre des accès connectés à des câbles internes, par exemple).

La valeur 1,2/50 indique une forme d'ondes des impulsions en circuit ouvert avec un temps de montée $t_1 = 1,2 \mu\text{s}$ et une durée jusqu'à la mi-valeur $t_2 = 50 \mu\text{s}$. La dénomination de la forme d'onde de courant en circuit ouvert correspondante générée par la même source est 0,8/20, pour un temps de montée (10 % à 90 % de I_{peak}) de $0,8 \mu\text{s}$ et une durée (50 % de I_{peak} sur la courbe montante à 50 % sur la courbe descendante) de $20 \mu\text{s}$.

La Figure 17 représente un circuit capable de fournir des formes d'ondes des impulsions 1,2/50, dans lequel la tension d'impulsion en circuit ouvert U_{peak} est déterminée par la tension de charge U_C . L'impédance de source du circuit est de

$$R_{\text{source}} = \frac{U_{\text{peak}}}{I_{\text{peak}}} = 37,5 \Omega$$



Légende

- U_C tension de charge
- R_C résistance de charge, par exemple $R_C = 1 \text{ M}\Omega$, détermine la fréquence d'impulsion qu'il est possible d'obtenir
- C_S condensateur de stockage d'énergie, $C_S = 2 \mu\text{F}$
- S commutateur, par exemple, un relais haute tension adapté, un éclateur ou un interrupteur à semiconducteurs
- R_1 résistance de décharge, $R_1 = 33 \Omega$, détermine la durée d'impulsion en circuit ouvert
- R_2 résistance à filtre, $R_2 = 4 \Omega$, détermine le temps de montée et la durée d'impulsion en court-circuit
- C_1 condensateur de filtrage, $C_1 = 0,1 \mu\text{F}$, détermine le temps de montée et la durée d'impulsion en court-circuit
- R_3 résistance de couplage, $R_3 = 33,5 \Omega$, détermine la durée d'impulsion en court-circuit
- R_X éprouvette de résistance

NOTE Différents circuits permettent de générer des impulsions 1,2/50 (dans l'Annexe A de l'UIT-T K.44, par exemple).

Figure 17 – Circuit pour la génération d'impulsions 1,2/50

8.2.2.3 Forme d'ondes des impulsions 10/700

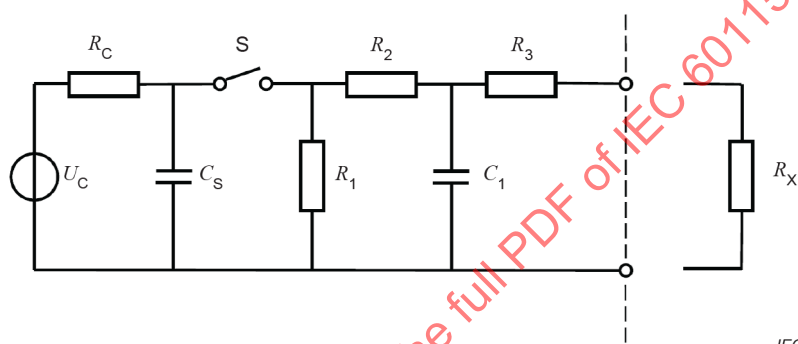
La forme d'ondes des impulsions 10/700 est considérée comme étant une meilleure représentation des surtensions rencontrées dans les réseaux de télécommunications extérieurs développés, tels que présentés à l'Annexe A de l'IEC 61000-4-5:2014 ou dans

l'UIT-T K.21 et UIT-T K.44. L'origine de la forme d'ondes des impulsions 10/1 000 se trouve dans les documents IEEE connexes.

La valeur 10/700 indique une forme d'ondes des impulsions en circuit ouvert avec un temps de montée $t_1 = 10 \mu\text{s}$ et une durée jusqu'à la mi-valeur $t_2 = 700 \mu\text{s}$. La dénomination de la forme d'onde de courant en circuit ouvert correspondante générée par la même source est 5/320, pour un temps de montée (10 % à 90 % de I_{peak}) de 5 μs et une durée (50 % de I_{peak} sur la courbe montante à 50 % sur la courbe descendante) de 320 μs .

La Figure 18 représente un circuit capable de fournir des formes d'ondes des impulsions 10/700, dans lequel la tension d'impulsion en circuit ouvert U_{peak} est déterminée par la tension de charge U_C . L'impédance de source du circuit est de

$$R_{\text{source}} = \frac{U_{\text{peak}}}{I_{\text{peak}}} = 40 \Omega$$



Légende

U_C tension de charge

R_C résistance de charge, par exemple $R_C = 600 \text{ k}\Omega$, détermine la fréquence d'impulsion qu'il est possible d'obtenir

C_S condensateur de stockage d'énergie, $C_S = 20 \mu\text{F}$

S commutateur, par exemple, un relais haute tension adapté, un éclateur ou un interrupteur à semiconducteurs

R_1 résistance de décharge, $R_1 = 50 \Omega$, détermine la durée d'impulsion en circuit ouvert

R_2 résistance à filtre, $R_2 = 15 \Omega$, détermine le temps de montée et la durée d'impulsion en court-circuit

C_1 condensateur de filtrage, $C_1 = 0,2 \mu\text{F}$, détermine le temps de montée et la durée d'impulsion en court-circuit

R_3 résistance de couplage, $R_3 = 25 \Omega$, détermine la durée d'impulsion en court-circuit

R_X éprouvette de résistance

NOTE Ce générateur d'impulsions 10/700 s'apparente à celui proposé à l'Annexe A de l'UIT-T K.44.

Figure 18 – Circuit pour la génération d'impulsions 10/700

8.2.3 Préparation des éprouvettes

8.2.3.1 Conditionnement des éprouvettes

L'éprouvette de résistance soumise à cet essai doit avoir atteint l'équilibre thermique et d'humidité dans les conditions atmosphériques normales des essais.

Si cela est exigé dans la spécification applicable, les résistances doivent être séchées (voir 5.4).

8.2.3.2 Montage des éprouvettes

Le montage de l'éprouvette de résistance, s'il est exigé, doit être précisé dans la spécification applicable.

8.2.4 Matériel d'essai

Le matériel de génération d'impulsions doit être en mesure de fournir la forme d'ondes des impulsions spécifiée à la tension de crête en circuit ouvert U_{peak} indiquée dans la spécification applicable.

L'impédance de source du matériel de génération des impulsions ne doit pas dépasser de plus de 10 % les valeurs indiquées en 8.2.2.

Le matériel de génération des impulsions doit être en mesure de fournir la forme d'ondes des impulsions indiquée à la fréquence de répétition maximale donnée dans le Tableau 11.

8.2.5 Mesurages initiaux

Les résistances doivent faire l'objet d'un examen visuel et la résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

8.2.6 Procédure d'essai et sévérité

La résistance doit être soumise à l'essai dans les conditions atmosphériques normales pour l'essai (voir 5.2.3).

L'essai doit être réalisé avec une sévérité choisie dans le Tableau 11, comme indiqué dans la spécification applicable.

Tableau 11 – Sévérités pour l'essai de surcharge haute tension à une seule impulsion

Sévérité	Forme d'ondes des impulsions t_1 / t_2 μs	Tension d'impulsion U_{peak} la moins sévère parmi		Nombre d'impulsions	Fréquence d'impulsion 1/min
1	1,2/50	—	$10 \times U_{max}$	5	≤ 6
2		—	$15 \times U_{max}$		
3		—	$20 \times U_{max}$		
A ^a		$x \times \sqrt{P_r \times R_n}$	$y \times U_{max}$		
4	10/700 ^c	$10 \times \sqrt{P_r \times R_n}$	$2 \times U_{max}$	10	≤ 1
5		$20 \times \sqrt{P_r \times R_n}$	$3 \times U_{max}$		
6		$30 \times \sqrt{P_r \times R_n}$	$4 \times U_{max}$		
7		$40 \times \sqrt{P_r \times R_n}$	$5 \times U_{max}$		
8		$50 \times \sqrt{P_r \times R_n}$	$6 \times U_{max}$		
B ^b		$x \times \sqrt{P_r \times R_n}$	$y \times U_{max}$		

- ^a Une spécification applicable demandant une sévérité A doit également préciser des coefficients multiplicateurs x et y pour l'ensemble des composants couverts ici, en respectant les limites suivantes: $x \geq 20$ et $y \geq 5$.
- ^b Une spécification applicable demandant une sévérité B doit également préciser des coefficients multiplicateurs x et y pour l'ensemble des composants couverts ici, en respectant les limites suivantes: $x \geq 10$ et $y \geq 2$.
- ^c La forme d'ondes des impulsions 10/1 000 peut être appliquée en lieu et place de la forme d'ondes des impulsions 10/700 spécifiée.

8.2.7 Rétablissement, examen final et mesurages

L'éprouvette doit se rétablir aux conditions ambiantes conformément à 5.2.3 afin d'atteindre l'équilibre thermique. La durée doit être comprise entre 1 h et 2 h, sauf indication contraire dans la spécification applicable.

Les résistances doivent faire l'objet d'un examen visuel.

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

8.2.8 Exigences

Il ne doit y avoir aucun dommage visible. Le marquage, le cas échéant, doit être lisible.

La variation de résistance entre le mesurage initial et le mesurage final ne doit pas dépasser la limite précisée dans la spécification applicable.

NOTE Si aucune limite particulière n'est spécifiée pour l'essai de surcharge haute tension à une seule impulsion, la limite indiquée pour l'essai d'endurance est une condition acceptable.

La spécification applicable peut préciser d'autres exigences adaptées au type de résistances concerné.

8.3 Essai de surcharge haute tension à impulsions périodiques

8.3.1 Objet de cet essai

Cet essai a pour objet de déterminer l'aptitude d'une résistance à résister à de courtes surcharges haute tension périodiques.

Les impulsions appliquées doivent approcher une forme d'ondes des impulsions rectangulaire unipolaire avec les tensions d'impulsion $\hat{U}$, durée d'impulsion t_p et période de répétition des impulsions t_r souhaitées.

8.3.2 Préparation des éprouvettes

8.3.2.1 Conditionnement des éprouvettes

L'éprouvette de résistance soumise à cet essai doit avoir atteint l'équilibre thermique et d'humidité dans les conditions atmosphériques normales des essais.

Si cela est exigé dans la spécification applicable, les résistances doivent être séchées (voir 5.4).

8.3.2.2 Montage des éprouvettes

Le montage de l'éprouvette de résistance, s'il est exigé, doit être précisé dans la spécification applicable.

8.3.3 Mesurages initiaux

Les résistances doivent faire l'objet d'un examen visuel.

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

8.3.4 Matériel d'essai

Le générateur d'impulsions doit être capable de produire une séquence continue de l'impulsion spécifiée avec la période de répétition spécifiée pendant la durée spécifiée de l'essai.

Il faut veiller à ce qu'une autre éprouvette soumise à l'essai en parallèle n'ait aucun impact sur l'impulsion appliquée à une éprouvette. Cela peut exiger d'utiliser un étage de sortie distinct pour chaque éprouvette.

Il peut être avantageux d'appliquer les impulsions en séquence à l'éprouvette d'un groupe soumis à l'essai en parallèle, étant donné que cela peut permettre une conception plus économique du matériel.

8.3.5 Procédure d'essai et sévérité

La résistance doit être soumise à l'essai dans les conditions atmosphériques normales pour l'essai (voir 5.2.3) sauf pour la température, qui doit être de $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ ou telle qu'indiquée dans la spécification applicable.

Les éprouvettes doivent être soumises à une batterie d'impulsions unipolaires à peu près rectangulaires. L'essai doit être réalisé avec une sévérité choisie dans le Tableau 12, avec une sévérité 3 ou comme indiqué dans la spécification applicable. Les tolérances suivantes selon 5.3.4 doivent s'appliquer aux durées spécifiées.

Un seul mesurage intermédiaire est admis (après 24 h ou 48 h d'essai, par exemple) si des éprouvettes défectueuses sont prévues.

8.3.6 Rétablissement, examen final et mesurages

L'éprouvette doit se rétablir aux conditions ambiantes conformément à 5.2.3 afin d'atteindre l'équilibre thermique. La durée doit être comprise entre 1 h et 2 h, sauf indication contraire dans la spécification applicable.

Les résistances doivent faire l'objet d'un examen visuel.

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

Pour les résistances isolées, la résistance d'isolement doit ensuite être mesurée comme indiqué en 12.1, à l'aide de la méthode indiquée dans la spécification applicable.

Tableau 12 – Sévérités pour l'essai de surcharge haute tension à impulsions périodiques

Sévérité	Tension d'impulsions ^a $\hat{U}_{\text{essai}}$ V	Durée d'impulsion ^b t_p μs	Répétition des impulsions ^b		Dissipation moyenne P_m W	Durée de l'essai t_{essai} h
			période t_r μs	fréquence f_r Hz		
1 ^c	$\sqrt{100 \times P_r \times R_n}$	166,7	16 667	60	100 % × P_r	100
		à				
		200	20 000	50		
2	$\sqrt{6,25 \times P_r \times R_n}$	9,3	58	17 241	100 % × P_r	100
		à				
		11,2	70	14 286		
3	$\sqrt{25 \times P_r \times R_n}$	100	2 500	400	100 % × P_r	100
4	$\sqrt{20 \times P_r \times R_n}$	833,3	16 667	60	100 % × P_r	100
		à				
		1 000	20 000	50		

^a La spécification applicable doit indiquer une limitation adaptée de la tension d'impulsion $\hat{U}_{\text{essai}}$, en indiquant par exemple un multiple de la tension limite de l'élément U_{max} .
L'oscillation amortie sur chaque niveau de tension d'impulsion, générée par la transition de tension, ne doit pas dépasser 10 % de la tension d'impulsion $\hat{U}_{\text{essai}}$.

^b La durée d'impulsion t_p et la répétition des impulsions t_r , et donc f_r , doivent être choisies dans les limites des plages indiquées, afin d'établir la dissipation moyenne P_m à 100 % de la dissipation assignée P_r .
Les temps de montée et de descente de chaque impulsion ne doivent pas dépasser 10 % de la durée d'impulsion t_p , ou 2 μs, selon l'exigence qui est la moins sévère.

^c La sévérité 1 est indiquée pour couvrir les exigences particulières d'essai avec des impulsions de surcharge haute tension, et il convient de ne pas l'appliquer dans le cadre d'un essai général.

8.3.7 Exigences

Il ne doit y avoir aucun dommage visible. Le marquage, le cas échéant, doit être lisible.

La variation de résistance entre le mesurage initial et le mesurage final ne doit pas dépasser la limite précisée dans la spécification applicable.

NOTE Si aucune limite particulière n'est spécifiée pour l'essai de surcharge haute tension à une seule impulsion, la limite indiquée pour l'essai d'endurance est une condition acceptable.

La spécification applicable peut préciser d'autres exigences adaptées au type de résistances concerné.

Pour les résistances isolées, la résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à la valeur précisée dans la spécification applicable.

8.4 Essai de surcharge à impulsions périodiques

8.4.1 Objet de cet essai

Cet essai a pour objet de déterminer l'aptitude d'une résistance à résister à des surcharges périodiques, lorsque la dissipation moyenne n'est pas d'une importance majeure.

NOTE 1 Les intervalles d'impulsion spécifiés établissent un cycle de service de 3,85 %, ce qui donne une dissipation moyenne P_m de seulement 57,7 % de la dissipation assignée P_r de l'éprouvette.

NOTE 2 Cet essai est hérité des précédentes générations de spécifications applicables et est présenté ici principalement pour des raisons de continuité. Il est conseillé aux rédacteurs des nouvelles spécifications d'appliquer l'essai de surcharge haute tension à impulsions périodiques de 8.3 au lieu d'une sévérité adaptée.

8.4.2 Préparation des éprouvettes

8.4.2.1 Conditionnement des éprouvettes

L'éprouvette de résistance soumise à cet essai doit avoir atteint l'équilibre thermique et d'humidité dans les conditions atmosphériques normales des essais.

Si cela est exigé dans la spécification applicable, les résistances doivent être séchées (voir 5.4).

8.4.2.2 Montage des éprouvettes

Le montage de l'éprouvette de résistance, s'il est exigé, doit être précisé dans la spécification applicable.

8.4.3 Mesurages initiaux

Les résistances doivent faire l'objet d'un examen visuel et la résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

8.4.4 Procédure d'essai et sévérité

Les résistances doivent être soumises à l'essai dans les conditions atmosphériques normales pour l'essai (voir 5.2.3).

Les éprouvettes doivent être soumises à une batterie d'impulsions unipolaires à peu près rectangulaires. Cet essai de surcharge étant en général réalisé avec $15 \times P_r$, la tension d'essai doit donc de préférence être spécifiée comme suit

$$\begin{aligned}\hat{U}_{\text{test}} &= \sqrt{15 \times U_r} \\ &= \sqrt{15 \times P_r \times R_n}\end{aligned}$$

où la tension d'essai est toutefois limitée comme suit

$$\hat{U}_{\text{test}} \leq 2 \times U_{\text{max}}$$

L'impulsion d'une durée $t_p = 0,1$ s doit être périodiquement répétée à une période de $t_r = 2,6$ s.

Le nombre d'impulsions appliquées doit être $= 1000^{+100}_0$.

8.4.5 Rétablissement, examen final et mesurages

L'éprouvette doit se rétablir aux conditions ambiantes conformément à 5.2.3 afin d'atteindre l'équilibre thermique. La durée doit être comprise entre 1 h et 2 h, sauf indication contraire dans la spécification applicable.

Les résistances doivent faire l'objet d'un examen visuel.

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

8.4.6 Exigences

Il ne doit y avoir aucun dommage visible. Le marquage, le cas échéant, doit être lisible.

La variation de résistance entre le mesurage initial et le mesurage final ne doit pas dépasser la limite précisée dans la spécification applicable.

8.5 Décharge électrostatique

8.5.1 Objet de cet essai

Cet essai a pour objet de déterminer l'aptitude d'une résistance à résister à des décharges électrostatiques (ESD) provenant d'un modèle du corps humain (HBM), qui constitue en général une surcharge haute tension à impulsions pour l'éprouvette de résistance.

NOTE 1 Il existe différentes représentations d'un modèle du corps humain utilisé pour les essais de sensibilité aux décharges électrostatiques, avec différentes valeurs pour le condensateur de stockage C_s et la résistance de décharge R_d . Le modèle du corps humain le plus souvent utilisé pour les essais des composants électroniques avec $C_s = 100$ pF et $R_d = 1,5$ k Ω est présenté dans l'IEC 61340-3-1 et dans l'IEC 60749-26, qui reprennent probablement le MIL-STD-883, Méthode 3015. D'autres applications du même modèle du corps humain sont présentées (dans le JESD22-A114, l'AEC-Q100 et l'AEC-Q101, par exemple).

Un autre modèle du corps humain est présenté (dans l'AEC-Q200, par exemple) avec $C_s = 150$ pF et $R_d = 2$ k Ω .

D'autres modèles dont les valeurs de C_s et R_d sont sensiblement différentes sont définis pour les essais du matériel.

Cet essai a pour objet d'établir et de confirmer une tension minimale de résistance aux décharges électrostatiques pour un ensemble de résistances couvertes par une spécification applicable.

NOTE 2 La résistance source du générateur de décharges électrostatiques, facilitée par la résistance de décharge R_d , produit un diviseur de tension avec la résistance de l'éprouvette R_x . Ainsi, la décharge fournit une dissipation maximale à l'éprouvette, où les deux résistances correspondent, $R_x = R_d$. Étant donné que la durée de décharge augmente avec la résistance de l'éprouvette, l'énergie d'impulsion chargée sur l'éprouvette augmente de manière notable pour une dizaine de résistances d'éprouvette au-dessus du point caractéristique.

La variation naturelle de la robustesse de l'élément résistif (en fonction de son épaisseur de couche, de son diamètre de fil, de la largeur de trajet qui diminue au fur et à mesure de l'augmentation de la résistance, par exemple) rend sa sensibilité aux surcharges d'impulsions fortement dépendante de la résistance réelle de l'éprouvette. De même, il convient de considérer que les variations de technologies appliquées dans les limites de la plage de résistances d'un type de résistances particulier (du matériau de couche appliqué, par exemple) sont une cause de variation appréciable de la sensibilité aux surcharges à impulsions.

Les deux considérations ci-dessus suggèrent que dans un ensemble de résistances de type spécifique, une sensibilité maximale aux décharges électrostatiques pour le modèle du corps humain (HBM) serait déterminée à une résistance d'éprouvette $R_x > R_d$, probablement aux environs de $R_x \approx 10 \times R_d$. En règle générale, cette sensibilité diminue avec la diminution ou l'augmentation de la résistance de l'éprouvette par rapport à cette valeur de sensibilité maximale.

8.5.2 Préparation des éprouvettes

8.5.2.1 Conditionnement des éprouvettes

L'éprouvette de résistance soumise à cet essai doit avoir atteint l'équilibre thermique et d'humidité dans les conditions atmosphériques normales des essais.

Si cela est exigé dans la spécification applicable, les résistances doivent être séchées (voir 5.4).

8.5.2.2 Montage des éprouvettes

Le montage de l'éprouvette de résistance, s'il est exigé, doit être précisé dans la spécification applicable.

8.5.3 Mesurages initiaux

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

8.5.4 Procédure d'essai et sévérité

Les résistances doivent être soumises à l'essai dans les conditions atmosphériques normales pour l'essai (voir 5.2.3).

L'essai de décharge électrostatique pour le modèle du corps humain de l'IEC 61340-3-1 doit être appliqué. La décharge au contact doit être appliquée, c'est-à-dire que le générateur de décharges doit être connecté à l'éprouvette lorsque la décharge est déclenchée dans le générateur.

La tension d'essai de décharge U_{essai} doit être indiquée dans la spécification applicable. Les valeurs préférentielles de U_{essai} sont les suivantes:

300 V; 400 V; 500 V; 600 V; 800 V; 1 000 V; 1 200 V; 1 500 V; 2 000 V;
3 000 V; 4 000 V; 5 000 V; 6 000 V; 8 000 V.

NOTE La série de valeurs préférentielles est conforme à la série arrondie R10" donnée dans l'ISO 497.

L'éprouvette doit être soumise à 3 décharges, suivies de 3 décharges à polarité inverse, à intervalle d'au moins 1 s entre deux décharges. La spécification applicable peut indiquer un autre nombre de décharges par polarité.

8.5.5 Rétablissement, examen final et mesurages

L'éprouvette doit se rétablir aux conditions ambiantes conformément à 5.2.3 afin d'atteindre l'équilibre thermique. La durée doit être comprise entre 1 h et 2 h, sauf indication contraire dans la spécification applicable.

Les résistances doivent faire l'objet d'un examen visuel.

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

8.5.6 Exigences

Il ne doit y avoir aucun dommage visible et le marquage, le cas échéant, doit être lisible.

La variation de résistance entre le mesurage initial et le mesurage final ne doit pas dépasser la limite précisée dans la spécification applicable.

Une classification selon un niveau de sensibilité n'est pas exigée pour les besoins de cette spécification.

9 Mesurages mécaniques et essais

9.1 Examen visuel

9.1.1 Objet de cet essai

L'examen visuel a pour objet de vérifier que l'éprouvette ne présente aucun défaut, ce qui concerne la qualité d'exécution et l'aspect des surfaces externes de l'éprouvette.

Cela inclut l'aspect du marquage appliqué, si cela est spécifié.

L'examen visuel a également pour objet de vérifier l'emballage principal et intermédiaire tolérable des résistances acceptées, si ce type d'emballages est exigé pour contenir l'ensemble de composants automatisé.

Cela comprend l'examen du marquage appliqué.

9.1.2 Instrumentation

Le matériel utilisé pour un examen visuel doit offrir un grossissement et un contraste suffisants, avec une faible distorsion optique pour être sûr de voir les petites particules ou les défauts sur l'éprouvette.

NOTE L'œil nu, les loupes à simple foyer portatives ou les loupes à lentille de Fresnel ne sont en général pas considérés comme satisfaisant à ces exigences fondamentales.

Un microscope optique peut être utilisé pour l'examen visuel des éprouvettes, de préférence un stéréomicroscope offrant un grossissement compris entre $\times 3$ et $\times 10$. Il convient que le microscope offre une longue distance de travail pour permettre la manipulation exigée des éprouvettes. Un microscope à écran de projection peut s'avérer avantageux pour les examens continus.

Il convient d'utiliser un système d'éclairage adapté pour obtenir des images claires. Une lumière filtrée, colorée ou polarisée peut s'avérer avantageuse pour améliorer la perceptibilité de certaines caractéristiques.

Un plus fort grossissement (jusqu'à $\times 50$ ou au-dessus, par exemple) peut être souhaitable pour une vue et une analyse plus détaillées d'une observation initiale.

Des fixations adaptées peuvent être utilisées pour faciliter l'examen, à condition qu'elles n'endommagent pas les éprouvettes.

9.1.3 Exigences

La spécification applicable doit indiquer les détails sur les critères et défauts visuels du type de résistances concerné ici. Il convient qu'elle fournisse des images d'observations visuelles classiques, accompagnées d'une évaluation de ce qui est acceptable ou de ce qui ne l'est pas, comme dans les exemples donnés à l'Annexe D. La liste ci-dessous présente quelques critères de base à prendre en considération:

- a) Les éprouvettes ne doivent présenter aucun signe de contamination ou de corrosion.
- b) Les éprouvettes ne doivent présenter aucun signe de défaut ou de dommage pouvant résulter de la fabrication, de la manipulation ou des essais. Elles ne doivent présenter aucune déformation ni aucun défaut d'alignement inhabituel(le). La spécification applicable doit fournir les critères d'acceptabilité en matière de secousses, de cloques ou de vides dans le revêtement.
- c) Un éventuel défaut d'exposition d'un substrat en céramique ou d'un revêtement vitrifié doit satisfaire aux limites spécifiées.
- d) Les bornes des éprouvettes doivent être correctement alignées dans leur position normale et ne doivent présenter aucun faux pli ni aucune bavure important(e). Un revêtement appliqué ne doit présenter aucun signe de dommage ou de contamination. La spécification applicable doit donner les critères détaillés et quantitatifs d'acceptabilité des observations réalisées sur les bornes.

NOTE Des exemples de critères visuels sont présentés par exemple dans l'IPC-A-610 sur l'acceptabilité des ensembles électroniques.

- e) S'il s'agit d'un sujet d'examen visuel, tous les marquages appliqués doivent être lisibles et doivent satisfaire aux exigences de la spécification applicable.

- f) Les vides dans un marquage alphanumérique sont admis tant que le caractère observé se distingue clairement des autres caractères applicables à cet endroit, et qu'aucune confusion ne peut se produire. Les vides dans le codage de couleur sont admis tant que le groupe de codes couleur appliqués peut être observé selon un angle de vue pertinent et qu'aucune confusion ne peut se produire.

9.2 Calibrage des dimensions

9.2.1 Objet de cet essai

Toutes les dimensions et formes indiquées dans la spécification applicable comme étant adaptées pour le calibrage doivent être vérifiées.

Si aucune dimension n'est indiquée pour le calibrage, les dimensions extérieures du corps de la résistance et de ses bornes doivent être calibrées, selon le cas.

Le calibrage des dimensions peut être remplacé par le mesurage des dimensions indiquées conformément à 9.3.

9.2.2 Instrumentation

9.2.2.1 Dispositions générales pour cet essai

Les dimensions limites sont en général indiquées comme étant des limites absolues. La politique en matière de limites définies selon l'IECQ 03-1:2018, Annexe C, doit être appliquée à la préparation des calibres ou d'autres représentations des fenêtres d'acceptation exigées.

Un matériel utilisé pour le calibrage doit présenter une précision, un grossissement et une résolution géométrique suffisants, selon le cas, pour assurer une précision de 10 % de la tolérance dimensionnelle admise.

Des fixations adaptées peuvent être utilisées pour faciliter l'examen, à condition qu'elles n'endommagent pas les éprouvettes.

9.2.2.2 Calibres mécaniques

Le cas échéant, des calibres mécaniques peuvent être appliqués pour la vérification de la conformité aux limites de dimension indiquées.

Le cas échéant, les mesurages doivent être réalisés conformément à l'IEC 60294.

9.2.2.3 Comparateur optique

Pour les dimensions et propriétés observables d'un point de vue unidirectionnel, un comparateur optique (également appelé projecteur de profil optique) de grossissement suffisant peut être utilisé, avec lequel la vérification de la conformité avec de petites limites de dimension données repose sur des ouvertures dédiées pour chaque dimension examinée. La lumière émise ou la lumière incidente peut être appliquée comme cela est exigé pour l'examen d'une forme extérieure ou d'une caractéristique superficielle.

9.2.2.4 Inspection optique automatique (AOI)

Pour les dimensions et propriétés observables d'un point de vue unidirectionnel, un système d'inspection optique automatique de grossissement et de résolution géométrique suffisants peut être utilisé, avec lequel la vérification de la conformité avec de petites limites de dimension données repose sur la programmation dédiée pour chaque dimension examinée. La lumière émise ou la lumière incidente peut être appliquée comme cela est exigé pour l'examen d'une forme extérieure ou d'une caractéristique superficielle.

9.2.3 Exigences

Chaque dimension calibrée doit se trouver dans les limites de la fenêtre d'acceptation respective selon les limites de dimension précisées dans la spécification applicable.

Chaque forme calibrée doit être conforme à la forme précisée dans la spécification applicable sans déformation notable.

9.3 Dimensions du détail

9.3.1 Objet de cet essai

Toutes les dimensions spécifiées dans la spécification applicable doivent être mesurées et évaluées pour vérifier la conformité aux tolérances spécifiées.

9.3.2 Instrumentation

9.3.2.1 Dispositions générales pour cet essai

Les dimensions limites sont en général indiquées comme étant des limites absolues. La politique en matière de limites définies selon l'IECQ 03-1:2018, Annexe C, doit être appliquée à la préparation des calibres ou d'autres représentations des fenêtres d'acceptation exigées.

Un matériel utilisé pour le calibrage doit présenter une précision, un grossissement et une résolution géométrique suffisants, selon le cas, pour assurer une précision de 10 % de la tolérance dimensionnelle admise.

Des fixations adaptées peuvent être utilisées pour faciliter l'examen, à condition qu'elles n'endommagent pas les éprouvettes.

9.3.2.2 Dispositifs de mesure avec contact

Le cas échéant, des pieds à coulisse ou des micromètres peuvent être utilisés pour mesurer les dimensions, à condition qu'ils ne modifient pas la dimension mesurée ni n'endommagent les éprouvettes.

9.3.2.3 Microscope optique

Un microscope optique peut être adapté au mesurage des dimensions.

Dans une opération séquentielle, l'extrémité d'une dimension de l'échantillon est alignée selon un grossissement adapté avec un réticule fourni dans le plan focal du microscope, puis le niveau est décalé pour aligner l'autre extrémité de la dimension avec le réticule et la détermination de la dimension selon le déplacement mesuré du niveau.

Si le microscope offre une échelle de mesure dans le plan focal, de plus petites dimensions d'une éprouvette visualisée peuvent être déterminées en parcourant la lentille oculaire et prenant en considération le grossissement ajusté.

9.3.2.4 Système de mesure optique numérique

Un système de mesure optique peut être adapté au mesurage manuel ou automatique des dimensions, lesquelles sont évaluées par une image numérique enregistrée dans ce système. La véritable pertinence de ce type de systèmes doit être vérifiée selon la spécification des systèmes.

9.3.3 Exigences

Les valeurs mesurées pour chaque dimension ne doivent pas dépasser les limites spécifiées pour la dimension concernée indiquées dans la spécification applicable.

9.4 Robustesse du corps de la résistance

9.4.1 Objet de cet essai

Cet essai a pour objet de déterminer l'aptitude d'une résistance à résister à une force orthogonale appliquée sur son corps.

Cet essai s'applique aux éprouvettes de taille considérable, c'est-à-dire dont la longueur minimale du corps L est de 25 mm.

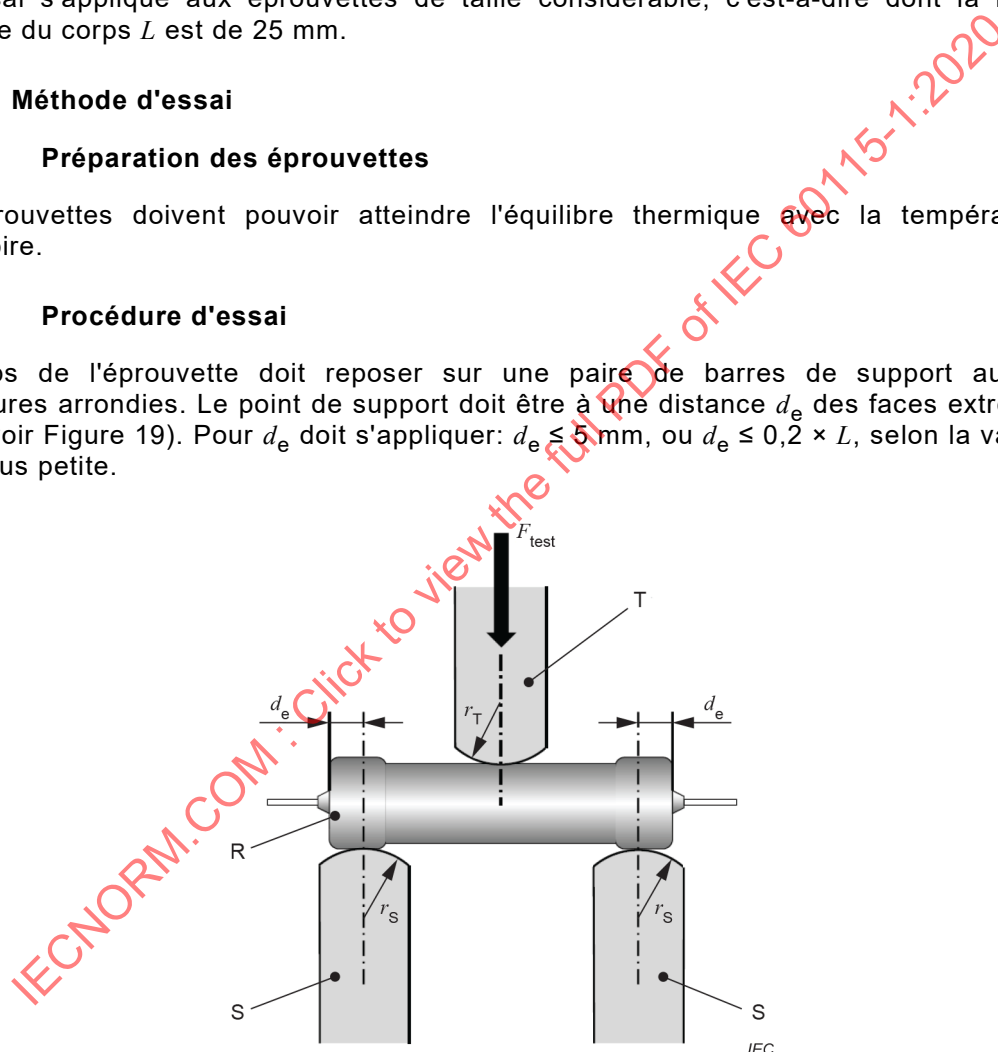
9.4.2 Méthode d'essai

9.4.2.1 Préparation des éprouvettes

Les éprouvettes doivent pouvoir atteindre l'équilibre thermique avec la température de laboratoire.

9.4.2.2 Procédure d'essai

Le corps de l'éprouvette doit reposer sur une paire de barres de support aux faces supérieures arrondies. Le point de support doit être à une distance d_e des faces extrêmes du corps (voir Figure 19). Pour d_e doit s'appliquer: $d_e \leq 5$ mm, ou $d_e \leq 0,2 \times L$, selon la valeur qui est la plus petite.



Légende

- T barre de poussée avec zone de contact arrondie de rayon $r_T \geq 5$ mm
- S barre de support avec zone de contact arrondie de rayon $r_S \geq 5$ mm
- R éprouvette de résistance
- d_e distance du support par rapport à la face extrême respective
- F_{essai} force de poussée

Figure 19 – Essai de robustesse du corps de résistance

Une barre de poussée à surface frontale arrondie doit être utilisée au centre entre les barres de support. Elle doit appliquer une force d'essai F_{essai} augmentant de manière régulière

jusqu'à la valeur précisée dans la spécification applicable, et maintenir cette force pendant une durée d'essai de 10 s.

Une tolérance relative de $\pm 5\%$ doit s'appliquer à la force d'essai et à la durée d'essai.

9.4.3 Rétablissement, examen final et mesurages

Aucun rétablissement n'est exigé pour les éprouvettes soumises à cet essai.

L'éprouvette doit faire l'objet d'un examen visuel après avoir relâché la force d'essai.

Des mesurages électriques ne sont pas recommandés pour cet essai.

9.4.4 Exigences

Le corps de la résistance ne doit pas se casser et ne doit présenter aucune fissure.

9.5 Robustesse des bornes

9.5.1 Objet de cet essai

Ces essais ont pour objet de vérifier que les bornes et leur fixation au corps de résistance résistent à des contraintes mécaniques susceptibles d'être appliquées pendant les opérations normales de montage ou de manipulation.

La spécification applicable doit préciser la méthode d'essai ou la combinaison séquentielle de méthodes d'essai qui doit être appliquée.

L'essai ou la combinaison d'essais doit être appliqué(e) à toutes les bornes de la résistance, sauf si la spécification applicable précise un certain nombre de bornes à soumettre à l'essai pour les éprouvettes de résistance en comportant plus de quatre.

9.5.2 Préparation des éprouvettes

Les essais doivent être appliqués aux éprouvettes de résistance avec leurs bornes habituelles (des fils droits, par exemple).

Les éprouvettes doivent pouvoir atteindre l'équilibre thermique avec la température de laboratoire.

Pour l'essai de torsion, les bornes doivent être pliées à 90° par rapport à leur axe d'origine (voir l'IEC 60068-2-21 concernant l'essai Uc).

9.5.3 Mesurage initial

Les résistances doivent être mesurées comme spécifié en 5.6.

9.5.4 Méthodes d'essai

9.5.4.1 Dispositions générales pour ces méthodes d'essai

Les essais doivent être réalisés dans les conditions atmosphériques normales pour l'essai (voir 5.2.3).

Les résistances doivent être soumises à un essai individuel U_{a1} , U_b ou U_c de l'IEC 60068-2-21 ou à une combinaison séquentielle de ces essais, comme demandé dans la spécification applicable.

9.5.4.2 Essai de traction

Tableau 13 – Force d'essai de traction pour les sorties par fil

Section nominale S mm ²	Diamètre correspondant d pour les fils de section circulaire mm	Force de traction F_p ^a N
$S \leq 0,05$	$d \leq 0,25$	1
$0,05 < S \leq 0,1$	$0,25 < d \leq 0,35$	2,5
$0,1 < S \leq 0,2$	$0,35 < d \leq 0,5$	5
$0,2 < S \leq 0,5$	$0,5 < d \leq 0,8$	10
$0,5 < S \leq 1,2$	$0,8 < d \leq 1,25$	20
$1,2 < S$	$1,25 < d$	40
Pour les fils de section circulaire, les barrettes ou les broches: la section nominale est égale à la valeur calculée à partir de la/des dimensions nominales précisées dans la spécification applicable. Pour les fils à âme divisée, la section nominale est obtenue en prenant la somme des sections des différents brins du conducteur spécifié dans la spécification applicable.		
^a Une tolérance relative de ± 10 % doit être appliquée à la force de traction spécifiée F_p.		

La résistance doit être soumise à l'essai Ua_1 de l'IEC 60068-2-21.

Une force de traction F_p donnée dans le Tableau 13 doit être appliquée aux bornes de fil, de barrette ou de broche. Une force de traction $F_p = 20$ N doit être appliquée aux résistances avec d'autres bornes.

9.5.4.3 Essai de courbure

Cet essai ne s'applique pas aux bornes présentées comme étant rigides par la spécification applicable.

La résistance doit être soumise à l'essai Ub de l'IEC 60068-2-21, procédure de courbure 1, méthode 1.

Cette méthode demande une inclinaison du corps de la résistance à 90° par rapport à sa position verticale initiale, suivie d'un retour à sa position de départ, puis d'une inclinaison immédiate à 90° sur le côté opposé, de nouveau suivie d'un retour à sa position de départ. La courbure de la borne se produit par l'application d'une force de courbure verticale F_b comme indiquée dans l'IEC 60068-2-21 pour cet essai (en suspendant un poids adapté à l'extrémité de la borne, par exemple).

9.5.4.4 Essai de torsion

Cet essai ne s'applique pas aux bornes présentées comme étant rigides par la spécification applicable. Cet essai ne s'applique pas aux résistances à bornes (radiales) unidirectionnelles destinées à être montées sur une carte de circuit.

La résistance doit être soumise à l'essai Uc de l'IEC 60068-2-21, méthode 1, sévérité 2.

Cette méthode demande une rotation de 180° du corps de la résistance par rapport au fil plié sous contrainte, suivie d'une deuxième de 180° dans le sens opposé.

9.5.5 Examen lors d'une combinaison séquentielle d'essais

Si une combinaison séquentielle de méthodes d'essai est précisée dans la spécification applicable, les résistances doivent faire l'objet d'un examen visuel après chaque méthode d'essai.

9.5.6 Rétablissement, examen final et mesurages

Aucun rétablissement n'est exigé pour les éprouvettes soumises à cet essai.

Après l'essai, les résistances doivent faire l'objet d'un examen visuel.

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

9.5.7 Exigences

9.5.7.1 Exigences lors de l'exécution de l'essai

Les exigences suivantes s'appliquent si une combinaison séquentielle de méthodes d'essai est précisée dans la spécification applicable.

Il ne doit y avoir aucun dommage visible.

9.5.7.2 Exigences à la fin de l'essai

Il ne doit y avoir aucun dommage visible.

La variation de résistance entre le mesurage initial et le mesurage final ne doit pas dépasser la limite précisée dans la spécification applicable.

9.6 Robustesse des bornes à tige filetées ou vis

9.6.1 Objet de cet essai

Cet essai s'applique aux bornes composées de tiges filetées ou vis ou de dispositifs à montage intégré (des filetages internes pour la fixation des connexions avec vis, par exemple).

Ces essais ont pour objet de vérifier que les bornes et leur fixation au corps de résistance ou les dispositifs à montage intégré résistent à des couples susceptibles d'être appliqués pendant les opérations normales de montage ou de manipulation.

9.6.2 Préparation des éprouvettes

Toutes les parties et tous les accessoires de fixation de la borne (écrous, rondelles, vis, par exemple) doivent être nettoyés et séchés.

Les éprouvettes doivent pouvoir atteindre l'équilibre thermique avec la température de laboratoire.

9.6.3 Mesurage initial

Les résistances doivent être mesurées comme spécifié en 5.6.

9.6.4 Essai de couple

La résistance doit être soumise à l'essai de couple U_d de l'IEC 60068-2-21, de préférence avec les détails donnés dans le Tableau 14, pour la sévérité précisée dans la spécification applicable.

Tableau 14 – Couple d'essai des tiges filetées, des vis et des dispositifs à montage intégral

Diamètre nominal de filetage mm	Couple ^a	
	Sévérité 1 Nm	Sévérité 2
2,5	0,28	0,14
2,6	0,3	0,15
3	0,5	0,25
3,5	0,8	0,4
4	1,2	0,6
5	2,0	1,0
6	2,5	1,25
^a Une tolérance relative de ± 10 % doit être appliquée aux couples.		

9.6.5 Rétablissement, examen final et mesurages

Aucun rétablissement n'est exigé pour les éprouvettes soumises à cet essai.

Après l'essai, les résistances doivent faire l'objet d'un examen visuel.

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

9.6.6 Exigences

Il ne doit y avoir aucun dommage visible.

La variation de résistance entre le mesurage initial et le mesurage final ne doit pas dépasser la limite précisée dans la spécification applicable.

9.7 Essai de cisaillement

NOTE Cet essai est également appelé "essai d'adhésion".

9.7.1 Objet de cet essai

Cet essai a pour objet d'évaluer la robustesse mécanique des bornes des résistances pour montage en surface, qui sont montées sur un substrat, en soumettant les éprouvettes à une force latérale. Cet essai s'appuie sur l'essai Ue₃ de l'IEC 60068-2-21.

Cet essai ne s'applique pas à d'autres modèles que les composants pour montage en surface.

9.7.2 Préparation de l'éprouvette

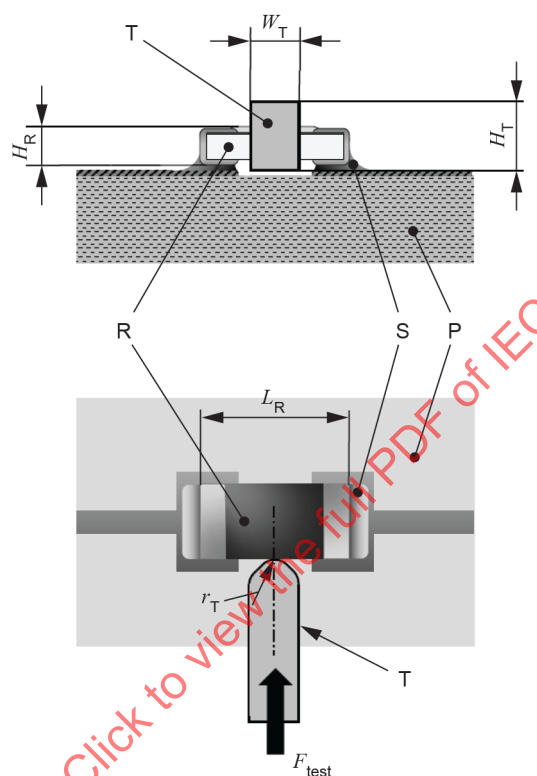
Les résistances pour montage en surface doivent être montées sur un substrat comme indiqué en 5.5.2. La spécification applicable doit préciser le type et les dimensions du substrat, la conception du modèle de circuit et l'alliage à braser à utiliser pour le montage des éprouvettes pour cet essai.

Les éprouvettes doivent pouvoir atteindre l'équilibre thermique avec la température de laboratoire.

9.7.3 Matériel d'essai

Pour procéder aux essais Ue_3 de l'IEC 60068-2-21, le substrat sur lequel est montée l'éprouvette doit être fixé afin que le dispositif qui applique la poussée le fasse parallèlement à sa surface de montage et perpendiculairement à la face latérale de l'éprouvette (voir Figure 20). La hauteur du dispositif de poussée doit dépasser celle de l'éprouvette. Le dispositif de poussée doit être aligné pour être suspendu au-dessus et au-dessous de la surface latérale de l'éprouvette, afin d'éviter tout effet de crantage sur le corps de l'éprouvette.

9.7.4 Procédure d'essai



Légende

- T dispositif de poussée, avec la zone de contact arrondie de rayon $r_T \geq 0,25 \times L_R$
 H_T hauteur du dispositif de poussée, $H_T > H_R$
P substrat
R éprouvette de résistance, de longueur L_R et de hauteur H_R
S joint à brasure tendre
 F_{essai} force de poussée

NOTE L'utilisation de dispositifs de poussée à face plane crée un risque de conception en biseau à partir de ces bords, et donc d'endommager l'éprouvette.

Figure 20 – Essai de cisaillement des résistances pour montage en surface

Les résistances pour montage en surface doivent faire l'objet de la procédure d'essai Ue_3 de l'IEC 60068-2-21. L'une des conditions suivantes doit être appliquée comme indiqué dans la spécification applicable:

- une force d'essai F_{essai} augmentant de manière régulière jusqu'à $F_{\text{essai}} = 5 \text{ N}$ doit être appliquée au corps de la résistance et doit être maintenue pendant $(10 \pm 1) \text{ s}$;
- une force d'essai F_{essai} augmentant de manière régulière jusqu'à une valeur précisée dans la spécification applicable doit être appliquée au corps de la résistance, où la force

spécifiée doit être proportionnelle à la masse moyenne du type de composants soumis à l'essai.

La contrainte peut être immédiatement retirée après avoir atteint la force donnée. La spécification applicable doit préciser les forces d'essai exigées en fonction des masses habituelles des résistances dont il est question ici.

Le dispositif de poussée doit être appliqué sur le côté de l'éprouvette sans choc, et la force d'essai doit être progressivement augmentée et diminuée. Une tolérance relative de $\pm 5\%$ doit être appliquée à la force d'essai spécifiée.

NOTE Le choix de deux sévérités d'essai a été mis en place par la 4^e édition de la présente norme, le choix a) représentant la précédente sévérité. Par conséquent, toute référence à cet essai n'étant pas spécifique au choix a) ou b) en matière de sévérité relève vraisemblablement de la sévérité a).

9.7.5 Rétablissement, examen final et mesurages

Aucun rétablissement n'est exigé pour les éprouvettes soumises à cet essai.

Les bornes des résistances pour montage en surface doivent faire l'objet d'un examen visuel lorsqu'elles sont montées.

Des mesurages électriques ne sont pas recommandés pour cet essai.

9.7.6 Exigences

Il ne doit y avoir aucun dommage visible.

9.8 Essai de courbure du substrat

NOTE Cet essai est également connu sous le nom de "force d'adhérence du revêtement d'extrémité".

9.8.1 Objet de cet essai

Cet essai a pour objet d'évaluer la robustesse mécanique des bornes des résistances pour montage en surface, qui sont montées sur un substrat, en soumettant les bornes d'éprouvette à une force de décollement. L'essai de courbure du substrat utilise l'essai Ue_1 de l'IEC 60068-2-21.

Cet essai ne s'applique pas à d'autres modèles que les composants pour montage en surface.

9.8.2 Préparation des éprouvettes

Les résistances pour montage en surface doivent être montées sur un substrat comme indiqué en 5.5.2.

Le substrat doit être une carte de circuit normale stratifiée en verre E tissé époxy bimétal d'épaisseur nominale de 1,6 mm, sauf pour les modèles de résistance RR1005M et inférieurs, pour lesquels une épaisseur nominale de 0,8 mm doit s'appliquer.

La spécification applicable doit préciser la conception du modèle de circuit et l'alliage à braser à utiliser pour le montage des éprouvettes pour cet essai.

Les éprouvettes doivent pouvoir atteindre l'équilibre thermique avec la température de laboratoire.

9.8.3 Mesurage initial

La résistance de la résistance pour montage en surface doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

9.8.4 Procédure d'essai

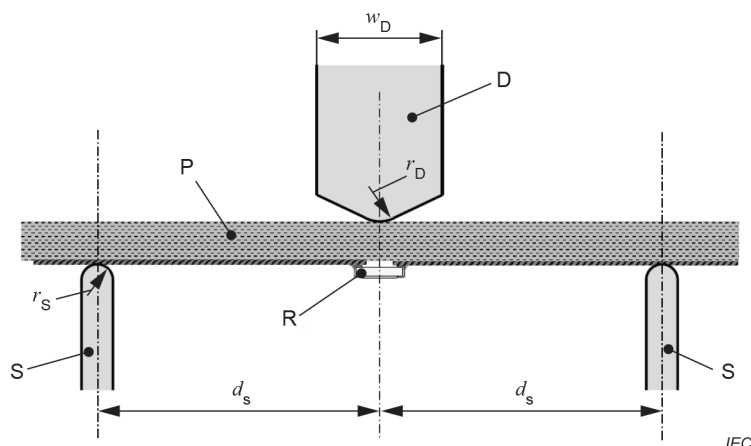
La résistance doit être soumise à l'essai Ue1 de l'IEC 60068-2-21, de préférence avec les détails donnés dans le Tableau 15.

Tableau 15 – Paramètres recommandés pour l'essai de courbure du substrat

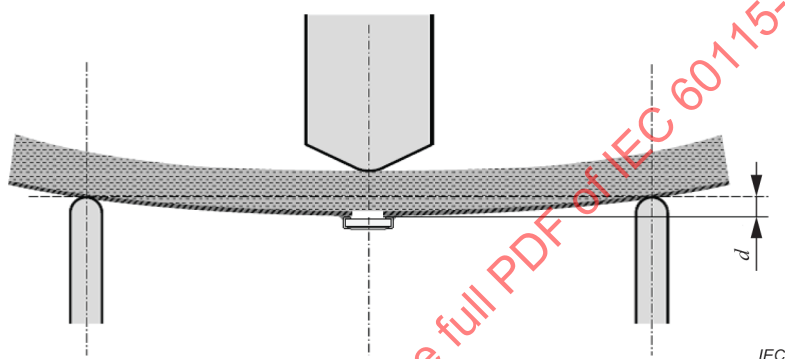
Paramètre	Valeur recommandée
Dévation, d	$(2 \pm 0,2)$ mm
Temps de maintien de la déviation, t_{hold}	(20 ± 1) s
Nombre de déviations, n	3

Dans un gabarit d'essai représenté à la Figure 21, le substrat doit être courbé progressivement jusqu'à une déviation d . Le substrat doit être maintenu en position courbée pendant une durée t_{hold} avant sa remise progressive en position neutre.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60115-1:2020



a) Substrat en position neutre



b) Substrat en position déviée

Légende

- D dispositif de déviation, largeur $w_D = (20 \pm 2)$ mm, avec zone de contact arrondie, $r_D = (5 \pm 0,5)$ mm
- S support, distance $d_s = (45 \pm 2)$ mm, avec zone de contact arrondie, $r_s = (2,5 \pm 0,25)$ mm
- P substrat, comme indiqué dans la spécification applicable
- R éprouvette(s) de résistance
- d déviation

NOTE 1 La longueur minimale adaptée du substrat d'essai est de 100 mm, sauf si un connecteur encartable doit être fixé au substrat à l'extérieur des barres de support.

NOTE 2 Cette vue de côté ne représentant qu'une seule éprouvette n'exclut pas un essai simultané de plusieurs éprouvettes sur le même substrat.

Figure 21 – Essai de courbure du substrat des résistances pour montage en surface

La séquence de courbure, de maintien et de relâchement doit être exécutée n fois successives, et la durée en position neutre doit être identique à t_{hold} .

La continuité électrique doit être surveillée tout au long de l'essai.

La spécification applicable peut préciser d'autres valeurs pour d , t_{hold} et n comme cela est exigé pour le type de composants concerné.

9.8.5 Rétablissement, examen final et mesurages

La résistance des résistances pour montage en surface doit être mesurée comme indiqué en 5.6, avec la carte en position courbée selon la dernière courbure.

La carte imprimée doit quitter la position courbée avant d'être retirée du gabarit d'essai.

Les bornes des résistances pour montage en surface doivent faire l'objet d'un examen visuel lorsqu'elles sont montées.

9.8.6 Exigences

9.8.6.1 Exigences lors de l'exécution de l'essai

À aucun moment de la séquence de déviation, de maintien et de relâchement, la carte d'essai avec l'éprouvette montée ne doit présenter un circuit ouvert.

9.8.6.2 Exigences à la fin de l'essai

La variation de résistance entre le mesurage initial et le mesurage final ne doit pas dépasser la limite précisée dans la spécification applicable.

Il ne doit y avoir aucun dommage visible.

9.9 Secousses

9.9.1 Objet de cet essai

Cet essai a pour objet d'évaluer les effets de chocs répétitifs auxquels les éprouvettes peuvent être soumises pendant le transport ou l'utilisation.

9.9.2 Préparation des éprouvettes

La résistance doit être montée comme indiqué dans la spécification applicable. Cette spécification doit prendre en considération les recommandations de l'IEC 60068-2-47 relatives aux éprouvettes de composant. Les éprouvettes doivent être montées de manière à ne pas être exposées à des résonances provenant du substrat.

Il convient que la spécification applicable prescrive l'utilisation de moyens de fixation mécanique à la carte de circuit ou au socle de fixation, si cela est applicable et généralement utilisé.

Les éprouvettes doivent pouvoir atteindre l'équilibre thermique avec la température de laboratoire.

9.9.3 Mesurages initiaux

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

9.9.4 Procédure d'essai

L'essai doit être réalisé dans les conditions atmosphériques normales pour l'essai (voir 5.2.3).

Les résistances doivent être soumises à l'essai Ea de l'IEC 60068-2-27, de préférence avec les détails donnés dans le Tableau 16.

Tableau 16 – Paramètres recommandés pour l'essai de secousse

Paramètre	Valeur recommandée
Forme d'ondes des impulsions	Demi-sinusoïdale
Accélération maximale, $\hat{a}$	40 g_n (400 m/s ²)
Durée d'impulsion, t_p	6 ms
Nombre d'impulsions, n	(4 000 ± 10) ^a ou (5 000 ± 10) pour chaque axe et direction
Direction des impulsions	chaque direction des trois axes mutuellement perpendiculaires de l'éprouvette
NOTE La recommandation ci-dessus des paramètres d'essai suit les recommandations données dans les révisions antérieures de l'IEC 60068-2-29 concernant l'essai de secousses des composants et autres petites éprouvettes.	
^a Le nombre de 4 000 impulsions a été choisi dans les précédentes éditions de l'IEC 60068-2-29.	

9.9.5 Rétablissement, examen final et mesurages

Aucun rétablissement n'est exigé pour les éprouvettes soumises à cet essai.

Après l'essai, les résistances doivent faire l'objet d'un examen visuel.

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

9.9.6 Exigences

Il ne doit y avoir aucun dommage visible.

La variation de résistance entre le mesurage initial et le mesurage final ne doit pas dépasser la limite précisée dans la spécification applicable.

9.10 Chocs

9.10.1 Objet de cet essai

Cet essai a pour objet d'évaluer les effets de chocs non répétitifs relativement occasionnels appliqués aux éprouvettes, qui peuvent y être soumises pendant le transport ou l'utilisation.

9.10.2 Préparation des éprouvettes

La résistance doit être montée comme indiqué dans la spécification applicable. Cette spécification doit prendre en considération les recommandations de l'IEC 60068-2-47 relatives aux éprouvettes de composant. Les éprouvettes doivent être montées de manière à ne pas être exposées à des résonances provenant du substrat.

Il convient que la spécification applicable prescrive l'utilisation de moyens de fixation mécanique à la carte de circuit ou au socle de fixation, si cela est applicable et généralement utilisé.

Les éprouvettes doivent pouvoir atteindre l'équilibre thermique avec la température de laboratoire.

9.10.3 Mesurages initiaux

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

9.10.4 Procédure

L'essai doit être réalisé dans les conditions atmosphériques normales pour l'essai (voir 5.2.3).

Les résistances doivent être soumises à l'essai Ea de l'IEC 60068-2-27, de préférence avec les détails donnés dans le Tableau 17.

Tableau 17 – Paramètres recommandés pour l'essai de choc

Paramètre	Valeur recommandée		
Forme d'ondes des impulsions	Demi-sinusoïdale		
Accélération maximale, $\hat{a}$ ^a	100 g_n (1 000 m/s ²)	ou	50 g_n (500 m/s ²)
Durée d'impulsion, t_p ^a	6 ms		11 ms
Nombre d'impulsions, n	3 pour chaque axe et direction		
Direction des impulsions	Chaque direction des trois axes mutuellement perpendiculaires de l'éprouvette		
NOTE La spécification des paramètres de sévérité donnée ci-dessus suit les recommandations de l'IEC 60068-2-27:2008, Annexe A, relatives à l'essai de choc des composants et autres petites éprouvettes.			
^a La spécification applicable doit de préférence préciser l'un des jeux de paramètres recommandés.			

9.10.5 Rétablissement, examen final et mesurages

Après l'essai, les résistances doivent faire l'objet d'un examen visuel.

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

9.10.6 Exigences

Il ne doit y avoir aucun dommage visible.

La variation de résistance entre le mesurage initial et le mesurage final ne doit pas dépasser la limite précisée dans la spécification applicable.

9.11 Vibration

9.11.1 Objet de cet essai

Cet essai a pour objet d'évaluer la robustesse mécanique des éprouvettes de résistance soumises à des vibrations sinusoïdales. Ces vibrations sont susceptibles de se produire, par exemple, à proximité de machines rotatives.

Les essais de vibrations s'appuient sur l'essai Fc de l'IEC 60068-2-6, avec sa méthode d'endurance par balayage.

9.11.2 Préparation des éprouvettes

La résistance doit être montée comme indiqué dans la spécification applicable. Cette spécification doit prendre en considération les recommandations de l'IEC 60068-2-47 relatives aux éprouvettes de composant. Les éprouvettes doivent être montées de manière à ne pas être exposées à des résonances provenant du substrat.

Il convient que la spécification applicable prescrive l'utilisation de moyens de fixation mécanique à la carte de circuit ou au socle de fixation, si cela est applicable et généralement utilisé.

Les éprouvettes doivent pouvoir atteindre l'équilibre thermique avec la température de laboratoire.

9.11.3 Mesurages initiaux

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

9.11.4 Procédure d'essai

L'essai doit être réalisé dans les conditions atmosphériques normales pour l'essai (voir 5.2.3).

Les résistances doivent être soumises à l'essai Fc de l'IEC 60068-2-6, de préférence en utilisant la méthode d'endurance par balayage avec les détails donnés dans le Tableau 18.

Tableau 18 – Paramètres recommandés pour l'essai de vibration

Paramètre	Valeur recommandée
Méthode d'essai	Endurance par balayage
Plage de fréquences	$f_1 = 10 \text{ Hz}$; à $f_2 = 2\,000 \text{ Hz}$
Amplitude de déplacement	$d = 1,5 \text{ mm}$, ou $\dot{a} = 200 \text{ m/s}^2$, selon la valeur la moins sévère
Durée des vibrations ^b	$n = 10$ cycles de balayage ^a dans chaque axe
Direction des impulsions	Chacun des trois axes mutuellement perpendiculaires de l'éprouvette
^a Un cycle de balayage est la traversée progressive de la fréquence entre une fréquence de début f_1 et une fréquence d'arrêt f_2 , suivie d'un retour à la fréquence de début f_1 : $f_1 \rightarrow f_2 \rightarrow f_1$. ^b À la fréquence de balayage spécifiée d'environ une octave par minute, la durée est de 2,5 h pour chaque axe, soit un total de 7,5 h pour l'ensemble de l'essai de vibrations.	

Pour des résistances plus importantes (d'une masse supérieure à 10 g, par exemple) ou de construction complexe, la spécification applicable doit préciser les paramètres d'essai adaptés.

9.11.5 Mesurages pendant l'exécution de l'essai

Si cela est précisé dans la spécification applicable, un mesurage électrique doit être réalisé lors du dernier cycle de balayage de fréquence dans chaque sens de déplacement. Le mesurage électrique doit vérifier les contacts intermittents, le circuit ouvert ou le court-circuit.

9.11.6 Rétablissement, examen final et mesurages

Aucun rétablissement n'est exigé pour les éprouvettes soumises à cet essai.

Après l'essai, la résistance doit faire l'objet d'un examen visuel.

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

9.11.7 Exigences

9.11.7.1 Exigences lors de l'exécution de l'essai

Les exigences suivantes s'appliquent si un mesurage pendant l'exécution de l'essai est précisé dans la spécification applicable.

Aucun contact intermittent supérieur ou égal à 0,5 ms, ni aucun circuit ouvert ou court-circuit ne doit se produire lorsque l'éprouvette est soumise aux vibrations.

9.11.7.2 Exigences à la fin de l'essai

Il ne doit y avoir aucun dommage visible.

La variation de résistance entre le mesurage initial et le mesurage final ne doit pas dépasser la limite précisée dans la spécification applicable.

10 Essais d'environnement et climatiques

10.1 Variation rapide de température

10.1.1 Objet de cet essai

Cet essai a pour objet de déterminer l'aptitude des résistances à résister à une succession de variations rapides de température ambiante. Il ne vise pas à démontrer les effets uniquement liés à des températures basses ou élevées.

Pour évaluer les performances électriques des éprouvettes de résistance après un nombre spécifié de variations de température, l'essai de variation rapide de température (essai Na de l'IEC 60068-2-14) est appliqué, dans lequel les éprouvettes sont exposées à différents volumes d'air conditionné aux températures basse et élevée exigées.

10.1.2 Préparation des éprouvettes

La spécification applicable doit indiquer si les éprouvettes de résistance doivent être montées ou pas pour cet essai.

Les éprouvettes doivent pouvoir atteindre l'équilibre thermique avec la température ambiante de $(25 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

10.1.3 Mesurages initiaux

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

10.1.4 Procédure d'essai

L'essai doit être réalisé dans les conditions atmosphériques normales pour l'essai (voir 5.2.3) sauf pour la température ambiante, qui doit être de $(25 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Les résistances doivent être soumises à l'essai Na de l'IEC 60068-2-14, de préférence avec les détails donnés dans le Tableau 19.

Tableau 19 – Paramètres recommandés pour l'essai de variation rapide de température

Paramètre	Valeur recommandée
Température minimale, ϑ_{inf}	LCT (température minimale de catégorie)
Température maximale, ϑ_{sup}	UCT (température maximale de catégorie)
Durée d'exposition, t_1 , à chacune des températures ϑ_{inf} , ϑ_{sup} ^a	30 min
Nombre de cycles de température n ^b	5; 100; 200; 500 ou 1 000
Temps de transition, t_2 , entre les températures ϑ_{inf} et ϑ_{sup} ^c	< 30 s
^a La durée t_1 inclut le temps initial t_i pour la stabilisation de la température de l'air à l'intérieur de la chambre d'essai, où $t_i \leq 0,1 \times t_1$. La durée t_1 doit être suffisamment longue pour permettre la stabilisation totale de la température des éprouvettes à la température de l'air de la chambre. ^b La spécification applicable doit de préférence préciser l'une des valeurs recommandées. ^c La durée t_2 est le temps de transfert physique des éprouvettes d'une chambre à l'autre ou de renouvellement complet de l'air à température régulée dans une seule chambre.	

Pendant une interruption de l'essai, les composants doivent être stockés dans les conditions atmosphériques normales. Le décompte des cycles doit se poursuivre dès que le cycle de température a repris.

Les mesurages électriques pendant la procédure d'essai ou des examens intermédiaires ne sont pas recommandés pour cet essai.

10.1.5 Rétablissement, examen final et mesurages

Le rétablissement doit se produire dans les conditions atmosphériques normales des essais, pendant une durée comprise entre 1 h et 2 h.

Après le rétablissement, les résistances doivent faire l'objet d'un examen visuel.

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

10.1.6 Exigences

Il ne doit y avoir aucun dommage visible.

La variation de résistance entre le mesurage initial et le mesurage final ne doit pas dépasser la limite précisée dans la spécification applicable.

10.2 Fonctionnement à basse température

10.2.1 Objet de cet essai

Cet essai a pour objet de vérifier l'aptitude des résistances à fonctionner à la température minimale de catégorie (LCT).

Cet essai à froid n'évalue pas l'aptitude des résistances à résister à des variations rapides de température.

10.2.2 Préparation des éprouvettes

La spécification applicable doit indiquer le montage des éprouvettes pour cet essai.

Les éprouvettes doivent pouvoir atteindre l'équilibre thermique avec la température de laboratoire.

10.2.3 Mesurages initiaux

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

10.2.4 Procédure d'essai

L'essai doit être réalisé dans les conditions atmosphériques normales pour l'essai (voir 5.2.3).

Les résistances doivent être soumises à la séquence d'essais suivante:

- 1) Les éprouvettes sont introduites dans la chambre, qui est à la température de laboratoire.
- 2) La chambre est refroidie à la LCT et laissée stabilisée pendant 1,5 h.
- 3) La chambre est maintenue à la LCT pendant 1 h avec les éprouvettes non alimentées.
- 4) La chambre est maintenue à la LCT pendant 45 min avec les éprouvettes alimentées à la dissipation assignée.
- 5) La chambre est maintenue à la LCT pendant 15 min avec les éprouvettes non alimentées.
- 6) La chambre est chauffée jusqu'à la température de laboratoire.
- 7) Les éprouvettes sont retirées de la chambre et laissées se rétablir.

Les mesurages électriques pendant la procédure d'essai ou des examens intermédiaires ne sont pas recommandés pour cet essai.

10.2.5 Rétablissement, examen final et mesurages

Le rétablissement doit avoir lieu dans les conditions atmosphériques normales des essais pendant au moins 24 h, sans appliquer de charge électrique.

La résistance doit faire l'objet d'un examen visuel.

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

10.2.6 Exigences

Il ne doit y avoir aucun dommage visible.

La variation de résistance entre le mesurage initial et le mesurage final ne doit pas dépasser la limite précisée dans la spécification applicable.

10.3 Séquence climatique

10.3.1 Objet de cet essai

Cet essai a pour objet de vérifier l'aptitude des résistances à être utilisées, transportées et stockées dans des conditions variables, y compris d'humidité élevée combinées à des variations cycliques de température.

10.3.2 Préparation des éprouvettes

Les résistances doivent être séchées selon la procédure 1 ou la procédure 2 de 5.4, comme indiqué dans la spécification applicable.

La spécification applicable doit indiquer si les éprouvettes de résistance doivent être montées ou pas pour cet essai.

10.3.3 Mesurages initiaux

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

10.3.4 Procédure d'essai

10.3.4.1 Dispositions générales pour cet essai

L'essai doit être réalisé dans les conditions atmosphériques normales pour l'essai (voir 5.2.3).

La séquence climatique est composée de la séquence d'essais suivante, avec les détails spécifiés dans les paragraphes correspondants.

- 1) Chaleur sèche
- 2) Essai cyclique de chaleur humide, premier cycle
- 3) Froid
- 4) Basse pression atmosphérique
- 5) Essai cyclique de chaleur humide, cycles supplémentaires
- 6) Charge sous tension continue

Un intervalle de trois jours au maximum est admis entre deux de ces essais de la séquence climatique, sauf que l'essai froid [3]) doit être appliqué immédiatement après l'essai cyclique de chaleur humide [2]), et que la charge sous tension continue [6]) doit être appliquée immédiatement après l'essai cyclique de chaleur humide [5]).

Les mesurages électriques pendant la séquence de procédures ou des examens intermédiaires ne sont pas recommandés pour cet essai.

10.3.4.2 Chaleur sèche

Les résistances doivent être soumises à l'essai Bb de l'IEC 60068-2-2 et doivent être maintenues à la température maximale de catégorie, $\vartheta_{\text{essai}} = \text{UCT}$, pendant une durée $t_{\text{essai}} = 16 \text{ h}$. Les tolérances conformément à 5.3 s'appliquent.

La spécification applicable peut préciser d'introduire les éprouvettes directement dans la chambre chauffée, puis de les retirer directement, s'il est reconnu que les effets d'une variation brusque de température ne portent pas préjudice aux éprouvettes.

Le rétablissement après cette exposition doit se produire dans les conditions atmosphériques normales des essais, pendant une durée comprise entre 1 h et 2 h.

10.3.4.3 Chaleur humide, cyclique, essai Db, premier cycle

Les résistances doivent être soumises à l'essai Db de l'IEC 60068-2-30 pendant un cycle $t_{\text{cycle}} = 24 \text{ h}$, en utilisant la sévérité b) et donc une température maximale de $\vartheta_{\text{sup}} = 55 \text{ °C}$. Les tolérances conformément à 5.3 s'appliquent.

NOTE Ce premier cycle est le seul appliqué aux éprouvettes de la catégorie climatique –/–/04. Voir également le Tableau 20.

Le rétablissement après cette exposition doit se produire dans les conditions atmosphériques normales des essais, pendant une durée comprise entre 1 h et 2 h. L'essai froid doit être appliqué comme indiqué en 10.3.4.4 immédiatement après ce rétablissement.

10.3.4.4 Froid

Les résistances doivent être soumises à l'essai Ab de l'IEC 60068-2-1 et doivent être maintenues à la température minimale de catégorie, $\vartheta_{\text{essai}} = \text{UCT}$, pendant une durée $t_{\text{essai}} = 2 \text{ h}$. Les tolérances conformément à 5.3 s'appliquent.

La spécification applicable peut préciser d'introduire les éprouvettes directement dans la chambre refroidie, puis de les retirer directement, s'il est reconnu que les effets d'une variation brusque de température ne portent pas préjudice aux éprouvettes.

NOTE Dans ce cas, il peut être exigé de prendre des précautions contre la condensation d'humidité.

Le rétablissement après cette exposition doit se produire dans les conditions atmosphériques normales des essais, pendant une durée comprise entre 1 h et 2 h.

10.3.4.5 Basse pression atmosphérique

Les résistances doivent être soumises à l'essai M de l'IEC 60068-2-13 pendant une durée $t_{\text{essai}} = 1 \text{ h}$.

La pression d'air appliquée doit être de $p_{\text{amb}} = (1 \pm 0,1) \text{ kPa}$, sauf si une autre valeur est précisée dans la spécification applicable.

NOTE Selon l'ISO 2533, une pression d'air de 1 kPa représente approximativement une altitude de 31 200 m au-dessus du niveau de la mer.

Le rétablissement après cette exposition doit se produire dans les conditions atmosphériques normales des essais, pendant une durée comprise entre 1 h et 2 h.

10.3.4.6 Chaleur humide, cyclique, essai Db, cycles supplémentaires

Les résistances doivent être soumises à l'essai Db de l'IEC 60068-2-30 pendant le nombre de cycles supplémentaires indiqué dans le Tableau 20, la durée de chaque cycle étant de 24 h. La sévérité b), et donc une température maximale de 55 °C, doit être appliquée.

Tableau 20 – Nombre de cycles de chaleur humide supplémentaires

Catégories climatiques	Nombre de cycles supplémentaires
–/–/56	5
–/–/21	1
–/–/10	1
–/–/04	Aucun
NOTE Les cycles supplémentaires complètent le premier cycle pour chaque catégorie climatique, afin d'obtenir un total respectif de 6, 2 ou 1 cycle(s) exigé(s) pour la sévérité b).	

À l'issue du dernier cycle, les éprouvettes doivent passer aussi vite que possible aux conditions atmosphériques normales, la durée de passage ne dépassant pas 5 min. L'essai de charge sous tension continue doit être appliqué immédiatement après ce passage, comme indiqué en 10.3.4.7, sans rétablissement intermédiaire.

10.3.4.7 Charge sous tension continue

L'exécution de cette partie de la séquence d'essais n'est pas recommandée pour les résistances bobinées.

(30 ± 5) min après le retrait des éprouvettes de la chambre d'essai cyclique de chaleur humide, les résistances doivent être soumises à une tension continue U_{essai} pendant 1 min. La tension U_{essai} appliquée aux éprouvettes doit être:

$$U_{\text{test}} = U_r = \sqrt{R_n \times P_r},$$

qui est limitée par

$$U_{\text{test}} \leq U_{\text{max}}.$$

10.3.5 Rétablissement, examen final et mesurages

Le rétablissement doit se produire dans les conditions atmosphériques normales des essais, pendant une durée comprise entre 1 h et 2 h.

La résistance doit faire l'objet d'un examen visuel.

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

Pour les résistances isolées uniquement, la résistance d'isolement doit ensuite être mesurée comme indiqué en 12.1, à l'aide de la méthode indiquée dans la spécification applicable.

10.3.6 Exigences

Il ne doit y avoir aucun dommage visible et le marquage, le cas échéant, doit être lisible.

La variation de résistance entre le mesurage initial et le mesurage final ne doit pas dépasser la limite précisée dans la spécification applicable.

Pour les résistances isolées uniquement, la résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à la valeur minimale précisée dans la spécification applicable.

10.4 Chaleur humide, essai continu

NOTE Cet essai est également appelé "essai d'humidité en charge" ou "essai 40/93".

10.4.1 Objet de cet essai

Cet essai a pour objet de déterminer les effets de l'humidité élevée à température constante sans condensation sur les éprouvettes de résistance sur une durée spécifiée.

Les résistances, qui dissipent la chaleur, doivent uniquement être polarisées de manière à ne générer aucune augmentation de température perceptible sur les éprouvettes.

L'essai ne vise pas à évaluer les effets externes comme la corrosion et la déformation.

10.4.2 Préparation des éprouvettes

Le lot d'éprouvettes doit être divisé en deux groupes A et B, sauf les résistances isolées, dont le lot d'échantillon doit être divisé en trois groupes A, B et C.

La spécification applicable doit indiquer si les éprouvettes de résistance doivent être montées ou pas pour cet essai.

Les éprouvettes doivent pouvoir atteindre l'équilibre thermique avec la température de laboratoire.

10.4.3 Mesurages initiaux

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

10.4.4 Procédure d'essai

10.4.4.1 Dispositions générales pour cet essai

L'essai doit être réalisé dans les conditions atmosphériques normales pour l'essai (voir 5.2.3).

Les résistances doivent être soumises à l'essai Cab de l'IEC 60068-2-78 en utilisant les détails de sévérité donnés dans le Tableau 21.

Tableau 21 – Paramètres de sévérité pour l'essai continu en chaleur humide

Paramètre	Valeur recommandée
Température, ϑ_{essai} ^a	$(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$
Humidité relative, RH_{essai}	$(93 \pm 3) \%$
Durée t_{essai} ^b	4 j; 10 j; 21 j ou 56 j, selon la catégorie climatique spécifiée
^a La tolérance de température de ± 2 K tient compte des erreurs de mesure, des lentes variations de température et des variations de température dans la chambre d'essai. Il est toutefois nécessaire de conserver les différences et variations de température dans des limites plus étroites afin de maintenir l'humidité relative dans les limites de la tolérance exigée. ^b Les tolérances suivantes selon 5.3.4 doivent s'appliquer aux durées spécifiées: 4 d: 96^{+4}_0 h ; 10 d: 240^{+8}_0 h ; 21 d: 504^{+24}_0 h ; 56 d: 1344^{+24}_0 h	

Les éprouvettes du groupe B et, dans le cas des résistances isolées, du groupe C, doivent être polarisées pendant l'exécution de cet essai après que la température et l'humidité ont atteint un état stable, comme spécifié dans les paragraphes suivants.

À la fin de la durée respective pour chaque groupe, les éprouvettes doivent passer aussi vite que possible aux conditions atmosphériques normales, la durée de passage ne dépassant pas 5 min. Aucun rétablissement prolongé ne doit être appliqué à ce stade.

Les mesurages électriques pendant la procédure d'essai ou des examens intermédiaires ne sont pas recommandés pour cet essai.

10.4.4.2 Procédure pour les éprouvettes du groupe A: non polarisées

Les éprouvettes du groupe A doivent être soumises à l'essai continu en chaleur humide sans appliquer de tension.

10.4.4.3 Procédure pour les éprouvettes du groupe B: élément résistif polarisé

Les éprouvettes du groupe B doivent être soumises à l'essai continu en chaleur humide en leur appliquant une tension continue U_{bias} qui doit être choisie dans le Tableau 22 en fonction de la tension assignée U_r , ou de la tension limite de l'élément U_{max} , selon celle qui donne la plus petite valeur pour U_{bias} .

La tension U_{bias} doit être appliquée en permanence pendant l'essai.

10.4.4.4 Procédure pour les éprouvettes du groupe C: isolation polarisée

Le groupe d'éprouvettes, et donc sa spécification en matière de polarisation, s'applique uniquement aux résistances isolées.

Les éprouvettes du groupe C doivent être soumises à l'essai continu en chaleur humide en appliquant une tension continue de (20 ± 2) V entre les plaques métalliques fixées à l'extérieur de l'isolation (pôle positif) et les bornes de la résistance connectées entre elles (pôle négatif).

Les plaques métalliques doivent établir un contact physique avec le corps isolé de la résistance, comme indiqué dans la spécification applicable.

Tableau 22 – Tension de polarisation pour l'essai continu en chaleur humide

Tension assignée U_r	Tension limite de l'élément $U_{\max}$	Tension de polarisation continue U_{bias}^a
$U_r \leq 2,5$ V	$U_{\max} \leq 2,5$ V	0 V
$2,5 \text{ V} < U_r \leq 4,0$ V	$2,5 \text{ V} < U_{\max} \leq 4,0$ V	0,25 V
$4,0 \text{ V} < U_r \leq 6,3$ V	$4,0 \text{ V} < U_{\max} \leq 6,3$ V	0,40 V
$6,3 \text{ V} < U_r \leq 10$ V	$6,3 \text{ V} < U_{\max} \leq 10$ V	0,63 V
$10 \text{ V} < U_r \leq 16$ V	$10 \text{ V} < U_{\max} \leq 16$ V	1,0 V
$16 \text{ V} < U_r \leq 25$ V	$16 \text{ V} < U_{\max} \leq 25$ V	1,6 V
$25 \text{ V} < U_r \leq 40$ V	$25 \text{ V} < U_{\max} \leq 40$ V	2,5 V
$40 \text{ V} < U_r \leq 63$ V	$40 \text{ V} < U_{\max} \leq 63$ V	4,0 V
$63 \text{ V} < U_r \leq 100$ V	$63 \text{ V} < U_{\max} \leq 100$ V	6,3 V
$100 \text{ V} < U_r \leq 160$ V	$100 \text{ V} < U_{\max} \leq 160$ V	10 V
$160 \text{ V} < U_r \leq 250$ V	$160 \text{ V} < U_{\max} \leq 250$ V	16 V
$250 \text{ V} < U_r \leq 400$ V	$250 \text{ V} < U_{\max} \leq 400$ V	25 V
$400 \text{ V} < U_r \leq 630$ V	$400 \text{ V} < U_{\max} \leq 630$ V	40 V
$630 \text{ V} < U_r \leq 1\,000$ V	$630 \text{ V} < U_{\max} \leq 1\,000$ V	63 V
$1\,000 \text{ V} < U_r$	$1\,000 \text{ V} < U_{\max}$	100 V
NOTE La tension de polarisation U_{bias} est déterminée de sorte que l'éprouvette dissipe moins de 1 % de sa dissipation assignée P_r (P_{70° , par exemple).		
^a Une tolérance relative de ± 5 % doit être appliquée à la valeur spécifiée pour $U_{\text{bias}} \geq 1$ V, et de ± 10 % pour $U_{\text{bias}} < 1$ V.		

10.4.4.5 Charge sous tension continue

L'exécution de cette partie de la séquence d'essais n'est pas recommandée pour les résistances bobinées.

(30 ± 5) min après le retrait des éprouvettes des groupes A, B et C de la chambre d'essai cyclique de chaleur humide, les résistances doivent être soumises à une tension continue U_{essai} pendant 1 min. La tension U_{essai} appliquée aux éprouvettes doit être:

$$U_{\text{essai}} = U_r = \sqrt{R_n \times P_r},$$

qui est limitée par

$$U_{\text{essai}} \leq U_{\max}.$$

10.4.5 Rétablissement, examen final et mesurages

Le rétablissement doit se produire dans les conditions atmosphériques normales des essais, pendant une durée comprise entre 1 h et 2 h.

Les résistances doivent faire l'objet d'un examen visuel.

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

Pour les résistances isolées uniquement, la résistance d'isolement doit ensuite être mesurée comme indiqué en 12.1, à l'aide de la méthode indiquée dans la spécification applicable.

10.4.6 Exigences

Il ne doit y avoir aucun dommage visible et le marquage, le cas échéant, doit être lisible.

La variation de résistance entre le mesurage initial et le mesurage final ne doit pas dépasser la limite précisée dans la spécification applicable.

Pour les résistances isolées uniquement, la résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à la valeur minimale précisée dans la spécification applicable.

10.5 Chaleur humide, essai continu, accéléré

NOTE Cet essai est également appelé "essai d'humidité en charge" ou "essai 85/85".

10.5.1 Objet de cet essai

Cet essai a pour objet de déterminer de manière accélérée les effets de la chaleur humide à température constante sur les éprouvettes de résistance sur une durée spécifiée.

L'essai ne vise pas à évaluer les effets externes comme la corrosion et la déformation.

Il convient que les résistances, qui dissipent la chaleur, soient uniquement polarisées de sorte que l'augmentation de température des éprouvettes par rapport à la température de la chambre ne dépasse pas 2 K.

10.5.2 Préparation des éprouvettes

La spécification applicable doit indiquer si les éprouvettes de résistance doivent être montées ou pas pour cet essai.

Les éprouvettes doivent pouvoir atteindre l'équilibre thermique avec la température de laboratoire.

10.5.3 Mesurages initiaux

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

10.5.4 Procédure d'essai et sévérité

10.5.4.1 Procédure d'essai générique

La résistance doit être soumise à l'essai Cy de l'IEC 60068-2-67, de préférence avec les détails donnés dans le Tableau 23.

Tableau 23 – Paramètres de sévérité pour l'essai continu en chaleur humide accéléré

Paramètre	Valeur recommandée
Température, $\vartheta_{\text{essai}}^a$	$(85 \pm 2) ^\circ\text{C}$
Humidité relative, RH_{essai}	$(85 \pm 5) \%$
Durée, t_{essai}	$1000_{-0}^{+24} \text{ h}$
Tension de polarisation continue $U_{\text{bias}}^{b,c}$ a)	10 % de la tension assignée U_r $U_{\text{bias}} = 0,1 \times U_r = 0,1 \times \sqrt{R_n \times P_r} = \sqrt{R_n \times 0,01 \times P_r}$ limitée par $U_{\text{bias}} \leq 100 \text{ V}$
	b) 10 % de la tension assignée P_r $U_{\text{bias}} = \sqrt{R_n \times 0,1 \times P_r} \approx 0,316 \times \sqrt{R_n \times P_r} \approx 0,316 \times U_r$ limitée par $U_{\text{bias}} \leq 100 \text{ V}$
^a La tolérance de température de $\pm 2 \text{ K}$ tient compte des erreurs de mesure, des lentes variations de température et des variations de température dans la chambre d'essai. Il est toutefois nécessaire de conserver les différences et variations de température dans des limites plus étroites afin de maintenir l'humidité relative dans les limites de la tolérance exigée. ^b La spécification applicable doit préciser la tension de polarisation exigée à appliquer aux éprouvettes. L'option b) n'ayant été mise en place que par la présente édition du présent document, toute référence à cet essai sans choix spécifique de la tension de polarisation exigée entre a) ou b) relève vraisemblablement de l'option a). ^c Une tolérance relative de $\pm 5 \%$ doit être appliquée à la tension de polarisation continue.	

10.5.4.2 Essai avec un nombre réduit de tensions de polarisation

La spécification applicable peut préciser une simplification pratique de cet essai permettant d'utiliser des tensions de polarisation continue groupées, où par exemple la tension de groupe adaptée $U_{\text{bias group}}$ à appliquer aux éprouvettes correspond à la tension de polarisation U_{bias} avec un écart relatif inférieur à $\pm 25 \%$. Le Tableau 24 donne un exemple pertinent de ce type de tensions de polarisation continue groupées.

Tableau 24 – Tensions de polarisation continue groupées pour un écart < 25 %

Tension de polarisation continue calculée	Tension de polarisation continue groupée
U_{bias}	$U_{\text{bias group}}^b$
..... ^a	 ^a
$0,82 \text{ V} < U_{\text{bias}} \leq 1,30 \text{ V}$	1,0 V
$1,30 \text{ V} < U_{\text{bias}} \leq 2,05 \text{ V}$	1,6 V
$2,05 \text{ V} < U_{\text{bias}} \leq 3,25 \text{ V}$	2,5 V
$3,25 \text{ V} < U_{\text{bias}} \leq 5,15 \text{ V}$	4,0 V
$5,15 \text{ V} < U_{\text{bias}} \leq 8,15 \text{ V}$	6,3 V
$8,15 \text{ V} < U_{\text{bias}} \leq 13,0 \text{ V}$	10 V
$13,0 \text{ V} < U_{\text{bias}} \leq 20,5 \text{ V}$	16 V
$20,5 \text{ V} < U_{\text{bias}} \leq 32,5 \text{ V}$	25 V
$32,5 \text{ V} < U_{\text{bias}} \leq 51,5 \text{ V}$	40 V
$51,5 \text{ V} < U_{\text{bias}} \leq 81,5 \text{ V}$	63 V
$81,5 \text{ V} < U_{\text{bias}} \leq 100 \text{ V}$	100 V

NOTE Les tensions de polarisation continue groupées sont choisies dans la série R5 de l'ISO 17 et donnent un écart maximal de 23,1 % par rapport à la tension de polarisation continue calculée.

^a Le Tableau peut être logiquement élargi comme cela est exigé et est faisable dans la pratique.

^b Une tolérance relative de $\pm 5 \%$ doit être appliquée à la tension de polarisation continue groupée de $U_{\text{bias group}} \geq 1 \text{ V}$.

Des mesurages intermédiaires ne sont pas pertinents pour cet essai en raison du risque inévitable de condensation sur les éprouvettes lorsqu'elles sont réinsérées dans la chambre d'essai conditionnée.

10.5.5 Rétablissement, examen final et mesurages

Le rétablissement doit se produire dans les conditions atmosphériques normales des essais, pendant une durée comprise entre 4 h et 24 h.

Les résistances doivent faire l'objet d'un examen visuel.

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

Pour les résistances isolées uniquement, la résistance d'isolement doit ensuite être mesurée comme indiqué en 12.1, à l'aide de la méthode indiquée dans la spécification applicable.

10.5.6 Exigences

Il ne doit y avoir aucun dommage visible et le marquage, le cas échéant, doit être lisible.

La variation de résistance entre le mesurage initial et le mesurage final ne doit pas dépasser la limite précisée dans la spécification applicable.

Pour les résistances isolées uniquement, la résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à la valeur minimale précisée dans la spécification applicable.

10.6 Corrosion

10.6.1 Objet de cet essai

Cet essai a pour objet de vérifier l'aptitude des éprouvettes de résistance à résister à une atmosphère chargée de sel, dont il est prévu qu'elle dégrade les matériaux métalliques et non métalliques.

Cet essai s'applique uniquement aux résistances qui sont susceptibles d'être exposées directement à une atmosphère chargée de sel. Cela n'est en général pas le cas pour les résistances qui composent un circuit protégé par un boîtier (celles soudées à une carte de circuit, par exemple).

NOTE L'essai Ka précédemment appliqué de l'IEC 60068-2-11, brouillard salin, comme son nom l'indique, n'est pas un essai de corrosion par le sel général, et n'est pas non plus adapté à l'évaluation des éprouvettes destinées à être utilisées en atmosphère chargée de sel. Cet essai adopte les recommandations de l'IEC 60068-2-11 pour appliquer des conditions plus réalistes et utiliser l'essai Kb de l'IEC 60068-2-52, brouillard salin, cyclique.

10.6.2 Préparation des éprouvettes

La spécification applicable doit indiquer si les éprouvettes de résistance doivent être montées ou pas pour cet essai.

10.6.3 Mesurages initiaux

La résistance doit être mesurée comme spécifié en 5.6.

10.6.4 Procédure d'essai

L'essai doit être réalisé dans les conditions atmosphériques normales pour l'essai (voir 5.2.3).

Les résistances doivent être soumises à l'essai Bb de l'IEC 60068-2-52, en utilisant de préférence la méthode d'essai 3 avec les détails donnés dans le Tableau 25.

Tableau 25 – Paramètres recommandés pour l'essai de corrosion

Paramètre	Valeur recommandée
Étape 1, 3, 5, 7: Brouillard salin	
Solution salée	Eau, teneur en NaCl $\rho_{\text{NaCl}} = (50 \pm 5) \text{ g/l}$
Température, ϑ_{mist}	$(35 \pm 2) ^\circ\text{C}$
Durée, t_{mist}	2 h
Étape 2, 4, 6, 8: Condition humide	
Température, ϑ_{hum}	$(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$
Humidité relative, RH_{hum}	$(93 \pm 3) \%$
Durée, t_{hum}	22 h
Étape 9: Atmosphère normale	
Température, ϑ_{amb}	$(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$
Humidité relative, RH_{amb}	$(50 \pm 5) \%$
Durée, t_{amb}	72 h = 3 j

10.6.5 Rétablissement, examen final et mesurages

À l'issue de la séquence d'essais, les éprouvettes doivent être rincées à l'eau du robinet pendant 5 min, rincées à l'eau déminéralisée, puis égouttées (par un courant d'air très violent, par exemple). Ensuite, les éprouvettes doivent être séchées pendant 1 h à $(55 \pm 2) ^\circ\text{C}$ (voir 5.4).