

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Fixed inductors for electromagnetic interference suppression –
Part 2: Sectional specification on power line chokes**

**Inductances fixes d'antiparasitage –
Partie 2: Spécification intermédiaire sur les bobines d'arrêt pour ligne électrique**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2021 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

IEC online collection - oc.iec.ch

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC online collection - oc.iec.ch

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

Electropedia - www.electropedia.org

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



IEC 60938-2

Edition 3.0 2021-07

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Fixed inductors for electromagnetic interference suppression –
Part 2: Sectional specification on power line chokes**

**Inductances fixes d'antiparasitage –
Partie 2: Spécification intermédiaire sur les bobines d'arrêt pour ligne électrique**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.100.10; 31.020

ISBN 978-2-8322-1002-2

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

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	8
4 General requirements	9
4.1 General.....	9
4.2 Preferred values of ratings and characteristics.....	9
4.2.1 Climatic categories	9
4.2.2 Nominal inductance and tolerance	9
4.2.3 Rated voltage U_R	9
4.2.4 Rated temperature T_r	9
4.2.5 Rated current I_r	10
4.3 Information to be given in a detail specification	10
4.3.1 General	10
4.3.2 Outline drawing and dimensions	10
4.3.3 Mounting	11
4.3.4 Ratings and characteristics.....	11
4.4 Insulated inductors for power line applications	11
4.5 Marking.....	11
5 Safety tests for approval.....	12
5.1 General.....	12
5.1.1 Approval on the basis of the fixed sample size procedures	12
5.1.2 Structurally similar inductors.....	12
5.1.3 Sampling	13
5.2 Standard atmospheric conditions	13
5.3 Visual examination.....	13
5.3.1 Dimensions (gauging).....	13
5.3.2 Dimensions (detail).....	13
5.4 Insulation resistance	14
5.5 Voltage test	14
5.6 Inductance	15
5.7 Line resistance	15
5.8 Insertion loss (optional).....	15
5.9 Temperature rise (applies to inductors with a mass > 5 g only)	15
5.9.1 General	15
5.9.2 Test method	15
5.9.3 Requirements	16
5.10 Impulse voltage (applies to inductors with more than one winding only)	16
5.10.1 Test conditions	16
5.10.2 Initial measurements	16
5.10.3 Requirements	16
5.11 Endurance	16
5.11.1 Test conditions – Endurance current test (applies to inductors with a mass < 5 g only)	16
5.11.2 Test conditions – Endurance voltage test between terminations (applies to inductors with more than one winding only).....	17

5.11.3	Final inspection, measurements and requirements.....	17
5.12	Robustness of terminations.....	17
5.12.1	General	17
5.12.2	Test Ua1 – Tensile	18
5.12.3	Test Ub – Bending	18
5.12.4	Test Uc – Torsion	18
5.12.5	Test Ud – Torque.....	18
5.12.6	Test Ue – Robustness of terminations of SMD-components mounted on PCB.....	18
5.13	Vibration	19
5.13.1	Test conditions	19
5.13.2	Requirements	19
5.14	Shock	19
5.14.1	Test conditions	19
5.14.2	Requirements	20
5.15	Resistance to soldering heat.....	20
5.16	Solderability (optional)	20
5.16.1	General	20
5.16.2	Preconditioning.....	20
5.16.3	Test procedure	20
5.16.4	Final inspection, measurements and requirements.....	20
5.17	Rapid change of temperature (optional)	20
5.18	Container sealing (if applicable).....	21
5.19	Climatic sequence (optional)	21
5.19.1	General	21
5.19.2	Dry heat	21
5.19.3	Damp heat, cyclic, test Db, first cycle	21
5.19.4	Cold.....	21
5.19.5	Low air pressure	21
5.19.6	Damp heat, cyclic, test Db, remaining cycles	21
5.19.7	Final inspection, measurements and requirements.....	21
5.20	Damp heat, steady state	22
5.21	Passive flammability (optional).....	22
5.22	Glow wire (optional)	22
5.23	Ball pressure (optional).....	23
5.24	Component solvent resistance	23
5.25	Solvent resistance of marking	23
Annex A (normative)	Sampling plan	24
Annex B (normative)	Test schedule.....	25
Annex C (normative)	Declaration of design	28
Annex D (normative)	Clearance	29
Annex E (normative)	Creepage	30
Annex F (normative)	Fully insulated winding wires	32
Annex X (informative)	Cross-references for references to the previous edition of this document.....	33
Bibliography.....		35
Figure 1	– Relation between ambient temperature and applied current	10

$\text{max} \quad 5.17x_1 + 5.09x_2 + 5.18x_3 + 5.16x_4 + 5.15x_5 + 5.14x_6 + 5.13x_7 + 5.12x_8 + 5.11x_9 + 5.10x_{10}$

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**FIXED INDUCTORS FOR ELECTROMAGNETIC
INTERFERENCE SUPPRESSION –****Part 2: Sectional specification on power line chokes**

FOREWORD

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

IEC 60938-2 has been prepared by IEC technical committee 40: Capacitors and resistors for electronic equipment. It is an International Standard.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 1999 and its Amendment 1:2006. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) the test plan for performance testing has been removed; mandatory safety tests and optional performance tests are listed in one test plan in Annex B;
- b) requirements for Thyristor-Chokes have been withdrawn;
- c) material requirements are harmonized with IEC 60939-3 and UL 60939-3;
- d) AC chokes up to 1 000 V and DC chokes up to 1 500 V are now in the Scope.

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

FDIS	Report on voting
40/2846/FDIS	40/2862/RVD

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

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

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

A list of all parts in the IEC 60938 series, published under the general title *Fixed inductors for electromagnetic interference suppression*, 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.

FIXED INDUCTORS FOR ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE SUPPRESSION –

Part 2: Sectional specification on power line chokes

1 Scope

This part of IEC 60938 applies to fixed inductors designed for electromagnetic interference suppression, which will be connected to an AC mains or other supply with a nominal voltage not exceeding 1 000 V AC RMS or 1 500 V DC with a nominal frequency not exceeding 400 Hz.

This sectional specification is restricted to fixed inductors for which safety tests are appropriate. This implies that inductors specified according to this specification will either be connected to mains supplies, when compliance with the mandatory tests of Annex A is necessary, or used in other circuit positions where the equipment specification prescribes that some or all of these safety tests are required.

The object of this document is to prescribe standard requirements for safety tests, preferred ratings and characteristics, to select from IEC 60938-1 the appropriate methods of test and to give general performance requirements for suppression inductors.

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 applies, including any amendments.

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

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

IEC 60060-1, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

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

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

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

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

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

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

IEC 60317-0-7, *Specifications for particular types of winding wires – Part 0-7: General requirements – Fully insulated (FIW) zero-defect enamelled round copper wire*

IEC 60317-56, *Specifications for particular types of winding wires – Part 56: Solderable fully insulated (FIW) zero-defect polyurethane enamelled round copper wire, class 180*

IEC 60335-1, *Household and similar electrical appliances – Safety – Part 1: General requirements*

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

IEC 60664-1, *Insulation coordination for equipment within low-voltage supply systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

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

IEC 60695-2-12, *Fire hazard testing – Part 2-12: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire flammability index (GWFI) test method for materials*

IEC 60695-2-13, *Fire hazard testing – Part 2-13: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire ignition temperature (GWIT) test method for materials*

IEC 60695-10-2, *Fire hazard testing – Part 10-2: Abnormal heat – Ball pressure test method*

IEC 60695-11-10, *Fire hazard testing – Part 11-10: Test flames – 50 W horizontal and vertical flame test methods*

IEC 60695-11-20, *Fire hazard testing – Part 11-20: Test flames – 500 W flame test method*

IEC 60851-5, *Winding wires – Test methods – Part 5: Electrical properties*

IEC 60938-1:2021, *Fixed inductors for electromagnetic interference suppression – Part 1: Generic specification*

IEC 60938-2-2, *Fixed inductors for electromagnetic interference suppression – Part 2-2: Blank detail specification – Inductors for which safety tests are required (only)*

CISPR 17, *Methods of measurement of the suppression characteristics of passive EMC filtering devices*

ISO 80000-6, *Quantities and units – Part 6: Electromagnetism*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60938-1 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>

4 General requirements

4.1 General

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

- IEC 60027 (all parts),
- IEC 60050 (all parts),
- IEC 60617,
- ISO 80000-6.

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

4.2 Preferred values of ratings and characteristics

4.2.1 Climatic categories

Electromagnetic interference suppression inductors covered by this specification are classified into climatic categories according to the general rules given in IEC 60068-1. The lower and upper category temperatures and the duration of the damp heat, steady state test shall be selected from the following:

Lower category temperature: $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Upper category temperature: $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$, $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$, $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $+155\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Duration of the damp heat, steady state test: 21 days and 56 days.

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

4.2.2 Nominal inductance and tolerance

Preferred values of nominal inductance are values chosen from the E6 series of preferred values given in IEC 60063.

The preferred tolerances on inductance are as follows:

$\pm 30\%$; -30% / $+50\%$

4.2.3 Rated voltage U_R

Preferred values for rated voltages are:

- for AC inductors:
50 V, 125 V, 250 V, 300 V, 400 V, 440 V, 480 V, 600 V, 760 V, 800 V and 1 000 V.
- for DC inductors:
60 V, 160 V, 250 V, 500 V, 1 000 V and 1 500 V.

Electromagnetic interference suppression inductors are normally chosen to have their rated voltage equal to or greater than the nominal voltage of the supply system to which they are to be connected. It should, however, be borne in mind that the voltage of the system may rise up to 10 % above the nominal voltage.

4.2.4 Rated temperature T_r

The rated temperature shall be given in the detail specification. It shall not be lower than $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4.2.5 Rated current I_r

The preferred values of rated current are selected from the R10 series of ISO 3.

The following Figure 1 shows the relation between applied current and ambient temperature.

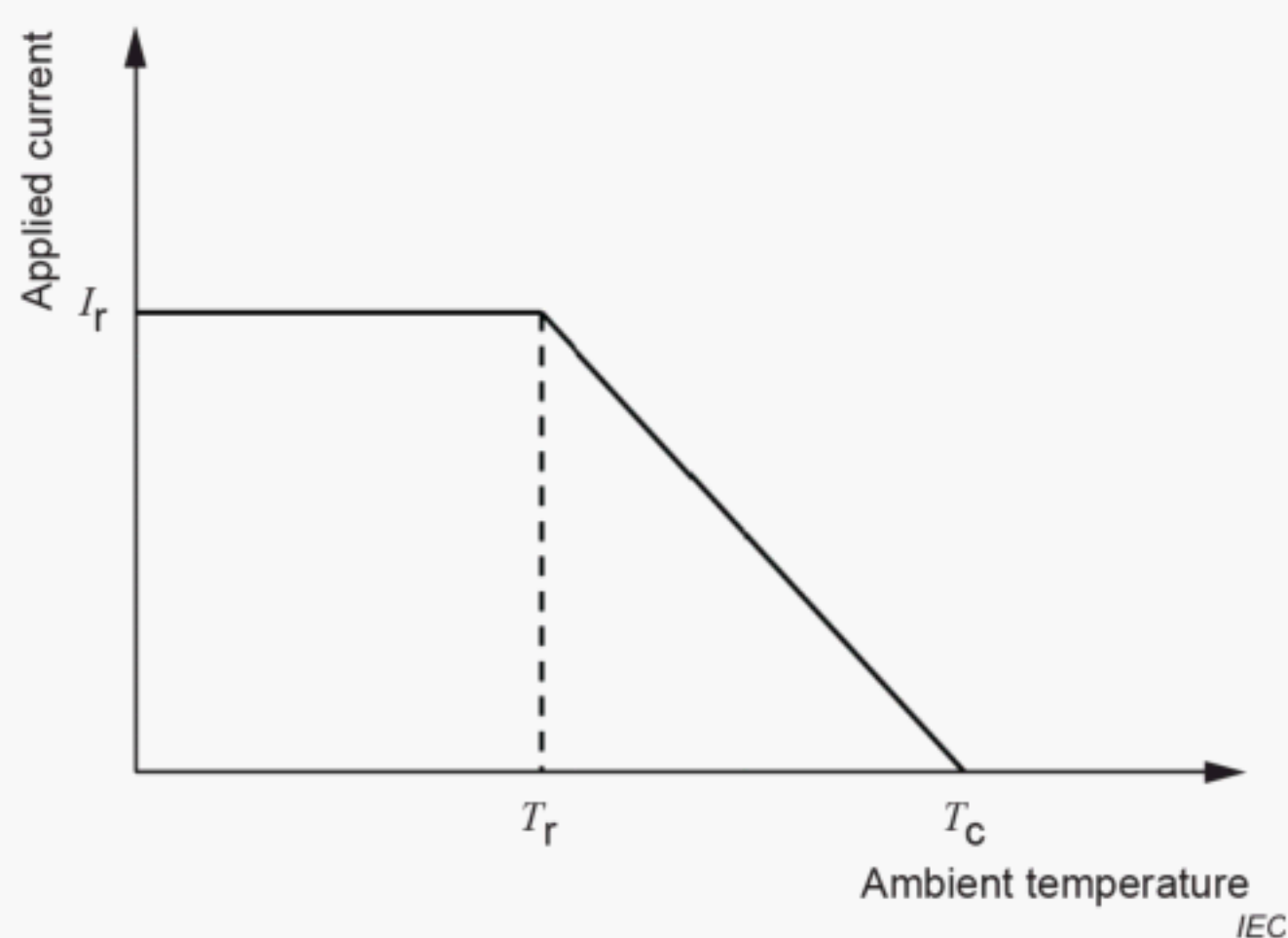


Figure 1 – Relation between ambient temperature and applied current

If not stated otherwise in the detail specification, a linear derating of applied current over ambient temperature is assumed up to zero current at the upper category temperature T_C .

4.3 Information to be given in a detail specification

4.3.1 General

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

Detail specifications shall not specify requirements inferior to those of the generic or sectional specification. When more severe requirements are included, they shall be listed separately.

4.3.2 Outline drawing and dimensions

There shall be an illustration of the inductor as an aid to easy recognition and for comparison of the inductor with others. Dimensions and their associated tolerances, which affect interchangeability and mounting, shall be indicated upon the drawing. All dimensions shall be stated in millimetres.

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

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

4.3.3 Mounting

The detail specification shall specify the method of mounting to be recommended for normal use and the method, which is mandatory for the application of the vibration and shock tests. The design of the inductor may be such that special mounting fixtures are required in its use. In this case, the detail specification shall describe the mounting fixtures and they shall be used in the application of the bump, shock and vibration tests. The specified heat sink shall be used in the application of the endurance test.

4.3.4 Ratings and characteristics

The ratings and characteristics shall be in accordance with the relevant clauses of this sectional specification. Additional characteristics may be listed, when they are considered necessary to specify adequately the inductor for design and application purposes.

4.4 Insulated inductors for power line applications

Insulated inductors may be built either with housing or with isolated wires where the isolation provides basic or reinforced insulation, e.g. TIW, FIW-wires, PVC-isolated wires, wires in insulation sleeves or the like. The isolated wires or the insulating materials used shall be in accordance with relevant IEC standards.

Fully insulated winding wires (FIW) shall comply by certificate with IEC 60851-5, IEC 60317-0-7 and IEC 60317-56. They may be applied maximum for insulation class F. FIW wires are chosen from Table F.1 to have a minimum dielectric test voltage to withstand the voltage test B or C with the test voltage defined in Table 1.

Insulation materials used between terminals and windings, for housing or potting, shall be certified to a minimum rating of V-2, VTM-2 or HF-2 according to IEC 60695-11-10, IEC 60695-11-20 (or UL 94) at the appropriate minimum thickness, which is determined by the smallest thickness of insulation in direct contact with a conductor.

4.5 Marking

Necessary marking according to the relevant specifications shall be prescribed in the detail specification. Deviations from these requirements shall be listed separately and the reason for it stated specifically in the detail specification.

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

- 1) manufacturer's name or trade mark;
- 2) manufacturer's type designation;
- 3) recognized approval mark;
- 4) nominal inductance and its tolerance;
- 5) rated voltage;
- 6) rated current;
- 7) identification of terminations or circuit diagram;
- 8) rated temperature;
- 9) climatic category;
- 10) year and month or week of manufacture, maybe in code form;
- 11) reference to the detail specification.

Marking of the inductor may be omitted when the manufacturer considers that there is insufficient space, and this fact is recorded in the detail specification. When present, the marking shall be sufficient to provide a clear identification of the inductor. Any duplication of information in the marking on the inductor should be avoided.

The packaging containing the inductors shall be clearly marked with all the information listed above except 7) identification of terminations or circuit diagram. Any additional marking shall be so applied that no confusion can arise.

The marking information may be applied as QR Code.

5 Safety tests for approval

5.1 General

5.1.1 Approval on the basis of the fixed sample size procedures

This document covers a procedure for qualification approval tests. A test procedure is given with mandatory safety tests and optional tests. Not all mandatory safety tests may be applicable on every type of inductors as prescribed by the detail specification. Optional performance tests shall be performed, if required in the detail specification.

Prior to the approval testing for safety tests only, it is necessary to submit to the certification body a declaration of design (see Annex C) registering essential data and basic design details of the inductors for which approval is sought. IEC 60938-2-2 provides a blank detail specification for safety tests only. IEC 60938-2-1 provides a blank detail specification including optional performance tests.

The complete series of tests is required for approval of a series of structurally similar inductors of one rated voltage.

The tests of each group shall be carried out in the order given. The whole sample shall be subjected to the tests of group 0 and then divided for the other groups. Non-conforming items found during the tests of group 0 shall not be used for the other groups.

"One non-conforming item" is counted when an inductor has not satisfied the whole or part of the tests of a group. The approval is granted when the number of non-conformances does not exceed the specified number of permissible non-conforming items for each group or subgroup and the total number of permissible non-conformances indicated in Annex A.

Annex A and Annex B together form the fixed sample size test schedule, for which Annex A describes the details for the sampling and permissible non-conforming items for the different tests or groups of tests. The conditions of tests and requirements for the fixed-sample-size test schedule shall be identical to those prescribed in the detail specification.

5.1.2 Structurally similar inductors

Inductors are structurally similar when for their range of inductance values they have the following common characteristics:

- a) essentially the same materials;
- b) similar design features and manufacturing techniques;
- c) same rated voltage;

5.1.3 Sampling

Each rated voltage shall be separately qualified. The total number of inductors of each rated voltage to be tested in each group is given in Annex A. For each rated voltage, the sample shall contain equal numbers of specimens of the highest and lowest inductance and the highest and lowest rated current in the range to be qualified. Where only one inductance value or rated current value is involved, the total number of inductors shall be tested.

Spare specimens are permitted as follows:

- a) one per inductance/rated current combination which may be used to replace the permitted non-conforming items in group 0;
- b) one per inductance/rated current combination which may be used as replacements for specimens lost due to incidents not attributable to the manufacturer or the test sequence;
- c) the remainder of the spares may be required if it is necessary to repeat any test solderability or resistance to soldering heat;
- d) spares may be kept at the premises of the manufacturer instead of being sent to the testing station;

The numbers of samples given in group 0 assume that all groups are applicable. If this is not the case, numbers may be reduced accordingly.

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

Re-qualification tests according to Annex B may be required by the certification body when a change of the design as given in Annex C is intended. The certification body will be informed about the intended change(s) and decide whether re-qualification tests have to be performed.

5.2 Standard atmospheric conditions

Refer to 5.2 of IEC 60938-1:2021 without changes.

5.3 Visual examination

5.3.1 Dimensions (gauging)

The condition, workmanship and finish shall be satisfactory as checked by visual examination. Marking shall be legible and shall conform to the requirements of the detail specification. The dimensions indicated in the detail specification and being suitable for gauging shall be checked. They shall comply with the values prescribed in the detail specification.

5.3.2 Dimensions (detail)

For mains inductors, creepage distances and clearances on the outside of the inductor between live parts of different polarity or between live parts and a metal case shall be not less than the appropriate values given in Annex D and Annex E.

Compliance shall be checked by measurement of clearance and creepage distances according to the rules laid down in IEC 60335-1 or IEC 60664-1. Additional requirements may be necessary for special-use inductors. Potting or sealing materials appear in lieu of clearance.

Instead of fulfilling requirements for clearance and creepage inside inductors, the windings may be insulated e.g. by potting or insulation sleeves or the windings might be built from insulated wires, e.g. TIW, FIW-wires, PVC-isolated wires, or the like.

As in many cases, only clearance distances can be properly measured, the design of the inductor shall assure that the according creepage distance requirements are fulfilled, if the clearance is assured.

All other dimensions shall comply with the values prescribed in the detail specification.

5.4 Insulation resistance

Refer to 5.4 of IEC 60938-1:2021 with the following details:

- a) the measuring voltage is to be used according to Table 2 of IEC 60938-1:2021;
- b) the method of applying the test voltage for test C shall be the foil method;
- c) the measurement time shall be 60 s;
- d) no special precautions unless stated otherwise in the detail specification;
- e) no correction factors unless stated otherwise in the detail specification;
- f) standard atmospheric conditions unless stated otherwise in the detail specification;
- g) the minimum value of insulation resistance with tests A, B and C shall be 6 MΩ.

5.5 Voltage test

Refer to 5.5 of IEC 60938-1:2021 with the following details:

- a) the test voltage to be applied to mains inductors is given in the following Table 1 for basic insulation. For reinforced insulation, the test voltages for Tests B, C and D are doubled.

Table 1 – Test voltages

Inductors for	Test A* between terminations	Test B – Internal insulation Test C – External insulation Test D** – Between windings and core
AC	$3 U_R$ V AC with a minimum of 350 V AC or $4,3 U_R$ V DC with a minimum of 500 V DC	$2 U_R + 1\,500$ AC with a minimum of 2 000 V AC
DC	$2,2 U_R$ V AC with a minimum of 350 V AC or $3 U_R$ DC with a minimum of 500 V DC	$2 U_R + 1\,500$ DC
* Applies only to inductors with more than one winding. ** Test required only if the core can be mounted to other metal parts over basic or reinforced insulation		

- b) the method of applying the test voltage for test C shall be the foil method;
- c) for approval testing, the full test voltage shall be applied for 1 min. For routine tests, the detail specification may specify a shorter time, typically 1 s;
- d) for routine tests AC or DC test voltages may be applied regardless whether AC or DC inductors are tested.

The test time shall begin when the test voltage is reached. Repetition of the voltage proof test may damage the inductor.

5.6 Inductance

Unless otherwise stated in the detail specification, the following measuring conditions apply:

a) the measuring frequency shall be chosen from the following:

1 MHz \pm 20 %	for	$L \leq 10 \mu\text{H}$
100 kHz \pm 20 %	for	$10 \mu\text{H} < L \leq 1 \text{ mH}$
10 kHz \pm 20 %	for	$1 \text{ mH} < L \leq 50 \text{ mH}$
50 Hz to 120 Hz	for	$L > 50 \text{ mH}$

b) the measuring current shall be 0,1 mA \pm 10 %. For some inductance values, it may be desirable to use other current, voltage or frequency. The values of current, voltage and frequency shall be given in the detail specification.

5.7 Line resistance

Line resistance between any input terminal and the corresponding output terminal shall be measured using a DC measurement method with an applied voltage of less than 10 V. It shall not exceed the limit prescribed in the detail specification. The detail specification may specify precise points of connection between the terminals and the measuring instrument.

5.8 Insertion loss (optional)

The measurement shall only be applied, if stated in the detail specification. The measurement method shall be taken from CISPR 17.

5.9 Temperature rise (applies to inductors with a mass > 5 g only)

5.9.1 General

The purpose of the test is to show that when the relevant temperature rise is added to the rated temperature, the maximum working temperature of the internal insulation or of the inductive element(s) is not exceeded. See 5.9 of IEC 60938-1:2021 with the following details.

5.9.2 Test method

The inductor shall be placed in a chamber maintained at an ambient temperature as close as possible to the rated temperature. The rated AC current or a DC current equal to the RMS value of the rated AC current shall be applied.

After thermal equilibrium has been reached, the internal temperature of the inductor shall be determined by evaluating the change of resistance of the inductor series resistance.

The internal temperature T_2 at thermal equilibrium shall be calculated from the measured resistance R_2 between the input and the output terminals at the temperature T_2 and its measured resistance R_1 at the test chamber temperature at the start of the test T_1 using the formula:

$$T_2 = \frac{R_2}{R_1} (235 + T_1) - (T_3 - T_1) - 235 \text{ (for copper)}$$

$$T_2 = \frac{R_2}{R_1} (225 + T_1) - (T_3 - T_1) - 225 \text{ (for aluminium)}$$

where T_3 is the temperature of the test chamber at the end of the test and T_1 , T_2 and T_3 are expressed in degrees Celsius.

Where other metals are used for the inductor windings, the appropriate formula shall be stated in the detail specification.

The resistance R_2 is measured either after switching off the supply, or without interruption of the supply by means of the superposition method, which consists of injecting into the winding a DC current of low value superimposed on the load current. The use of superimposed DC current for the measurement of the resistances of AC machines is described in IEC TR 60279¹.

As T_2 is intended to be the internal temperature when the inductor is operating in an ambient of the rated temperature T_1 , the factor $(T_3 - T_1)$ is introduced to correct for any change of temperature of the ambient temperature, which may occur during the course of the test.

5.9.3 Requirements

The internal temperature T_2 shall not exceed the temperature specified in the detail specification. The detail specification shall not specify a temperature higher than specified in IEC 60085 for the lowest class of insulation contained within the inductor.

5.10 Impulse voltage (applies to inductors with more than one winding only)

5.10.1 Test conditions

This test is to be carried out as a sequence with the endurance test described in 5.11. Inductors shall be submitted to an impulse voltage test with a full 1,2/50 μ s wave according to IEC 60060-1. Three pulses of the same polarity shall be applied to each inductor. The time between impulses shall not be less than 10 s. The impulses shall be applied across the same terminals as the subsequent endurance test voltage. The crest voltage shall be 4 kV between terminations of different polarity and 5 kV between terminations and case.

5.10.2 Initial measurements

Initial measurements have been made in group 0.

5.10.3 Requirements

There shall be no permanent breakdown or flashover.

5.11 Endurance

5.11.1 Test conditions – Endurance current test (applies to inductors with a mass < 5 g only)

This test is not applicable to inductors with a mass greater than 5 g.

This test shall be carried out within one week of the completion of the impulse voltage test in 5.10. See 5.11 of IEC 60938-1:2021, with the following details:

The inductors shall be mounted in the test chamber using such heat-sink arrangements specified by the detail specification as appropriate for normal use with the inductor at the current and temperature specified in the test.

¹ Withdrawn.

After the chamber has been stabilized at the rated temperature, the test current of 1,1 times rated current shall be passed through the inductors. The frequency of the test current shall be 50 Hz unless the detail specification specifies that the rated frequency shall be used.

A fuse or other suitable device may be connected in the circuit of each inductor to indicate if failure occurs.

After 1 000 h, the inductors shall be allowed to recover for 1 h to 26 h and shall then meet the requirements of 5.11.3.

5.11.2 Test conditions – Endurance voltage test between terminations (applies to inductors with more than one winding only)

The inductors shall be submitted to an endurance test of 1 000 h at the upper category temperature. The voltage applied shall be $1,25 U_R$ at rated frequency, except that once every hour the voltage shall be increased to 1 000 V RMS, 50 Hz or rated frequency if this is specified in the detail specification for 0,1 s. Each of these voltages shall be applied to each inductor, individually across the terminals designed to be connected to the mains supply through a resistor of $47 \Omega \pm 5 \%$. For frequencies of test voltages above 100 Hz, a resistor of lower value than 47Ω may be prescribed by the detail specification. A suitable circuit is shown in Annex C of IEC 60938-1:2021.

The test circuit should be designed so that voltage transients and current surges are avoided during switching. This may be achieved by discharging the capacitance of the inductor before switching to the new voltage provided that the total time taken to change over to 1 000 V and back does not exceed 30 s.

A fuse or other suitable device may be connected in the circuit of each inductor to indicate if failure occurs.

After 1 000 h, the inductors shall be allowed to recover for 1 h to 26 h and shall then meet the requirements of 5.11.3.

5.11.3 Final inspection, measurements and requirements

The inductors shall be visually examined. There shall be no visible damage and any marking shall be legible.

The voltage test according to 5.5 shall be carried out with 66 % of the test voltage. There shall be no permanent breakdown or flashover.

The insulation resistance shall be measured according to 5.4. The value shall exceed 3 M Ω . The DC line resistance shall be measured according to 5.7. The value shall be within the original limit prescribed in the detail specification.

5.12 Robustness of terminations

5.12.1 General

Leaded inductors shall be subjected to tests U_{a1} , U_b , U_c and U_d of IEC 60068-2-21 if applicable. SMD terminals shall be subjected to tests U_{a1} and U_e if applicable. Refer to the following details.

5.12.2 Test Ua1 – Tensile

The force applied shall be:

- for terminations other than wire terminations: 20 N;
- for wire terminations, see Table 2.

Table 2 – Force for tensile stress on terminations

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

5.12.3 Test Ub – Bending

Method 1: two consecutive bends shall be applied in each direction to the first half of the samples. This test shall not apply if, in the detail specification for the inductors, the terminations are described as rigid.

5.12.4 Test Uc – Torsion

Method A, severity 2 (two successive rotations of 180°) shall be used on the second half of the samples. This test is not applicable if, in the detail specification, the terminations are described as rigid and connected to inductors with unidirectional terminations designed for printed board applications.

5.12.5 Test Ud – Torque

The torque test is applicable for terminations with threaded studs or screws and for integral mounting devices using the torques of Table 3.

Table 3 – Torque

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

5.12.6 Test Ue – Robustness of terminations of SMD-components mounted on PCB

The test Ue1 of IEC 60068-2-21 shall be applied. The detail specification may require the test Ue2 and Ue3 if applicable.

5.13 Vibration

5.13.1 Test conditions

See 5.13 of IEC 60938-1:2021 with the following details:

One of the following severities of test Fc, as specified in the detail specification:

Displacement or acceleration, whichever is the lower acceleration as specified in the following Table 4.

Table 4 – Acceleration

Mass group	Amplitude or acceleration (whichever is the lower acceleration)
>5 g	0,35 mm or 49 m/s ² (5 g)
≤5 g	0,75 mm or 98 m/s ² (10 g)

Over one of the following frequency ranges:

- 10 Hz to 55 Hz;
- 10 Hz to 500 Hz;
- 10 Hz to 2 000 Hz,

the total number of sweep cycles to be applied are specified in the following Table 5.

Table 5 – Sweep cycles

Frequency Hz	Total number of sweep cycles
10 to 55	3 × 24
10 to 500	3 × 10
10 to 2 000	3 × 8

The detail specification shall specify the frequency range and shall prescribe the mounting method to be used.

5.13.2 Requirements

The inductors shall be visually examined and no visible damage shall occur.

5.14 Shock

5.14.1 Test conditions

See 5.14 of IEC 60938-1:2021 with the following details:

The detail specification shall state which of the preferred severities in the following Table 6 applies. Pulse shape: half-sine.

Table 6 – Preferred severities

Peak acceleration	Corresponding duration of the pulse
m/s ² (g)	ms
294 (30)	18
490 (50)	11
981 (100)	6

The detail specification shall also prescribe the mounting method to be used.

5.14.2 Requirements

The inductors shall be visually examined and no visible damage shall occur. The DC line resistance shall be measured and meet the requirements as prescribed in 5.7.

5.15 Resistance to soldering heat

This test is not applicable to inductors having leads with insulation length greater than 10 mm or with snap on terminations. Otherwise, refer to 5.15 of IEC 60938-1:2021 with the following details:

- a) no pre-drying,
- b) final inspection, measurements and requirements: The inductors shall be visually examined. There shall be no visible damage.

5.16 Solderability (optional)

5.16.1 General

Inductors with terminations intended to be soldered shall be subjected to the applicable test prescribed in 5.16 of IEC 60938-1:2021 if required in the detail specification with the following details.

5.16.2 Preconditioning

No aging is required.

5.16.3 Test procedure

For the solder bath method, the following requirements apply:

- Bath temperature: 245 °C ± 3 °C.
- Immersion time: 3 s ± 0,3 s.

5.16.4 Final inspection, measurements and requirements

When the test has been carried out, the inductors shall be visually examined. There shall be no visible damage. The terminations shall be examined for good tinning as evidenced by free flowing of the solder with wetting of the terminations or solder shall flow within 3 s, as applicable.

5.17 Rapid change of temperature (optional)

The test prescribed in 5.17 of IEC 60938-1:2021 shall be applied with the following details if required in the detail specification.

Number of cycles: 5

Duration of exposure at the temperature limits:

- 1 h for mass group <250 g;
- 3 h for mass group ≥250 g.

5.18 Container sealing (if applicable)

Inductors rated with an IP class of more than IP00 shall be subjected to the procedure of the appropriate methods of test Q of IEC 60068-2-17.

5.19 Climatic sequence (optional)

5.19.1 General

Refer to 5.19 of IEC 60938-1:2021 with the following details:

Initial measurements are not required.

5.19.2 Dry heat

No measurements are required at the upper category temperature.

5.19.3 Damp heat, cyclic, test Db, first cycle

Refer to 5.19.3 of IEC 60938-1:2021.

5.19.4 Cold

No measurements are required at the lower category temperature.

5.19.5 Low air pressure

Refer to 5.19.5 of IEC 60938-1:2021 with the following details:

If required in the detail specification, the test shall be made at a room temperature of 15 °C to 35 °C and a pressure of 8,0 kPa, unless otherwise stated in the detail specification. The duration of the tests shall be 1 h.

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

5.19.6 Damp heat, cyclic, test Db, remaining cycles

See 5.19.6 of IEC 60938-1:2021.

5.19.7 Final inspection, measurements and requirements

After recovery, the inductors shall be visually examined and measured and shall meet the following requirements. No visible damage shall occur and any marking shall be legible. The DC line resistance shall meet the requirement as stated in the detail specification. The inductance shall be measured and the value shall be within $\pm 30\%$ of the value measured in group 0. The voltage test of 5.5 shall be repeated with a test voltage of 66 % of the voltage applied in group 0. No breakdown or flashover shall occur. The insulation resistance shall be measured and the value shall be $>3\text{ M}\Omega$.

5.20 Damp heat, steady state

Final inspection, measurements and requirements: After recovery, the inductors shall be visually examined and measured and shall meet the following requirements. No visible damage shall occur and any marking shall be legible. The DC line resistance shall meet the requirement as stated in the detail specification. The inductance shall be measured and the value shall be within $\pm 30\%$ of the value measured in group 0. The voltage test of 5.5 shall be repeated with a test voltage of 66 % of the voltage applied in group 0. No breakdown or flashover shall occur. The insulation resistance shall be measured and the value shall be $>3\text{ M}\Omega$.

5.21 Passive flammability (optional)

If required in the detail specification, the inductors shall undergo the needle flame test of IEC 60695-2-2² with the following requirements.

Three specimens of each case size contained in the test sample shall be tested.

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

Time of exposure to flame and burning time: see Table 7. If applicable, the detail specification shall specify the category of passive flammability. When specified, the minimum category of passive flammability permitted is category C.

Table 7 – Severities and requirements for passive flammability

Category of flammability	Severities				Maximum burning time
	Flame exposure time (s) for inductor volume ranges (mm³)				
	s				
	Volume ≤ 250	250 < volume ≤ 500	500 < volume ≤ 1 750	Volume > 1 750	
A	15	30	60	120	3
B	10	20	30	60	10
C	5	10	20	30	30

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

5.22 Glow wire (optional)

Glow wire tests in accordance with IEC 60335-1 or other end-application standards shall be performed on finished inductors or representative samples of insulation material if required by the detail specification. This test is applicable only on flat surfaces of solid insulation material with a thickness of more than 0,2 mm.

The detail specification shall prescribe the minimum requirements for GWIT according to IEC 60695-2-13 and GWFI according to IEC 60695-2-12 on material samples. Alternatively, the detail specification prescribes requirement for GWT (GWEPT) according to IEC 60695-2-11 on insulation parts of finished products. The minimum temperature shall not be below 550 °C at the GWEPT test.

² Withdrawn.

5.23 Ball pressure (optional)

Solid insulation of inductors: housing, base plate and/or bobbin shall be subjected to a ball pressure test according to IEC 60695-10-2 if required in the detail specification. This test is alternatively conducted on samples of the insulating material.

The test temperature for the ball pressure test is 40 °C plus the upper category temperature T_c but not less than 125 °C.

Inductors shall meet the requirements of IEC 60695-10-2, Method A, "the test is passed, if the diameter d of the ball indentation does not exceed 2,0 mm".

5.24 Component solvent resistance

The initial measurement is that in Group 0.

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

- a) solvent to be used: Propan-2-ol (Isopropyl alcohol);
- b) solvent temperature: 23 °C ± 5 °C;
- c) conditioning: method 2, without rubbing;
- d) recovery time: 48 h, unless otherwise stated in the detail specification.

The inductance measurement of 5.7 shall then be made and the measured inductance shall be within the tolerance declared in the detail specification.

5.25 Solvent resistance of marking

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

- a) solvent to be used: Propan-2-ol (Isopropyl alcohol);
- b) solvent temperature: 23 °C ± 5 °C;
- c) conditioning: method 1, with rubbing;
- d) rubbing material: cotton wool;
- e) recovery time: not applicable, unless otherwise stated in the detail specification.

After the test, the marking shall be legible.

Annex A

(normative)

Sampling plan

Group	Test	Sub-clause	Number of specimens tested per rated voltage and mass group ¹	Number of permissible non-conforming items	
				Per group	Total
0	Visual examinations	5.3			
	Dimensions (gauging)	5.3.1			
	Line resistance	5.7			
	Inductance	5.6	40/22/14/7	2/1/1/1	2/1/1/1
	Voltage test	5.5			
	Insulation resistance	5.4			
	Spares		4/2/2/1		
1A	Dimensions (detail)	5.3.2	10/6/2/1	0	0
	Creepage distances and clearances	5.3.2			
	Robustness of terminations	5.12			
	Resistance to soldering heat	5.15			
	Component solvent resistance	5.24			
1B ²	Solderability	5.16	18/12/6/3	0	
	Solvent resistance of marking	5.25			
	Rapid change of temperature	5.17			
	Vibration	5.13			
	Shock	5.14			
1 ²	Container sealing	5.18	28/18/8/4	0	
	Climatic sequence	5.19			
2	Damp heat, steady state	5.20	18/10/8/4	0	
	Temperature rise	5.9	6/3/2/1	0	
3A	or	or			
	Endurance current	5.11			
3B	Impulse voltage	5.10	6/3/2/1	0	
	Endurance voltage between line terminations	5.11			
4 ²	Passive flammability	5.21	see 5.21	0	
	Glow wire	5.22	see detail specification		
	Ball pressure	5.23			

¹ The number of specimens indicated relate to the mass limits as follows:
≤ 5 g
> 5 g and ≤ 250 g
> 250 g and ≤ 1 500 g
> 1 500 g respectively.

Where a range is qualified which contains inductors within more than one of the mass classifications listed above, the number of specimens selected shall be that for the classification in which the majority of the values in the range fall.

² If required in the detail specification.

Annex B (normative)

Test schedule

Subclause number and test		Destructive	Conditions of test	Requirements
Group 0		NO		
5.3.1	Dimensions (gauging)			See detail specification
5.3	Visual examination			No visible damage
				Legible marking
5.7	DC line resistance			See detail specification
5.6	Inductance			Within specified tolerance
5.5	Voltage test		See detail specification for the method, duration: 1 min	No breakdown or flashover
5.4	Insulation resistance		See detail specification for the method	> 6 MΩ
Group 1A		YES		
5.3.2	Dimensions (detail)			See detail specification
	Creepage distances and clearances			
5.12	Robustness of terminations		For method and severity: see detail specification	No visible damage
5.15	Resistance to soldering heat		See 5.15	No visible damage
5.24	Component solvent resistance			Marking legible
Final measurements			DC line resistance	As in group 0
			Voltage test at 66 % test voltage	No breakdown or flashover
			Visual examination	No visible damage, marking legible
Group 1B		YES		
5.16	Solderability		See detail specification	Good tinning, evidenced by free flowing of solder with wetting of the terminations or solder shall flow within 3 s as applicable
5.25	Solvent resistance of the marking			
5.17	Rapid change of temperature		θ_A = Lower category temperature	
			θ_B = Upper category temperature	
			Five cycles Duration t = 1 h or 3 h	
5.13	Vibration		See detail specification	
5.14	Shock		See detail specification	
	Final measurements		Visual examination	No visible damage
			DC line resistance	As in group 0

Subclause number and test		Destructive	Conditions of test	Requirements
Group 1		YES		
5.18	Container sealing		Test Qc or Qd as described in the detail specification	No leakage
5.19	Climatic sequence			No permanent breakdown, no flashover, no harmful deformation
	Dry heat		Temperature: upper category temperature Tc	
	Damp heat, cyclic, Test Db, first cycle			
	Cold		Temperature: lower category temperature	
	Low air pressure		8 kPa, 1 h	
	Visual examination		unless stated otherwise in the detail specification	
	Damp heat, cyclic, Test Db, remaining cycles			
			Recovery: 1 h to 26 h	
Final measurements			Visual examination	No visible damage
				Legible marking
			DC line resistance	As in group 0
			Inductance	Within ± 30 % of the value measured in group 0
			Voltage test with 66 % of the voltage applied in group 0	No breakdown or flashover
			insulation resistance	$\geq 3 \text{ M}\Omega$
Group 2		YES		
5.20	Damp heat, steady state			
			Recovery: 1 h to 26 h	
Final measurements			Visual examination	No visible damage
				Legible marking
			DC line resistance	As in group 0
			Inductance	Within ± 30 % of value measured in group 0
			Voltage test	No breakdown or flashover
			Voltage: 66 % of voltage applied in group 0	
			A polarizing voltage shall be applied if specified in the detail specification	
			Insulation resistance	$\geq 3 \text{ M}\Omega$

Subclause number and test		Destructive	Conditions of test	Requirements
Group 3A		YES		
5.9	Temperature rise (inductors with mass >5 g only)		Duration: until thermal equilibrium has been reached	Internal temperature not higher than lowest insulation class
			Current: rated current	
			Ambient temperature: rated temperature	
or				
5.11	Endurance, current (inductors with mass ≤5 g only)		Duration: 1 000 h	
			Current: 1,1 × rated current	
			Recovery: 1 h to 26 h	
Group 3B		YES		
inductors with more than one winding only				
5.10	Impulse voltage		3 impulses, full wave	No breakdown or flashover
			Crest voltage: see 5.10	
5.11	Endurance, voltage between line terminations		Duration: 1 000 h	
			Voltage and temperature, see 5.11	
			Recovery: 1 h to 26 h	
Group 3				
Final measurements			Visual examination	No visible damage
				Legible marking
			DC line resistance	As for group 0
			Voltage test with 66 % of the voltage applied in group 0	No breakdown or flashover
			Insulation resistance	≥ 3 MΩ
			Inductance	Within ± 30 % of the value measured in group 0
Group 4		YES		
5.21	Passive flammability			As in 5.21
5.22	Glow wire			Detail specification
5.23	Ball pressure			ball indentation not to exceed 2,0 mm

Annex C (normative)

Declaration of design

The purpose of this description is to register essential data and the basic design of the inductors for which approval is sought. The completed form shall be submitted to the relevant certification body prior to any approval tests; its circulation to other parties is left to the decision of the manufacturer.

The declaration of design is confidential to the manufacturer and the certification body.

Changes of the declared design are permitted only after notifying the certification body in writing. In this case, the certification body will decide on necessary steps to be taken. As a maximum, a complete re-qualification may be required.

Registration number: to be allocated by the certification body

- 1 Applicant:
- 2 Manufacturer:
- 3 Manufacturing site:
- 4 Type designation:
- 5 Circuit diagram:
- 6 Identification of materials
 - 6.1 Encapsulation (if applicable)
 - 6.2 Insulation sleeve (if applicable)
 - 6.3 Core
 - 6.4 Wire
 - 6.5 Others
- 7 Constructional details

Location		Date		Signature
----------	--	------	--	-----------

Annex D (normative)

Clearance

Minimum clearance distance between live parts of different polarity or between live parts and a metal case are given in the following Table D.1 based on an overvoltage category III and an altitude of less than 2 000 m.

Table D.1 – Clearance distances

	Mains supply nominal voltage line-to-neutral up to and including				
	AC voltage	150 V	300 V	600 V	1 000 V
	DC voltage	250 V	450 V	900 V	1 500 V
Between live parts of different polarity		1,5 mm	2,5 mm	3,0 mm	5,5 mm
Between live parts and other metal parts over basic insulation		1,5 mm	3,0 mm	5,5 mm	8,0 mm
Between live parts and other metal parts over reinforced insulation		3,0 mm	5,5 mm	8,0 mm	14 mm

Using interpolation to determine other clearance distances for intermediate supply voltages is prohibited.

Inductors complying with this table may be used in applications for Overvoltage categories I, II and III with the exception of OC II for 1 250 V DC to 1 500 V DC. Overvoltage category IV may require bigger clearance. Overvoltage categories II and I may allow lower clearance refer to IEC 60664-1.

Refer to IEC 60664-1 for multiplication factors for altitudes higher than 2 000 m.

Annex E (normative)

Creepage

Required creepage distances depend on the pollution degree in the relevant micro-environment as well as the comparative tracking index (CTI) of the insulating material used.

The degrees of pollution in the micro-environment are established based on IEC 60664-1. The following assumptions regarding pollution degrees in relevant micro-environments shall be considered in this document as long as no deviating conditions are explicitly specified:

- Pollution degree 3: Valid for terminals outside of inductors
- Pollution degree 2: Valid inside of inductors with a housing and without complete coverage by potting compound or varnish
- Pollution degree 1: Valid inside fully potted or varnished areas or sealed housing

For inductors without housing and for micro-environments openly exposed to the environment, the pollution degree defined by the application is valid. In general, pollution degree 2 is assumed for design considerations, if not specified otherwise.

Insulation materials are separated into four groups according to their CTI values, as follows:

Material group I	$600 \leq \text{CTI}$
Material group II	$400 \leq \text{CTI} < 600$
Material group IIIa	$175 \leq \text{CTI} < 400$
Material group IIIb	$100 \leq \text{CTI} < 175$

These CTI values refer to values obtained, in accordance with IEC 60112, on samples of the relevant material specifically made for the purpose and tested with solvent A. For materials where the CTI value is not known, material group IIIb is assumed. Alternatively, the method for determining the PTI may be used according to IEC 60112 with test solvent A. Materials of CTI group IIIb shall not be used for insulation purpose with direct support of powered conductors. Materials of CTI group IIIb shall not be used for working voltages above 630 V.

Creepage distances between live parts of different polarity or between live parts and a metal case shall not be less than the appropriate values given in the following Table E.1.

Table E.1 – Creepage distances

	Pollution degree						
	1	2			3		
	All material groups	Material group			Material group		
RMS		I	II	III	I	II	III
V	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
25	0,125	0,50	0,50	0,50	1,25	1,25	1,25
50	0,18	0,60	0,85	1,20	1,50	1,70	1,90
63	0,20	0,63	0,90	1,25	1,60	1,80	2,00
125	0,28	0,75	1,05	1,50	1,90	2,10	2,40
160	0,32	0,80	1,10	1,60	2,00	2,20	2,50
250	0,56	1,25	1,80	2,50	3,20	3,60	4,00
320	0,75	1,60	2,20	3,20	4,00	4,50	5,00
400	1,0	2,0	2,80	4,0	5,0	5,6	6,3
500	1,3	2,5	3,6	5,0	6,3	7,1	8,0
630	1,8	3,2	4,5	6,3	8,0	9,0	10,0
800	2,4	4,0	5,6	8,0	10,0	11,0	12,5
1 000	3,2	5,0	7,1	10,0	12,5	14,0	16,0
1 250 (DC only)	4,2	6,3	9,0	12,5	16,0	18,0	20,0
1 500 (DC only)	5,2	7,5	10,4	15,0	19,0	21,0	24,0

Creepage distances for reinforced insulation shall be designed with double the value of this table. For any working voltages between the values of this table, the necessary creepage may be interpolated linearly between the given limits.

When using ribs, for working voltages ≥ 500 V, creepage may be reduced according to IEC 60664-1. When using glass, mica, ceramics or other inorganic insulating materials, which do not track, it is permitted to apply the value of minimum clearance as the minimum creepage distance.

Annex F (normative)

Fully insulated winding wires

Table F.1 – FIW wires with their minimum test voltages

Nominal conductor diameter D_{Cu} in mm	Minimum test voltage values in V per wire for basic or reinforced insulation, duration of 60 s						
	Grade of FIW 3	Grade of FIW 4	Grade of FIW 5	Grade of FIW 6	Grade of FIW 7	Grade of FIW 8	Grade of FIW 9
0,040	714	904	1 428	1 904	2 380	2 856	
0,045	809	1 047	1 618	2 142	2 666	3 189	
0,050	809	1 095	1 618	2 142	2 666	3 189	
0,056	904	1 238	1 761	2 332	2 904	3 475	
0,063	1 000	1 285	1 904	2 523	3 142	3 760	
0,071	1 000	1 285	1 904	2 523	3 142	3 760	4 379
0,080	1 047	1 380	2 047	2 713	3 380	4 046	4 712
0,090	1 142	1 476	2 142	2 808	3 475	4 141	4 808
0,100	1 238	1 571	2 332	3 094	3 856	4 617	5 379
0,112	1 261	1 622	2 388	3 154	3 919	4 685	5 451
0,125	1 352	1 757	2 568	3 379	4 190	5 001	5 811
0,140	1 442	1 892	2 793	3 694	4 595	5 496	6 397
0,160	1 577	2 072	3 063	4 055	5 046	6 037	7 028
0,180	1 712	2 253	3 334	4 415	5 496	6 577	7 659
0,200	1 802	2 388	3 514	4 640	5 766	6 893	8 019
0,224	1 937	2 568	3 784	5 001	6 217	7 433	8 650
0,250	2 162	2 838	4 190	5 541	6 893	8 244	9 596
0,280	2 253	2 973	4 370	5 766	7 163	8 560	9 956
0,315	2 388	3 154	4 550	5 947	7 343	8 740	10 136
0,355	2 568	3 334	4 730	6 127	7 523	8 920	10 316
0,400	2 499	3 290	4 582	5 873	7 164	8 455	
0,450	2 666	3 499	4 790	6 081	7 372		
0,500	2 791	3 665	5 373	7 081	8 788		
0,560	2 233	2 956	4 246	5 535	6 825		
0,630	2 359	3 114	4 403	5 692	6 982		
0,710	2 516	3 302	4 592	5 881	7 171		
0,80	2 673	3 522	5 126	6 730			
0,90	2 831	3 743	5 347	6 950			
1,00	2 988	3 931	5 535	7 139			
1,12	2 749	3 618	5 330				
1,25	2 805	3 703	5 414				
1,40	2 889	3 815	5 526				
1,60	3 001	3 955	5 666				

Annex X

(informative)

Cross-references for references to the previous edition of this document

The revision of this sectional specification has resulted in a new structure. The following Table X.1 provides cross-references for all references to specific elements of the previous edition of this sectional specification.

Table X.1 – Cross-references

IEC 60938-2:1999 (Edition 2.1)	IEC 60938-2:2021 (Edition 3.0)	Comment
1.1	1	Scope
1.2	1	
1.3	2	Normative references
1.4	4.3	
1.5	3	Terms and definitions
1.6	4.5	Marking
2.1	4.2.1	
2.2	4.2	
3	Withdrawn without replacement	
4.1	5.3	
4.2	5.5	
4.3	5.4	
4.4	5.6	
4.5	5.7	
4.6	5.12	
4.7	5.15	
4.8	5.16	
4.9	5.17	
4.10	5.13	
4.11	Withdrawn without replacement	
4.12	5.14	
4.13	5.18	
4.14	5.19	
4.15	5.20	
4.16	5.9	
4.17	5.10	
4.18	5.11	
4.19	5.21	
4.20	5.24	
4.21	5.25	

IEC 60938-2:1999 (Edition 2.1)	IEC 60938-2:2021 (Edition 3.0)	Comment
Annex A	Annex B	Test schedule
Annex B	Withdrawn without replacement	
Annex C	IEC 60938-1:2021	Circuit for endurance test
Annex D	Annex C	
Annex E	Withdrawn without replacement	
Table 1	Annex A	Sampling plan
Table 2	Withdrawn without replacement	
Table 3	Table 1	Test voltages
Table 4	Table 4	
Table 5	Table 5	
Table 6	Table 6	

Bibliography

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

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

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

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

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

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

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

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

IEC TR 60279:1969³, *Measurement of the winding resistance of an a.c. machine during operation at alternating voltage*

IEC 60695-2-2:1991⁴, *Fire hazard testing – Part 2: Test methods – Section 2: Needle-flame test*

IEC 60938-2-1, *Fixed inductors for electromagnetic interference suppression – Part 2-1: Blank detail specification – Inductors for which safety tests are required – Assessment level D*

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

³ Withdrawn.

⁴ Withdrawn.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	39
1 Domaine d'application	41
2 Références normatives	41
3 Termes et définitions	42
4 Exigences générales	43
4.1 Généralités	43
4.2 Valeurs assignées et caractéristiques préférentielles	43
4.2.1 Catégories climatiques	43
4.2.2 Inductance nominale et tolérances correspondantes	43
4.2.3 Tension assignée U_R	43
4.2.4 Température assignée T_r	44
4.2.5 Courant assigné I_r	44
4.3 Informations à fournir dans une spécification particulière	44
4.3.1 Généralités	44
4.3.2 Plan d'encombrement et dimensions	44
4.3.3 Montage	45
4.3.4 Valeurs assignées et caractéristiques	45
4.4 Inductances isolées pour les applications des lignes électriques	45
4.5 Marquage	45
5 Homologation des essais de sécurité	46
5.1 Généralités	46
5.1.1 Homologation sur la base de procédures à effectif d'échantillons fixe	46
5.1.2 Inductances de structure similaire	47
5.1.3 Échantillonnage	47
5.2 Conditions atmosphériques normales	48
5.3 Examen visuel	48
5.3.1 Dimensions (passage au calibre)	48
5.3.2 Dimensions (détaillées)	48
5.4 Résistance d'isolement	48
5.5 Essai de tension	48
5.6 Inductance	49
5.7 Résistance de ligne	50
5.8 Perte d'insertion (facultative)	50
5.9 Échauffement (applicable uniquement aux inductances de masse > 5 g)	50
5.9.1 Généralités	50
5.9.2 Méthode d'essai	50
5.9.3 Exigences	51
5.10 Tension de choc (applicable uniquement aux inductances à plusieurs enroulements)	51
5.10.1 Conditions d'essai	51
5.10.2 Mesurages initiaux	51
5.10.3 Exigences	51
5.11 Endurance	51
5.11.1 Conditions d'essai – Essai de courant d'endurance (applicable uniquement aux inductances de masse < 5 g)	51

5.11.2	Conditions d'essai – Essai de tension d'endurance entre connexions de sortie (applicable uniquement aux inductances à plusieurs enroulements)	52
5.11.3	Contrôle final, mesurages et exigences	52
5.12	Robustesse des connexions de sortie	52
5.12.1	Généralités	52
5.12.2	Essai Ua1 – Traction	52
5.12.3	Essai Ub – Flexion.....	53
5.12.4	Essai Uc – Torsion	53
5.12.5	Essai Ud – Couple	53
5.12.6	Essai Ue – Robustesse des connexions de sortie des composants CMS montés sur une carte de circuits imprimés	53
5.13	Vibrations	54
5.13.1	Conditions d'essai	54
5.13.2	Exigences.....	54
5.14	Chocs	54
5.14.1	Conditions d'essai	54
5.14.2	Exigences.....	55
5.15	Résistance à la chaleur de soudage.....	55
5.16	Soudabilité (facultatif)	55
5.16.1	Généralités	55
5.16.2	Préconditionnement.....	55
5.16.3	Mode opératoire d'essai	55
5.16.4	Contrôle final, mesurages et exigences	55
5.17	Variation rapide de température (facultative).....	55
5.18	Étanchéité du conteneur (le cas échéant)	56
5.19	Séquence climatique (facultative)	56
5.19.1	Généralités	56
5.19.2	Chaleur sèche	56
5.19.3	Essai cyclique Db de chaleur humide, premier cycle.....	56
5.19.4	Froid.....	56
5.19.5	Basse pression atmosphérique	56
5.19.6	Essai cyclique Db de chaleur humide, cycles restants	56
5.19.7	Contrôle final, mesurages et exigences	56
5.20	Chaleur humide, essai continu	57
5.21	Inflammabilité passive (facultative)	57
5.22	Fil incandescent (facultatif)	57
5.23	Essai à la bille (facultatif).....	58
5.24	Résistance des composants aux solvants	58
5.25	Résistance du marquage aux solvants	58
Annexe A (normative)	Plan d'échantillonnage	59
Annexe B (normative)	Programme d'essai.....	60
Annexe C (normative)	Déclaration de modèle	63
Annexe D (normative)	Distance d'isolement.....	64
Annexe E (normative)	Ligne de fuite	65
Annexe F (normative)	Fils de bobinage totalement isolés.....	67
Annexe X (informative)	Renvois pour les références à l'édition précédente du présent document.....	68
Bibliographie.....		70

Figure 1 – Relation entre la température ambiante et le courant appliqué	44
Tableau 1 – Tensions d'essai.....	49
Tableau 2 – Effort de traction sur les connexions de sortie	53
Tableau 3 – Couple.....	53
Tableau 4 – Accélération	54
Tableau 5 – Cycles de balayage	54
Tableau 6 – Degrés de sévérité préférentiels	55
Tableau 7 – Degrés de sévérité et exigences pour l'inflammabilité passive	57
Tableau D.1 – Distances d'isolement	64
Tableau E.1 – Lignes de fuite	66
Tableau F.1 – Fils de bobinage totalement isolés (FIW) avec leurs tensions d'essai minimales	67
Tableau X.1 – Renvois.....	68

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INDUCTANCES FIXES D'ANTIPARASITAGE –

**Partie 2: Spécification intermédiaire sur les bobines d'arrêt
pour ligne électrique**

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 de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

L'IEC 60938-2 a été établie par le comité d'études 40 de l'IEC: Condensateurs et résistances pour équipements électroniques. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 1999 et l'Amendement 1:2006. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) le programme d'essai pour les essais de performance a été supprimé; les essais de sécurité obligatoires et les essais de performance facultatifs sont énumérés dans un seul programme d'essai à l'Annexe B;
- b) les exigences relatives aux bobines d'arrêt à thyristor ont été supprimées;

- c) les exigences relatives aux matériaux sont alignées sur les normes IEC 60939-3 et UL 60939-3;
- d) les bobines d'arrêt à courant alternatif d'une tension jusqu'à 1 000 V et les bobines d'arrêt à courant continu d'une tension jusqu'à 1 500 V sont désormais incluses dans le Domaine d'application.

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

FDIS	Rapport de vote
40/2846/FDIS	40/2862/RVD

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

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60938, publiées sous le titre général *Inductances fixes d'antiparasitage*, 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.

INDUCTANCES FIXES D'ANTIPARASITAGE –

Partie 2: Spécification intermédiaire sur les bobines d'arrêt pour ligne électrique

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60938 s'applique à des inductances fixes conçues pour s'opposer aux perturbations électromagnétiques, qui sont connectées à un réseau d'alimentation à courant alternatif ou à une autre source d'alimentation dont la tension nominale ne dépasse pas 1 000 V (valeur eff.) en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu avec une fréquence nominale qui ne dépasse pas 400 Hz.

La présente spécification intermédiaire se limite à des inductances fixes pour lesquelles des essais de sécurité sont souhaitables. Cela signifie que les inductances décrites conformément à la présente spécification sont, soit reliées à l'alimentation secteur, lorsque la conformité aux essais obligatoires de l'Annexe A est nécessaire, soit utilisées en d'autres positions du circuit pour lesquelles la spécification applicable à l'équipement indique que certains ou l'ensemble de ces essais de sécurité sont exigés.

Le présent document a pour objet de prescrire des exigences normalisées d'essais de sécurité ainsi que des valeurs assignées et caractéristiques préférentielles, qui permettent de choisir à partir de l'IEC 60938-1 les méthodes d'essai appropriées et de fournir des exigences générales de performance applicables aux inductances d'antiparasitage.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique, y compris les éventuels amendements.

IEC 60027 (toutes les parties), *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Électrotechnique International (IEV)*

IEC 60060-1, *Technique des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et exigences générales*

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

IEC 60068-2-13, *Essais d'environnement – Partie 2-13: Essais – Essai M: Basse pression atmosphérique*

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

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

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

IEC 60068-2- Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique – Partie 2-45: Essais – Essai XA et guide: Immersion dans les solvants de nettoyage

IEC 60317-0-7, Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 0-7: Exigences générales – Fil de section circulaire, isolé en continu (FIW), en cuivre émaillé, sans défaut d'isolation électrique

IEC 60317-56, Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 56: Fil brasable de section circulaire, isolé en continu, en cuivre émaillé avec polyuréthane sans défaut électrique, classe 180

IEC 60335-1, Household and similar electrical appliances – Safety – Part 1: General requirements (disponible en anglais seulement)

IEC 60617, Symboles graphiques pour les schémas (disponible à l'adresse <http://std.iec.ch/iec60617>)

IEC 60664-1, Coordination de l'isolement des matériels dans les réseaux d'énergie électrique à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais

IEC 60695-2-11, Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-11: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai d'inflammabilité pour produits finis (GWEPT)

IEC 60695-2-12, Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-12: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai d'indice d'inflammabilité au fil incandescent (GWFI) pour matériaux

IEC 60695-2-13, Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-13: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai de température d'allumabilité au fil incandescent (GWIT) pour matériaux

IEC 60695-10-2, Essais relatifs aux risques du feu – Partie 10-2: Chaleurs anormales – Essai à la bille

IEC 60695-11-10, Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-10: Flammes d'essai – Méthodes d'essai horizontal et vertical à la flamme de 50 W

IEC 60695-11-20, Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-20: Flammes d'essai – Méthode d'essai à la flamme de 500 W

IEC 60851-5, Fils de bobinage – Méthodes d'essai – Partie 5: Propriétés électriques

IEC 60938-1:2021, Fixed inductors for electromagnetic interference suppression – Part 1: Generic specification (disponible en anglais seulement)

IEC 60938-2-2, Inductances fixes d'antiparasitage – Partie 2-2: Spécification particulière cadre – Inductances nécessitant des essais de sécurité (uniquement)

CISPR 17, Méthodes de mesure des caractéristiques d'antiparasitage des dispositifs de filtrage CEM passifs

ISO 80000-6, Grandeurs et unités — Partie 6: Électromagnétisme

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 60938-1 s'appliquent.

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

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

4 Exigences générales

4.1 Généralités

Dans toute la mesure du possible, les unités, les symboles graphiques, les symboles littéraux ainsi que la terminologie utilisés doivent provenir des publications suivantes:

- IEC 60027 (toutes les parties),
- IEC 60050 (toutes les parties),
- IEC 60617,
- ISO 80000-6.

Lorsque d'autres éléments sont exigés, ils doivent être déduits conformément aux principes des documents énumérés ci-dessus.

4.2 Valeurs assignées et caractéristiques préférentielles

4.2.1 Catégories climatiques

Les inductances d'antiparasitage objet de la présente spécification sont classées par catégorie climatique conformément aux règles générales données dans l'IEC 60068-1. Les températures inférieures et supérieures de catégorie ainsi que la durée de l'essai continu de chaleur humide doivent être choisies parmi les suivantes:

Température inférieure de catégorie: $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Température supérieure de catégorie: $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$, $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$, $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $+155\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Durée de l'essai continu de chaleur humide: 21 jours et 56 jours.

Les degrés de sévérité pour les essais de froid et de chaleur sèche sont respectivement les températures inférieures et supérieures de catégorie.

4.2.2 Inductance nominale et tolérances correspondantes

Les valeurs préférentielles de l'inductance nominale sont choisies à partir de la série E6 de valeurs préférentielles données dans l'IEC 60063.

Les tolérances préférentielles de l'inductance sont les suivantes:

$\pm 30\%$; -30% / $+50\%$

4.2.3 Tension assignée U_R

Les valeurs préférentielles pour les tensions assignées sont les suivantes:

- pour les inductances à courant alternatif:
50 V, 125 V, 250 V, 300 V, 400 V, 440 V, 480 V, 600 V, 760 V, 800 V et 1 000 V.
- pour les inductances à courant continu:
60 V, 160 V, 250 V, 500 V, 1 000 V et 1 500 V.

Les inductances d'antiparasitage sont généralement choisies pour que leur tension assignée soit supérieure ou égale à la tension nominale du circuit d'alimentation auquel elles doivent

être connectées. Il convient cependant de garder à l'esprit que la tension du circuit peut aller jusqu'à 10 % au-dessus de la tension nominale.

4.2.4 Température assignée T_r

La température assignée doit être précisée dans la spécification particulière. Elle ne doit pas être inférieure à +40 °C.

4.2.5 Courant assigné I_r

Les valeurs préférentielles du courant assigné sont choisies à partir de la série R10 de l'ISO 3.

La Figure 1 suivante représente la relation entre le courant appliqué et la température ambiante.

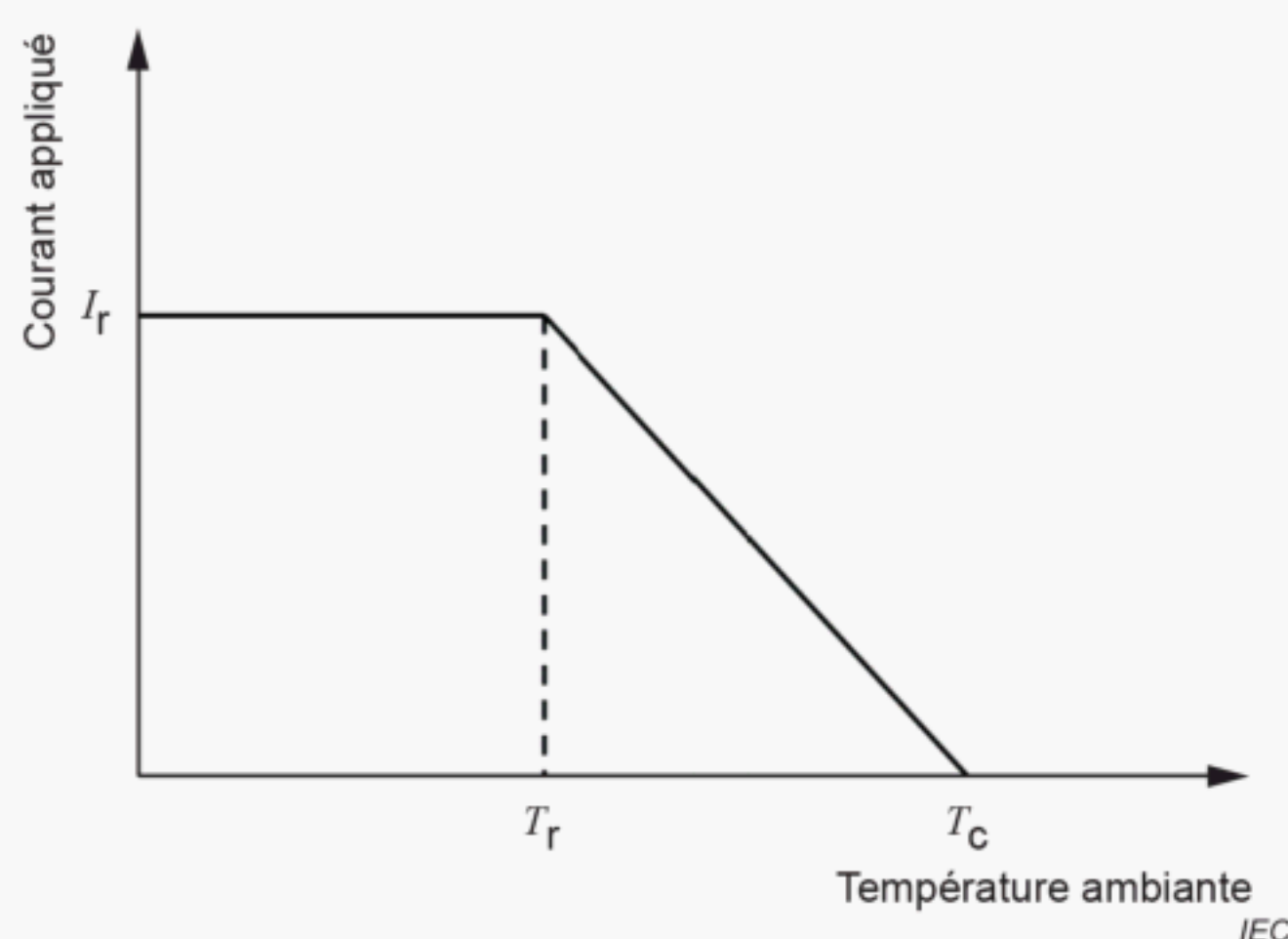


Figure 1 – Relation entre la température ambiante et le courant appliqué

Sauf indication contraire dans la spécification particulière, il existe par hypothèse une correction linéaire du courant appliqué par rapport à la température ambiante jusqu'à un courant nul à la température supérieure de catégorie T_C .

4.3 Informations à fournir dans une spécification particulière

4.3.1 Généralités

Les spécifications particulières doivent être issues de la spécification particulière-cadre pertinente.

Elles ne doivent pas définir d'exigences inférieures à celles de la spécification générique ou intermédiaire. Les exigences plus sévères doivent être énumérées séparément lorsqu'elles sont spécifiées.

4.3.2 Plan d'encombrement et dimensions

L'inductance doit faire l'objet d'une illustration destinée à faciliter sa reconnaissance et sa comparaison avec d'autres. Les dimensions ainsi que les tolérances correspondantes, qui affectent l'interchangeabilité et le montage, doivent être indiquées sur le plan. Toutes les dimensions doivent être indiquées en millimètres.

Les valeurs numériques doivent être données pour la longueur, la largeur et la hauteur du corps ou, pour les types de formes cylindriques, le diamètre du corps ainsi que la longueur et le diamètre des connexions de sortie. Si nécessaire, par exemple lorsqu'un certain nombre d'éléments (valeurs d'inductance/plages de tension) sont couverts par une spécification particulière, les dimensions et les tolérances correspondantes doivent figurer dans un tableau présenté sous le plan.

Lorsque la configuration est différente de celle décrite ci-dessus, la spécification particulière doit fournir les informations dimensionnelles qui permettent de décrire l'inductance de manière appropriée. Lorsque l'inductance n'est pas conçue pour être utilisée sur des cartes de circuits imprimés, cela doit être clairement indiqué dans la spécification particulière.

4.3.3 Montage

La spécification particulière doit préciser la méthode de montage à recommander en utilisation normale et la méthode obligatoire pour l'application des essais de vibrations et de chocs. L'inductance peut être conçue de manière telle que des dispositifs de montage particuliers sont exigés pour son utilisation. Dans ce cas, la spécification particulière doit décrire les dispositifs de montage et ces derniers doivent être utilisés lors de l'application des essais de secousses, de chocs et de vibrations. Le dissipateur thermique spécifié doit être utilisé lors de l'application de l'essai d'endurance.

4.3.4 Valeurs assignées et caractéristiques

Les valeurs assignées et les caractéristiques doivent être conformes aux articles pertinents de la présente spécification intermédiaire. Il est admis d'énumérer des caractéristiques supplémentaires lorsque celles-ci sont considérées comme nécessaires pour décrire de manière adéquate la conception et l'utilisation de l'inductance.

4.4 Inductances isolées pour les applications des lignes électriques

Les inductances isolées peuvent être construites soit avec un boîtier, soit avec des fils isolés dont l'isolation est une isolation principale ou renforcée, par exemple des fils TIW, des fils FIW, des fils isolés par du PVC, des fils dans des manchons isolants, ou des fils similaires. Les fils isolés ou les matériaux isolants utilisés doivent être conformes aux normes IEC applicables.

Les fils de bobinage totalement isolés (FIW - Fully insulated winding wires) doivent être conformes, par certification, aux normes IEC 60851-5, IEC 60317-0-7 et IEC 60317-56. Ils peuvent être appliqués pour la classe d'isolation F, au plus. Les fils FIW sont choisis dans le Tableau F.1 pour avoir une tension d'essai diélectrique minimale afin de supporter l'essai de tension B ou C avec la tension d'essai définie dans le Tableau 1.

Les matériaux d'isolation utilisés entre les bornes et les enroulements, pour le boîtier ou l'empotage, doivent être certifiés comme ayant une valeur assignée minimale de V-2, VTM-2 ou HF-2 selon les normes IEC 60695-11-10, IEC 60695-11-20 (ou UL 94) à l'épaisseur minimale appropriée, qui est déterminée par la plus petite épaisseur d'isolation en contact direct avec un conducteur.

4.5 Marquage

Le marquage nécessaire selon les spécifications pertinentes doit être prescrit dans la spécification particulière. Les écarts par rapport à ces exigences doivent être énumérés séparément et leur justification doit être expressément donnée dans la spécification particulière.

Les informations fournies par le marquage sont en général choisies à partir de la liste suivante; l'importance relative de chaque élément d'information est indiquée par sa position dans la liste:

- 1) le nom du constructeur ou la marque;
- 2) la désignation du type du constructeur;
- 3) la marque d'homologation reconnue;
- 4) l'inductance nominale et les tolérances correspondantes;
- 5) la tension assignée;
- 6) le courant assigné;
- 7) l'identification des connexions de sortie ou le schéma de circuit;
- 8) la température assignée;
- 9) la catégorie climatique;
- 10) l'année et le mois ou la semaine de fabrication (cette information peut être fournie sous forme de code);
- 11) la référence à la spécification particulière.

Le marquage de l'inductance peut être omis si le constructeur considère qu'il n'y a pas suffisamment d'espace; ce fait est alors enregistré dans la spécification particulière. Lorsqu'il est présent, le marquage doit être suffisant pour fournir une identification claire et précise de l'inductance. Il convient d'éviter toute duplication d'informations dans le marquage de l'inductance.

L'emballage qui contient les inductances doit être clairement marqué de l'ensemble des informations énumérées ci-dessus, à l'exception du point 7) (l'identification des connexions de sortie ou le schéma de circuit). Tout marquage supplémentaire doit être appliqué de façon à ce qu'aucune confusion ne soit possible.

Les informations de marquage peuvent être appliquées sous forme de code QR.

5 Homologation des essais de sécurité

5.1 Généralités

5.1.1 Homologation sur la base de procédures à effectif d'échantillons fixe

Le présent document couvre un mode opératoire d'essais d'homologation. Il spécifie un mode opératoire d'essai pour les essais de sécurité obligatoires et les essais facultatifs. Tous les essais de sécurité obligatoires peuvent ne pas être applicables sur tous les types d'inductances, comme le prescrit la spécification particulière. Des essais de performance facultatifs doivent être effectués, si cela est exigé dans la spécification particulière.

Avant les essais d'homologation des essais de sécurité uniquement, il est nécessaire de soumettre à l'organisme de certification une déclaration de modèle (voir l'Annexe C) qui consigne les données essentielles et les informations détaillées fondamentales de la conception des inductances dont l'homologation est demandée. L'IEC 60938-2-2 fournit une spécification particulière-cadre pour les essais de sécurité uniquement. L'IEC 60938-2-1 fournit une spécification particulière-cadre qui prend en compte les essais de performance facultatifs.

La série d'essais complète est exigée pour l'homologation d'une série d'inductances de structure similaire d'une seule tension assignée.

Les essais de chaque groupe doivent être effectués dans leur ordre indiqué. L'ensemble de l'échantillon doit être soumis aux essais du groupe 0 et ensuite divisé pour les autres groupes. Les articles qui se révèlent non conformes au cours des essais du groupe 0 ne doivent pas être utilisés pour les autres groupes.

Un article est considéré comme "article non conforme" lorsqu'une inductance n'a pas satisfait à tout ou partie des essais d'un groupe. L'homologation est octroyée lorsque le nombre de non-conformités ne dépasse pas le nombre spécifié d'articles non conformes admissibles pour chaque groupe ou sous-groupe et le nombre total de non-conformités admissibles indiqué à l'Annexe A.

L'Annexe A et l'Annexe B constituent ensemble le programme d'essai à effectif d'échantillons fixe pour lequel l'Annexe A fournit les informations détaillées d'échantillonnage et d'articles non conformes admissibles pour les différents essais ou groupes d'essais. Les conditions d'essai et les exigences du programme d'essai à effectif d'échantillons fixe doivent être identiques à celles prescrites dans la spécification particulière.

5.1.2 Inductances de structure similaire

Les inductances sont de structure similaire lorsque, pour leur plage de valeurs d'inductance, elles ont les caractéristiques communes suivantes:

- a) elles sont essentiellement conçues avec les mêmes matériaux;
- b) elles ont des caractéristiques de conception ainsi que des techniques de fabrication similaires;
- c) elles ont la même tension assignée.

5.1.3 Échantillonnage

Chaque tension assignée doit être qualifiée séparément. Le nombre total d'inductances de chaque tension assignée à soumettre à l'essai dans chaque groupe est indiqué à l'Annexe A. Pour chaque tension assignée, l'échantillon doit comporter des nombres égaux d'éprouvettes auxquelles sont associées les valeurs d'inductance maximale et minimale, ainsi que les valeurs de courant assigné maximale et minimale, dans la plage soumise à homologation. Lorsque l'homologation concerne une seule valeur d'inductance ou de courant assigné, le nombre total d'inductances doit être soumis aux essais.

Il est admis d'utiliser des éprouvettes de réserve dans les conditions suivantes:

- a) une éprouvette de réserve par combinaison d'inductance/courant assigné qui peut être utilisée en remplacement des articles non conformes admis pour le groupe 0;
- b) une éprouvette de réserve par combinaison d'inductance/courant assigné qui peut être utilisée en remplacement d'éprouvettes endommagées du fait d'accidents non imputables au constructeur ou à la séquence d'essai;
- c) les autres éprouvettes de réserve peuvent être exigées s'il est nécessaire de répéter un essai de soudabilité ou de résistance à la chaleur de soudage;
- d) les éprouvettes de réserve peuvent être conservées dans les locaux du constructeur au lieu de les envoyer à la station d'essai.

Le nombre d'échantillons indiqué pour le groupe 0 part du principe que tous les groupes sont applicables. Si tel n'est pas le cas, les nombres d'échantillons indiqués peuvent être réduits en conséquence.

Lorsque des groupes supplémentaires sont ajoutés dans le programme d'essai d'homologation, le nombre d'éprouvettes exigé pour le groupe 0 doit être augmenté de la même quantité que celle exigée pour les groupes supplémentaires.

De nouveaux essais d'homologation conformes à l'Annexe B peuvent être exigés par l'organisme de certification lorsqu'une modification de modèle comme celle décrite à l'Annexe C est prévue. L'organisme de certification est informé de la modification ou des modifications prévue(s) et décide si de nouveaux essais d'homologation doivent être réalisés.

5.2 Conditions atmosphériques normales

Se reporter à 5.2 de l'IEC 60938-1:2021 sans modifications.

5.3 Examen visuel

5.3.1 Dimensions (passage au calibre)

L'état, la qualité d'exécution et la finition doivent être satisfaisants lorsqu'ils sont contrôlés par examen visuel. Le marquage doit être lisible et doit être conforme aux exigences de la spécification particulière. Les dimensions indiquées comme convenables dans la spécification particulière pour le passage au calibre doivent être vérifiées. Elles doivent être conformes aux valeurs prescrites dans la spécification particulière.

5.3.2 Dimensions (détaillées)

Pour les inductances secteur, les lignes de fuite et les distances d'isolement à l'extérieur de l'inductance, entre des parties actives de polarité différente ou entre des parties actives et un boîtier métallique, ne doivent pas être inférieures aux valeurs appropriées indiquées à l'Annexe D et l'Annexe E.

La vérification doit être effectuée par mesurage des distances d'isolement et des lignes de fuite conformément aux règles spécifiées dans l'IEC 60335-1 ou l'IEC 60664-1. Des exigences supplémentaires peuvent être nécessaires pour les inductances à usage particulier. Des matériaux d'empotage ou d'étanchéité sont utilisés en lieu et place de la distance d'isolement.

Au lieu de satisfaire aux exigences en matière de distance d'isolement et de ligne de fuite à l'intérieur des inductances, les enroulements peuvent être isolés (par empotage ou par des manchons isolants, par exemple) ou peuvent être construits à partir de fils isolés tels que les fils TIW, les fils FIW, les fils isolés par du PVC, ou des fils similaires.

Comme dans de nombreux cas, seules les distances d'isolement peuvent être correctement mesurées, la conception de l'inductance doit garantir que les exigences de lignes de fuite correspondantes sont satisfaites, si la distance d'isolement est assurée.

Toutes les autres dimensions doivent être conformes aux valeurs prescrites dans la spécification particulière.

5.4 Résistance d'isolement

Se reporter à 5.4 de l'IEC 60938-1:2021 auquel s'ajoutent les précisions suivantes:

- a) la tension de mesure doit être utilisée selon le Tableau 2 de l'IEC 60938-1:2021;
- b) la méthode d'application de la tension pour l'essai C doit être la méthode de la feuille métallique;
- c) le temps de mesure doit être de 60 s;
- d) aucune précaution spéciale n'est prise sauf indication contraire dans la spécification particulière;
- e) aucun facteur de correction n'est appliqué sauf indication contraire dans la spécification particulière;
- f) la présence de conditions atmosphériques normales sauf indication contraire dans la spécification particulière;
- g) la valeur minimale de la résistance d'isolement pour les essais A, B et C doit être de 6 MΩ.

5.5 Essai de tension

Se reporter à 5.5 de l'IEC 60938-1:2021 auquel s'ajoutent les précisions suivantes:

- a) la tension d'essai à appliquer aux inductances secteur est donnée dans le Tableau 1 suivant pour l'isolation principale. Concernant l'isolation renforcée, les tensions d'essai pour les essais B, C et D sont doublées.

Tableau 1 – Tensions d'essai

Inductances pour	Essai A* entre connexions de sortie	Essai B – Isolation interne Essai C – Isolation externe Essai D** – Entre enroulements et noyau
Courant alternatif	$3 U_R$ V en courant alternatif avec au moins 350 V en courant alternatif. ou $4,3 U_R$ V en courant continu avec au moins 500 V en courant continu	$2 U_R + 1\,500$ V en courant alternatif avec au moins 2 000 V en courant alternatif
Courant continu	$2,2 U_R$ V en courant alternatif avec au moins 350 V en courant alternatif. ou $3 U_R$ V en courant continu avec au moins 500 V en courant continu	$2 U_R + 1\,500$ V en courant continu
* S'applique uniquement aux inductances ayant plusieurs enroulements. ** Essai exigé uniquement si le noyau peut être assemblé à d'autres parties métalliques au-dessus d'une isolation principale ou renforcée		

- b) la méthode d'application de la tension pour l'essai C doit être la méthode de la feuille métallique;
- c) pour les essais d'homologation, la pleine tension d'essai doit être appliquée pendant 1 min. Pour les essais individuels de série, la spécification particulière peut prescrire une durée plus courte, généralement 1 s;
- d) pour les essais individuels de série, les tensions d'essai alternatives ou continues peuvent être appliquées, que les inductances à courant alternatif ou à courant continu soient soumises aux essais.

La durée d'essai doit débuter à partir du moment auquel la tension d'essai est atteinte. La répétition de l'essai de tension de tenue peut endommager l'inductance.

5.6 Inductance

Sauf indication contraire dans la spécification particulière, les conditions de mesure suivantes s'appliquent:

- a) la fréquence de mesure doit être choisie parmi les suivantes:

1 MHz ± 20 %	pour	$L \leq 10 \mu\text{H}$
100 kHz ± 20 %	pour	$10 \mu\text{H} < L \leq 1 \text{ mH}$
10 kHz ± 20 %	pour	$1 \text{ mH} < L \leq 50 \text{ mH}$
50 Hz à 120 Hz	pour	$L > 50 \text{ mH}$

- b) le courant de mesure doit être de $0,1 \text{ mA} \pm 10 \%$. Pour certaines valeurs d'inductance, il peut être souhaitable d'utiliser d'autres valeurs de courant, de tension ou de fréquence. Les valeurs de courant, de tension et de fréquence doivent être indiquées dans la spécification particulière.

5.7 Résistance de ligne

La résistance de ligne entre toute borne d'entrée et la borne de sortie correspondante doit être mesurée à l'aide d'une méthode de mesure en courant continu avec une tension appliquée inférieure à 10 V. La valeur obtenue ne doit pas dépasser la limite prescrite dans la spécification particulière. La spécification particulière peut indiquer des points précis de connexion entre les bornes et l'instrument de mesure.

5.8 Perte d'insertion (facultative)

Le mesurage ne doit être appliqué que s'il est prescrit dans la spécification particulière. La méthode de mesure doit être issue de la CISPR 17.

5.9 Échauffement (applicable uniquement aux inductances de masse > 5 g)

5.9.1 Généralités

Cet essai a pour objet de démontrer que, lorsque l'échauffement concerné s'ajoute à la température assignée, la température maximale de fonctionnement de l'isolation interne ou de l'élément/des éléments inductifs n'est pas dépassée. Voir 5.9 de l'IEC 60938-1:2021 auquel s'ajoutent les précisions suivantes.

5.9.2 Méthode d'essai

L'inductance doit être placée dans une enceinte maintenue à une température ambiante aussi proche que possible de la température assignée. Le courant alternatif assigné ou un courant continu égal à la valeur efficace du courant alternatif assigné doit être appliqué.

Après avoir atteint l'équilibre thermique, la température interne de l'inductance doit être déterminée en évaluant la variation de la résistance série de l'inductance.

La température interne T_2 , à l'équilibre thermique, doit être calculée à partir de la résistance R_2 mesurée entre les bornes d'entrée et de sortie à la température T_2 et sa résistance R_1 , mesurée à la température de l'enceinte d'essai au début de l'essai, T_1 , en utilisant la formule suivante:

$$T_2 = \frac{R_2}{R_1} (235 + T_1) - (T_3 - T_1) - 235 \text{ (pour le cuivre)}$$

$$T_2 = \frac{R_2}{R_1} (225 + T_1) - (T_3 - T_1) - 225 \text{ (pour l'aluminium)}$$

où T_3 est la température de l'enceinte d'essai à la fin de l'essai et T_1 , T_2 et T_3 sont exprimées en degrés Celsius.

Lorsque d'autres métaux sont utilisés pour les enroulements de l'inductance, la formule appropriée doit être indiquée dans la spécification particulière.

La résistance R_2 est mesurée soit après mise hors tension, soit sans interruption de l'alimentation en utilisant la méthode de superposition qui consiste à injecter dans l'enroulement un courant continu de faible valeur superposé au courant de charge. L'utilisation du courant continu superposé pour mesurer les résistances de machines à courant alternatif est décrite dans l'IEC TR 60279¹.

¹ Supprimée.

Étant donné que T_2 est considérée comme la température interne lorsque l'inductance fonctionne à une température ambiante assignée T_1 , le facteur $(T_3 - T_1)$ est utilisé pour corriger une éventuelle variation de température ambiante qui peut apparaître au cours de l'essai.

5.9.3 Exigences

La température interne T_2 ne doit pas dépasser la température indiquée dans la spécification particulière. La spécification particulière ne doit pas prescrire une température supérieure à celle indiquée dans l'IEC 60085 pour la classe d'isolation la plus basse contenue dans l'inductance.

5.10 Tension de choc (applicable uniquement aux inductances à plusieurs enroulements)

5.10.1 Conditions d'essai

Cet essai doit être effectué en séquence avec l'essai d'endurance décrit en 5.11. Les inductances doivent être soumises à un essai de tension de choc avec une onde pleine de 1,2/50 μ s conformément à l'IEC 60060-1. Trois impulsions de même polarité doivent être appliquées à chaque inductance. La durée entre les impulsions ne doit pas être inférieure à 10 s. Les impulsions doivent être appliquées entre les mêmes bornes que celles utilisées pour la tension de l'essai d'endurance suivant. La tension de crête doit être de 4 kV entre les connexions de sortie de polarité différente et de 5 kV entre les connexions de sortie et le boîtier.

5.10.2 Mesurages initiaux

Les mesurages initiaux ont été effectués pour le groupe 0.

5.10.3 Exigences

Il ne doit pas y avoir de claquage ou de contournement permanent.

5.11 Endurance

5.11.1 Conditions d'essai – Essai de courant d'endurance (applicable uniquement aux inductances de masse < 5 g)

Cet essai ne s'applique pas aux inductances d'une masse supérieure à 5 g.

Cet essai doit être effectué dans la semaine qui suit l'achèvement de l'essai de tension de choc spécifié en 5.10. Voir 5.11 de l'IEC 60938-1:2021, auquel s'ajoutent les précisions suivantes:

Les inductances doivent être montées dans l'enceinte d'essai en utilisant les dispositifs de dissipation thermique indiqués dans la spécification particulière comme il convient pour une utilisation normale. Le courant et la température de l'inductance sont spécifiés dans l'essai.

Lorsque l'enceinte est stabilisée à la température assignée, le courant d'essai égal à 1,1 fois le courant assigné doit être appliqué aux inductances. La fréquence du courant d'essai doit être de 50 Hz, sauf si la spécification particulière indique que la fréquence assignée doit être utilisée.

Un fusible ou tout autre dispositif approprié peut être connecté au circuit de chaque inductance pour indiquer les éventuelles défaillances.

Après 1 000 h, il doit être permis aux inductances de récupérer pendant 1 h à 26 h. Celles-ci doivent ensuite satisfaire aux exigences de 5.11.3.

5.11.2 Conditions d'essai – Essai de tension d'endurance entre connexions de sortie (applicable uniquement aux inductances à plusieurs enroulements)

Les inductances doivent être soumises à un essai d'endurance de 1 000 h à la température supérieure de catégorie. La tension appliquée doit être de $1,25 U_R$ à la fréquence assignée et à cela s'ajoute le fait que toutes les heures la tension doit être portée à 1 000 V eff. à 50 Hz ou à la fréquence assignée si celle-ci est indiquée dans la spécification particulière pendant 0,1 s. Chacune de ces tensions doit être appliquée à chaque inductance individuellement entre les bornes destinées à être branchées à l'alimentation secteur par l'intermédiaire d'une résistance de $47 \Omega \pm 5 \%$. Pour les fréquences de tensions d'essai supérieures à 100 Hz, une résistance de valeur inférieure à 47Ω peut être prescrite dans la spécification particulière. Un circuit approprié est présenté à l'Annexe C de l'IEC 60938-1:2021.

Il convient que le circuit d'essai soit conçu de manière à éviter les transitoires de tension et les pointes de courant en cours de commutation. Cela peut être réalisé en déchargeant la capacité de l'inductance avant commutation sur la nouvelle tension, à condition que la durée totale nécessaire au passage à 1 000 V et retour ne dépasse pas 30 s.

Un fusible ou tout autre dispositif approprié peut être connecté au circuit de chaque inductance pour indiquer les éventuelles défaillances.

Après 1 000 h, il doit être permis aux inductances de récupérer pendant 1 h à 26 h. Celles-ci doivent ensuite satisfaire aux exigences de 5.11.3.

5.11.3 Contrôle final, mesurages et exigences

Les inductances doivent faire l'objet d'un examen visuel. Il ne doit y avoir aucun dommage apparent et tout marquage doit être lisible.

L'essai de tension conforme à 5.5 doit être effectué à 66 % de la tension d'essai. Il ne doit pas y avoir de claquage ou de contournement permanent.

La résistance d'isolement doit être mesurée conformément à 5.4. La valeur obtenue doit être supérieure à 3 M Ω . La résistance de ligne en courant continu doit être mesurée conformément à 5.7. La valeur doit s'inscrire dans les limites initiales prescrites dans la spécification particulière.

5.12 Robustesse des connexions de sortie

5.12.1 Généralités

Les inductances à sorties doivent être soumises aux essais U_{a1} , U_b , U_c et U_d de l'IEC 60068-2-21, le cas échéant. Les bornes à composants pour montage en surface (CMS) doivent être soumises aux essais U_{a1} et U_e , le cas échéant. Voir les précisions suivantes.

5.12.2 Essai U_{a1} – Traction

L'effort appliqué doit être:

- pour les connexions de sortie autres que filaires: 20 N;
- pour les connexions de sortie filaires, voir le Tableau 2.

Tableau 2 – Effort de traction sur les connexions de sortie

Section transversale nominale (S) mm ²	Diamètre (d) correspondant de fils de section circulaire mm	Effort avec une tolérance de ± 10 % N
$S \leq 0,05$	$d \leq 0,25$	1
$0,05 < S \leq 0,1$	$0,25 < d \leq 0,35$	2,5
$0,1 < S \leq 0,2$	$0,35 < d \leq 0,5$	5
$0,2 < S \leq 0,5$	$0,5 < d \leq 0,8$	10
$0,5 < S \leq 1,2$	$0,8 < d \leq 1,25$	20
$1,2 < S$	$1,25 < d$	40

5.12.3 Essai Ub – Flexion

Méthode 1: deux flexions consécutives doivent être appliquées dans chaque direction à la première moitié des échantillons. Cet essai ne doit pas s'appliquer si, dans la spécification particulière des inductances, les connexions de sortie sont décrites comme rigides.

5.12.4 Essai Uc – Torsion

La méthode A, degré de sévérité 2 (deux rotations successives à 180°) doit être utilisée sur la seconde moitié des échantillons. Cet essai n'est pas applicable si, dans la spécification particulière, les connexions de sortie sont décrites comme rigides et reliées aux inductances par des connexions de sortie unidirectionnelles conçues pour des applications de cartes de circuits imprimés.

5.12.5 Essai Ud – Couple

L'essai de couple est applicable pour des connexions de sortie à goujons filetés ou vissés et pour des dispositifs de fixation intégrés en utilisant les couples du Tableau 3.

Tableau 3 – Couple

Diamètre nominal de filetage mm		2,6	3	3,5	4	5	6
Couple	Degré de sévérité 1	0,4	0,5	0,8	1,2	2,0	2,5
Nm	Degré de sévérité 2	0,2	0,25	0,4	0,6	1,0	1,25

5.12.6 Essai Ue – Robustesse des connexions de sortie des composants CMS montés sur une carte de circuits imprimés

L'essai Ue1 de l'IEC 60068-2-21 doit être appliqué. La spécification particulière peut exiger les essais Ue2 et Ue3, le cas échéant.

5.13 Vibrations

5.13.1 Conditions d'essai

Voir 5.13 de l'IEC 60938-1:2021 auquel s'ajoutent les précisions suivantes.

Un des degrés de sévérité suivants de l'essai Fc, comme cela est indiqué dans la spécification particulière:

Déplacement ou accélération selon que l'un ou l'autre donne la valeur d'accélération la plus faible, comme cela est spécifié dans le Tableau 4 suivant.

Tableau 4 – Accélération

Groupe de masse	Amplitude ou accélération (selon celle qui donne la valeur d'accélération la plus faible)
>5 g	0,35 mm ou 49 m/s ² (5 g)
≤5 g	0,75 mm ou 98 m/s ² (10 g)

Sur l'une des plages de fréquences suivantes:

- 10 Hz à 55 Hz;
- 10 Hz à 500 Hz;
- 10 Hz à 2 000 Hz,

le nombre total de cycles de balayage à appliquer est indiqué dans le Tableau 5 suivant.

Tableau 5 – Cycles de balayage

Fréquence Hz	Nombre total de cycles de balayage
10 à 55	3 × 24
10 à 500	3 × 10
10 à 2 000	3 × 8

La spécification particulière doit indiquer la plage de fréquences et doit prescrire la méthode de montage à utiliser.

5.13.2 Exigences

Les inductances doivent faire l'objet d'un examen visuel et il ne doit y avoir aucun dommage apparent.

5.14 Chocs

5.14.1 Conditions d'essai

Voir 5.14 de l'IEC 60938-1:2021 auquel s'ajoutent les précisions suivantes.

La spécification particulière doit indiquer lequel des degrés de sévérité préférentiels du Tableau 6 suivant s'applique. Forme d'impulsion: semi-sinusoïdale.

Tableau 6 – Degrés de sévérité préférentiels

Accélération de crête m/s ² (g)	Durée d'impulsion correspondante ms
294 (30)	18
490 (50)	11
981 (100)	6

La spécification particulière doit également prescrire la méthode de montage à utiliser.

5.14.2 Exigences

Les inductances doivent faire l'objet d'un examen visuel et il ne doit y avoir aucun dommage apparent. La résistance de ligne en courant continu doit être mesurée et doit satisfaire aux exigences spécifiées en 5.7.

5.15 Résistance à la chaleur de soudage

Cet essai n'est pas applicable aux inductances dont les conducteurs ont une longueur d'isolation supérieure à 10 mm ou des connexions de sortie à enclenchement. Sinon, se reporter à 5.15 de l'IEC 60938-1:2021 auquel s'ajoutent les précisions suivantes:

- a) pas de préséchage,
- b) contrôle final, mesurages et exigences: Les inductances doivent faire l'objet d'un examen visuel. Il ne doit y avoir aucun dommage apparent.

5.16 Soudabilité (facultatif)

5.16.1 Généralités

Si cela est exigé dans la spécification particulière, les inductances dont les connexions de sortie sont destinées à être soudées doivent être soumises à l'essai applicable spécifié en 5.16 de l'IEC 60938-1:2021 auquel s'ajoutent les précisions suivantes.

5.16.2 Préconditionnement

Aucun vieillissement n'est exigé.

5.16.3 Mode opératoire d'essai

Pour la méthode du bain de brasage, les exigences suivantes s'appliquent:

- température du bain: 245 °C ± 3 °C;
- durée d'immersion: 3 s ± 0,3 s.

5.16.4 Contrôle final, mesurages et exigences

À l'issue de l'essai, les inductances doivent faire l'objet d'un examen visuel. Il ne doit y avoir aucun dommage apparent. La bonne qualité de l'étamage des connexions de sortie doit être vérifiée et doit être démontrée par un écoulement libre de la soudure avec mouillage des connexions de sortie, ou la soudure doit s'écouler dans les 3 s, selon le cas.

5.17 Variation rapide de température (facultative)

Si cela est exigé dans la spécification particulière, l'essai spécifié en 5.17 de l'IEC 60938-1:2021 doit être effectué avec les précisions suivantes.

Nombre de cycles: 5

Durée d'exposition aux températures limites:

- 1 h pour un groupe de masse <250 g;
- 3 h pour un groupe de masse ≥250 g.

5.18 Étanchéité du conteneur (le cas échéant)

Les inductances dont la classe IP assignée est supérieure à IP00 doivent être soumises à la procédure des méthodes appropriées de l'essai Q de l'IEC 60068-2-17.

5.19 Séquence climatique (facultative)

5.19.1 Généralités

Se reporter à 5.19 de l'IEC 60938-1:2021 auquel s'ajoutent les précisions suivantes:

Les mesurages initiaux ne sont pas exigés.

5.19.2 Chaleur sèche

Aucun mesurage n'est exigé à la température supérieure de catégorie.

5.19.3 Essai cyclique Db de chaleur humide, premier cycle

Voir 5.19.3 de l'IEC 60938-1:2021.

5.19.4 Froid

Aucun mesurage n'est exigé à la température inférieure de catégorie.

5.19.5 Basse pression atmosphérique

Voir 5.19.5 de l'IEC 60938-1:2021 auquel s'ajoutent les précisions suivantes:

Si cela est exigé dans la spécification particulière, l'essai doit être réalisé à une température ambiante de 15 °C à 35 °C et à une pression de 8,0 kPa, sauf indication contraire dans la spécification particulière. L'essai doit durer 1 h.

Pendant et après l'essai, il ne doit y avoir aucune trace de contournement ou de claquage permanent ou de déformation préjudiciable du boîtier.

5.19.6 Essai cyclique Db de chaleur humide, cycles restants

Voir 5.19.6 de l'IEC 60938-1:2021.

5.19.7 Contrôle final, mesurages et exigences

Après reprise, les inductances doivent faire l'objet d'un examen visuel, être mesurées et satisfaire aux exigences suivantes. Il ne doit y avoir aucun dommage apparent et tout marquage doit être lisible. La résistance de ligne en courant continu doit satisfaire aux exigences indiquées dans la spécification particulière. L'inductance doit être mesurée et la valeur obtenue doit être à $\pm 30\%$ de la valeur mesurée pour le groupe 0. L'essai de tension de 5.5 doit être répété avec une tension d'essai de 66 % de la tension appliquée pour le groupe 0. Il ne doit pas y avoir de claquage ou de contournement. La résistance d'isolement doit être mesurée et la valeur obtenue doit être $> 3\text{ M}\Omega$.

5.20 Chaleur humide, essai continu

Contrôle final, mesurages et exigences: Après reprise, les inductances doivent faire l'objet d'un examen visuel, être mesurées et satisfaire aux exigences suivantes. Il ne doit y avoir aucun dommage apparent et tout marquage doit être lisible. La résistance de ligne en courant continu doit satisfaire aux exigences indiquées dans la spécification particulière. L'inductance doit être mesurée et la valeur obtenue doit être à $\pm 30\%$ de la valeur mesurée pour le groupe 0. L'essai de tension de 5.5 doit être répété avec une tension d'essai de 66 % de la tension appliquée pour le groupe 0. Il ne doit pas y avoir de claquage ou de contournement. La résistance d'isolement doit être mesurée et la valeur obtenue doit être $> 3 \text{ M}\Omega$.

5.21 Inflammabilité passive (facultative)

Lorsque cela est exigé dans la spécification particulière, les inductances doivent être soumises à l'essai au brûleur-aiguille de l'IEC 60695-2-2² conformément aux exigences suivantes.

Trois éprouvettes de chaque taille de boîtier faisant partie de l'échantillon d'essai doivent être soumises aux essais.

L'inductance soumise à l'essai doit être maintenue dans la flamme dans la position qui favorise le mieux la combustion. Si cette position n'est pas indiquée dans la spécification particulière, elle doit être évaluée par des essais préalables. Chacune des éprouvettes ne doit être exposée à la flamme qu'une fois.

Durée d'exposition à la flamme et durée de combustion: voir le Tableau 7. Le cas échéant, la spécification particulière doit indiquer la catégorie d'inflammabilité passive. Lorsqu'elle est spécifiée, la catégorie minimale d'inflammabilité passive admise est la catégorie C.

Tableau 7 – Degrés de sévérité et exigences pour l'inflammabilité passive

Catégorie d'inflamma- bilité	Degrés de sévérité				Durée maximale de combustion s
	Durée(s) d'exposition à la flamme pour des plages de volumes d'inductance (mm ³)				
	s				
	Volume ≤ 250	250 < volume ≤ 500	500 < volume ≤ 1 750	Volume > 1 750	
A	15	30	60	120	3
B	10	20	30	60	10
C	5	10	20	30	30

Le papier de soie ne doit pas être enflammé par des flammèches ou des parties incandescentes.

5.22 Fil incandescent (facultatif)

Si la spécification particulière l'exige, les essais au fil incandescent conformes à l'IEC 60335-1 ou à d'autres normes d'application finale doivent être effectués sur des inductances finies ou des échantillons représentatifs de matériaux d'isolation. De tels essais ne sont applicables que sur des surfaces planes de matériau d'isolation solide d'une épaisseur supérieure à 0,2 mm.

La spécification particulière doit prescrire les exigences minimales pour l'essai GWIT (voir l'IEC 60695-2-13) et l'essai GWFI (voir l'IEC 60695-2-12) sur des échantillons de matériaux. En variante, la spécification particulière peut exiger des exigences relatives à l'essai GWT

² Supprimée.

(GWEPT) selon l'IEC 60695-2-11 pour les parties isolantes des produits finis. La température minimale ne doit pas être inférieure à 550 °C lors de l'essai GWEPT.

5.23 Essai à la bille (facultatif)

Isolation solide des inductances: le boîtier, la plaque de base et/ou la bobine doivent être soumis à un essai à la bille conformément à l'IEC 60695-10-2, si cela est exigé dans la spécification particulière. En variante, cet essai est réalisé sur des échantillons de matériau isolant.

La température d'essai pour l'essai à la bille est de 40 °C plus la température supérieure de catégorie T_c ; cette température d'essai n'est pas inférieure à 125 °C.

Les inductances doivent satisfaire aux exigences de la Méthode A de l'IEC 60695-10-2 telles que: "l'essai est concluant si le diamètre d de l'empreinte de la bille ne dépasse pas 2,0 mm".

5.24 Résistance des composants aux solvants

Le mesurage initial est celui du Groupe 0.

Les composants doivent être soumis à l'essai XA de l'IEC 60068-2-45, auquel s'ajoutent les précisions suivantes:

- a) solvant à utiliser: Propan-2-ol (alcool isopropylique);
- b) température du solvant: 23 °C ± 5 °C;
- c) conditionnement: méthode 2 sans frottement;
- d) temps de reprise: 48 h, sauf indication contraire dans la spécification particulière.

Le mesurage d'inductance de 5.7 doit ensuite être effectué et la valeur obtenue doit être comprise dans les tolérances déclarées dans la spécification particulière.

5.25 Résistance du marquage aux solvants

Les composants doivent être soumis à l'essai XA de l'IEC 60068-2-45, auquel s'ajoutent les précisions suivantes:

- a) solvant à utiliser: Propan-2-ol (alcool isopropylique);
- b) température du solvant: 23 °C ± 5 °C;
- c) conditionnement: méthode 1 avec frottement;
- d) matériau de frottement: coton hydrophile;
- e) temps de reprise: non applicable, sauf indication contraire dans la spécification particulière.

À l'issue de l'essai, le marquage doit être lisible.

Annexe A (normative)

Plan d'échantillonnage

Groupe	Essai	Paragraphe	Nombre d'éprouvettes soumises aux essais par tension assignée et groupe de masse ¹	Nombre d'articles non conformes admissibles	
				Par groupe	Total
0	Examens visuels	5.3			
	Dimensions (passage au calibre)	5.3.1			
	Résistance de ligne	5.7			
	Inductance	5.6	40/22/14/7	2/1/1/1	2/1/1/1
	Essai de tension	5.5			
	Résistance d'isolement	5.4			
	Pièces de réserve		4/2/2/1		
1A	Dimensions (détaillées)	5.3.2	10/6/2/1	0	0
	Lignes de fuite et distances d'isolement	5.3.2			
	Robustesse des connexions de sortie	5.12			
	Résistance à la chaleur de soudage	5.15			
	Résistance des composants aux solvants	5.24			
1B ²	Soudabilité	5.16	18/12/6/3	0	
	Résistance du marquage aux solvants	5.25			
	Variation rapide de température	5.17			
	Vibrations	5.13			
	Chocs	5.14			
1 ²	Étanchéité du conteneur	5.18	28/18/8/4	0	
	Séquence climatique	5.19			
2	Chaleur humide, essai continu	5.20	18/10/8/4	0	
	Échauffement	5.9	6/3/2/1	0	
3A	ou	ou			
	Courant d'endurance	5.11			
3B	Tension de choc	5.10	6/3/2/1	0	
	Tension d'endurance entre connexions de ligne	5.11			
4 ²	Inflammabilité passive	5.21	voir 5.21	0	
	Fil incandescent	5.22	voir la spécification particulière		
	Essai à la bille	5.23			

¹ Le nombre d'éprouvettes indiqué correspond aux limites de masse suivantes:
≤ 5 g
> 5 g et ≤ 250 g
> 250 g et ≤ 1 500 g
> 1 500 g respectivement.

Lorsque la plage homologuée comporte des inductances de plusieurs des classes de masses énumérées ci-dessus,
le nombre d'éprouvettes choisi doit correspondre à la classe des valeurs majoritaires de la plage.

² Si cela est exigé dans la spécification particulière.

Annexe B (normative)

Programme d'essai

Numéro de paragraphe et essai		Destructif	Conditions d'essai	Exigences
Groupe 0		NON		
5.3.1	Dimensions (passage au calibre)			Voir la spécification particulière
5.3	Examen visuel			Aucun dommage apparent
				Marquage lisible
5.7	Résistance de ligne en courant continu			Voir la spécification particulière
5.6	Inductance			Comprise dans les tolérances spécifiées
5.5	Essai de tension		Voir la spécification particulière pour la méthode, durée: 1 min	Pas de contournement ou de claquage
5.4	Résistance d'isolement		Voir la spécification particulière pour la méthode	> 6 MΩ
Groupe 1A		OUI		
5.3.2	Dimensions (détaillées)			Voir la spécification particulière
	Lignes de fuite et distances d'isolement			
5.12	Robustesse des connexions de sortie		Pour la méthode et le degré de sévérité, voir la spécification particulière	Aucun dommage apparent
5.15	Résistance à la chaleur de soudage		Voir 5.15	Aucun dommage apparent
5.24	Résistance des composants aux solvants			Marquage lisible
Mesurages finaux			Résistance de ligne en courant continu	Comme pour le groupe 0
			Essai de tension à 66 % de la tension d'essai	Pas de contournement ou de claquage
			Examen visuel	Aucun dommage apparent, marquage lisible
Groupe 1B		OUI		
5.16	Soudabilité		Voir la spécification particulière	Étamage correct démontré par un écoulement libre de la soudure avec mouillage des connexions de sortie, ou la soudure doit s'écouler dans les 3 s, selon le cas
5.25	Résistance du marquage aux solvants			
5.17	Variation rapide de température		θ_A = Température inférieure de catégorie:	
			θ_B = Température supérieure de catégorie:	
			Durée de cinq cycles $t = 1$ h ou 3 h	
5.13	Vibrations		Voir la spécification particulière	
5.14	Chocs		Voir la spécification particulière	
	Mesurages finaux		Examen visuel	Aucun dommage apparent
			Résistance de ligne en courant continu	Comme pour le groupe 0

Numéro de paragraphe et essai		Destructif	Conditions d'essai	Exigences
Groupe 1		OUI		
5.18	Étanchéité du conteneur		Essai Qc ou Qd comme cela est décrit dans la spécification particulière	Pas de fuite
5.19	Séquence climatique			Pas de contournement, de claquage permanent ou de déformation préjudiciable
	Chaleur sèche		Température: température supérieure de catégorie Tc	
	Essai cyclique Db de chaleur humide, premier cycle			
	Froid		Température: température inférieure de catégorie	
	Basse pression atmosphérique		8 kPa, 1 h	
	Examen visuel		sauf indication contraire dans la spécification particulière;	
	Essai cyclique Db de chaleur humide, cycles restants			
			Reprise: 1 h à 26 h	
Mesurages finaux			Examen visuel	Aucun dommage apparent
				Marquage lisible
			Résistance de ligne en courant continu	Comme pour le groupe 0
			Inductance	À ± 30 % de la valeur mesurée pour le groupe 0
			Tension d'essai avec 66 % de la valeur appliquée pour le groupe 0	Pas de contournement ou de claquage
			résistance d'isolement	$\geq 3 \text{ M}\Omega$
Groupe 2		OUI		
5.20	Chaleur humide, essai continu			
			Reprise: 1 h à 26 h	
Mesurages finaux			Examen visuel	Aucun dommage apparent
				Marquage lisible
			Résistance de ligne en courant continu	Comme pour le groupe 0
			Inductance	À ± 30 % de la valeur mesurée pour le groupe 0
			Essai de tension	Pas de contournement ou de claquage
			Tension: 66 % de la valeur appliquée pour le groupe 0	
			Une tension de polarisation doit être appliquée si cela est prescrit dans la spécification particulière.	
			Résistance d'isolement	$\geq 3 \text{ M}\Omega$

Numéro de paragraphe et essai		Destructif	Conditions d'essai	Exigences
Groupe 3A		OUI		
5.9	Échauffement (inductances de masse >5 g uniquement)		Durée: jusqu'à ce que l'équilibre thermique soit atteint	Température interne non supérieure à la classe d'isolation la plus basse
			Courant: courant assigné	
			Température ambiante: température assignée	
ou				
5.11	Endurance, courant (inductances de masse ≤5 g uniquement)		Durée: 1 000 h	
			Courant: 1,1 × le courant assigné	
			Reprise: 1 h à 26 h	
Groupe 3B		OUI		
inductances à plusieurs enroulements				
5.10	Tension de choc		3 impulsions, onde pleine	Pas de contournement ou de claquage
			Tension de crête, voir 5.10	
5.11	Endurance, tension entre connexions de ligne		Durée: 1 000 h	
			Tension et température, voir 5.11	
			Reprise: 1 h à 26 h	
Groupe 3				
Mesurages finaux			Examen visuel	Aucun dommage apparent
				Marquage lisible
			Résistance de ligne en courant continu	Comme pour le groupe 0
			Tension d'essai avec 66 % de la valeur appliquée pour le groupe 0	Pas de contournement ou de claquage
			Résistance d'isolement	≥ 3 MΩ
			Inductance	À ±30 % de la valeur mesurée pour le groupe 0
Groupe 4		OUI		
5.21	Inflammabilité passive			Comme en 5.21
5.22	Fil incandescent			Spécification particulière
5.23	Essai à la bille			diamètre de l'empreinte de la bille inférieur ou égal à 2,0 mm

Annexe C (normative)

Déclaration de modèle

L'objectif de cette description est d'enregistrer les données essentielles et la conception fondamentale des inductances dont l'homologation est demandée. Le formulaire rempli doit être soumis à l'organisme de certification compétent avant tout essai d'homologation; sa diffusion à d'autres parties est à la discrétion du constructeur.

La déclaration de modèle est de caractère confidentiel pour le constructeur et l'organisme de certification.

Les modifications au modèle déclaré sont uniquement admises après notification écrite à l'organisme de certification. Dans ce cas, l'organisme de certification décide des mesures nécessaires à prendre. Il peut être exigé, au plus, une nouvelle homologation complète.

Numéro d'enregistrement: attribué par l'organisme de certification

- 1 Demandeur:
- 2 Constructeur:
- 3 Site de fabrication:
- 4 Désignation du type:
- 5 Schéma de circuit:
- 6 Identification des matériaux
 - 6.1 Encapsulage (le cas échéant)
 - 6.2 Manchon isolant (le cas échéant)
 - 6.3 Noyau
 - 6.4 Fil
 - 6.5 Autres
- 7 Informations détaillées de construction.

Lieu		Date		Signature
------	--	------	--	-----------

Annexe D (normative)

Distance d'isolement

La distance d'isolement minimale entre des parties actives de polarité différente ou entre des parties actives et un boîtier métallique est donnée dans le Tableau D.1 suivant sur la base d'une catégorie de surtension III et d'une altitude de moins de 2 000 m.

Tableau D.1 – Distances d'isolement

	Tension nominale phase-neutre de l'alimentation secteur jusqu'à et y compris				
	Tension alternative	150 V	300 V	600 V	1 000 V
	Tension continue	250 V	450 V	900 V	1 500 V
Entre parties actives de polarité différente		1,5 mm	2,5 mm	3,0 mm	5,5 mm
Entre parties actives et d'autres parties métalliques -dessus de l'isolation principale		1,5 mm	3,0 mm	5,5 mm	8,0 mm
Entre parties actives et d'autres parties métalliques -dessus de l'isolation renforcée		3,0 mm	5,5 mm	8,0 mm	14 mm

Il est interdit de déterminer au moyen de l'interpolation d'autres distances d'isolement pour des tensions d'alimentation intermédiaires.

Les inductances conformes à ce tableau peuvent être utilisées dans les applications des catégories de surtension I, II et III, à l'exception de la catégorie de surtension II pour des tensions continues de 1 250 V à 1 500 V. La catégorie de surtension IV peut exiger des distances d'isolement supérieures. Les catégories de surtension II et I peuvent admettre des distances d'isolement inférieures; voir l'IEC 60664-1.

Se référer à l'IEC 60664-1 pour les facteurs de multiplication concernant les altitudes supérieures à 2 000 m.

Annexe E (normative)

Ligne de fuite

Les lignes de fuite exigées dépendent du degré de pollution dans le microenvironnement concerné, ainsi que de l'indice de résistance au cheminement (IRC) du matériau isolant utilisé.

Les degrés de pollution dans le microenvironnement sont établis à partir de l'IEC 60664-1. Les hypothèses suivantes concernant les degrés de pollution dans les microenvironnements concernés doivent être prises en considération dans le présent document, sauf spécification explicite contraire:

- Degré de pollution 3: Valable pour les bornes à l'extérieur des inductances
- Degré de pollution 2: Valable à l'intérieur des inductances avec un boîtier et sans couverture complète par un composé d'empotage ou du vernis.
- Degré de pollution 1: Valable à l'intérieur de zones entièrement empotées ou vernies ou d'un boîtier étanche.

Pour les inductances sans boîtier et pour les microenvironnements exposés ouvertement aux effets de l'environnement, le degré de pollution défini par l'application est valable. En règle générale, le degré de pollution 2 est retenu par hypothèse pour les considérations de conception, sauf spécification contraire.

Les matériaux d'isolation sont répartis en quatre groupes en fonction de leurs valeurs d'IRC, comme suit:

Groupe de matériaux I	$600 \leq \text{IRC}$
Groupe de matériaux II	$400 \leq \text{IRC} < 600$
Groupe de matériaux IIIa	$175 \leq \text{IRC} < 400$
Groupe de matériaux IIIb	$100 \leq \text{IRC} < 175$

Ces valeurs d'IRC renvoient aux valeurs obtenues, conformément à l'IEC 60112, sur des échantillons du matériau concerné spécifiquement fabriqués à cet effet et soumis à l'essai avec le solvant A. Le groupe de matériaux IIIb est retenu par hypothèse pour les matériaux dont la valeur d'IRC n'est pas connue. En variante, la méthode de détermination de l'IRC peut être utilisée conformément à l'IEC 60112 avec le solvant d'essai A. Les matériaux du groupe IIIb de l'IRC ne doivent pas être utilisés à des fins d'isolation avec le support direct des conducteurs sous tension. Les matériaux du groupe IIIb de l'IRC ne doivent pas être utilisés pour des tensions de service supérieures à 630 V.

Les lignes de fuite entre des parties actives de polarité différente ou entre des parties actives et un boîtier métallique ne doivent pas être inférieures aux valeurs appropriées indiquées dans le Tableau E.1 suivant.

Tableau E.1 – Lignes de fuite

	Degré de pollution						
	1	2			3		
	Tous les groupes de matériaux	Groupe de matériaux			Groupe de matériaux		
Valeurs efficaces		I	II	III	I	II	III
V	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
25	0 125	0,50	0,50	0,50	1,25	1,25	1,25
50	0,18	0,60	0,85	1,20	1,50	1,70	1,90
63	0,20	0,63	0,90	1,25	1,60	1,80	2,00
125	0,28	0,75	1,05	1,50	1,90	2,10	2,40
160	0,32	0,80	1,10	1,60	2,00	2,20	2,50
250	0,56	1,25	1,80	2,50	3,20	3,60	4,00
320	0,75	1,60	2,20	3,20	4,00	4,50	5,00
400	1,0	2,0	2,80	4,0	5,0	5,6	6,3
500	1,3	2,5	3,6	5,0	6,3	7,1	8,0
630	1,8	3,2	4,5	6,3	8,0	9,0	10,0
800	2,4	4,0	5,6	8,0	10,0	11,0	12,5
1 000	3,2	5,0	7,1	10,0	12,5	14,0	16,0
1 250 (courant continu uniquement)	4,2	6,3	9,0	12,5	16,0	18,0	20,0
1 500 (courant continu uniquement)	5,2	7,5	10,4	15,0	19,0	21,0	24,0

Les lignes de fuite pour l'isolation renforcée doivent être conçues avec le double de la valeur spécifiée dans ce tableau. Pour toute tension de service comprise entre les valeurs de ce tableau, la ligne de fuite nécessaire peut être interpolée de manière linéaire entre les limites données.

Lorsque des nervures sont utilisées, pour les tensions de service ≥ 500 V, la ligne de fuite peut être réduite conformément à l'IEC 60664-1. En cas d'utilisation de verre, de mica, de céramique ou d'autres matériaux isolants inorganiques qui ne laissent pas de traces, il est admis d'appliquer la valeur de la distance d'isolement minimale comme ligne de fuite minimale.

Annexe F (normative)

Fils de bobinage totalement isolés

**Tableau F.1 – Fils de bobinage totalement isolés (FIW)
avec leurs tensions d'essai minimales**

Diamètre nominal du conducteur D_{Cu} en mm	Tensions d'essai minimales en V par fil pour l'isolation principale ou renforcée, durée de 60 s						
	Catégorie de FIW 3	Catégorie de FIW 4	Catégorie de FIW 5	Catégorie de FIW 6	Catégorie de FIW 7	Catégorie de FIW 8	Catégorie de FIW 9
0,040	714	904	1 428	1 904	2 380	2 856	
0,045	809	1 047	1 618	2 142	2 666	3 189	
0,050	809	1 095	1 618	2 142	2 666	3 189	
0,056	904	1 238	1 761	2 332	2 904	3 475	
0,063	1 000	1 285	1 904	2 523	3 142	3 760	
0,071	1 000	1 285	1 904	2 523	3 142	3 760	4 379
0,080	1 047	1 380	2 047	2 713	3 380	4 046	4 712
0,090	1 142	1 476	2 142	2 808	3 475	4 141	4 808
0,100	1 238	1 571	2 332	3 094	3 856	4 617	5 379
0,112	1 261	1 622	2 388	3 154	3 919	4 685	5 451
0,125	1 352	1 757	2 568	3 379	4 190	5 001	5 811
0,140	1 442	1 892	2 793	3 694	4 595	5 496	6 397
0,160	1 577	2 072	3 063	4 055	5 046	6 037	7 028
0,180	1 712	2 253	3 334	4 415	5 496	6 577	7 659
0,200	1 802	2 388	3 514	4 640	5 766	6 893	8 019
0,224	1 937	2 568	3 784	5 001	6 217	7 433	8 650
0,250	2 162	2 838	4 190	5 541	6 893	8 244	9 596
0,280	2 253	2 973	4 370	5 766	7 163	8 560	9 956
0,315	2 388	3 154	4 550	5 947	7 343	8 740	10 136
0,355	2 568	3 334	4 730	6 127	7 523	8 920	10 316
0,400	2 499	3 290	4 582	5 873	7 164	8 455	
0,450	2 666	3 499	4 790	6 081	7 372		
0,500	2 791	3 665	5 373	7 081	8 788		
0,560	2 233	2 956	4 246	5 535	6 825		
0,630	2 359	3 114	4 403	5 692	6 982		
0,710	2 516	3 302	4 592	5 881	7 171		
0,80	2 673	3 522	5 126	6 730			
0,90	2 831	3 743	5 347	6 950			
1,00	2 988	3 931	5 535	7 139			
1,12	2 749	3 618	5 330				
1,25	2 805	3 703	5 414				
1,40	2 889	3 815	5 526				
1,60	3 001	3 955	5 666				

Annexe X (informative)

Renvois pour les références à l'édition précédente du présent document

La révision de la présente spécification intermédiaire a donné lieu à une nouvelle structure. Le Tableau X.1 suivant spécifie des renvois pour toutes les références à des éléments spécifiques de l'édition précédente de cette spécification intermédiaire.

Tableau X.1 – Renvois

IEC 60938-2:1999 (Édition 2.1)	IEC 60938-2:2021 (Édition 3.0)	Commentaire
1.1	1	Domaine d'application
1.2	1	
1.3	2	Références normatives
1.4	4.3	
1.5	3	Termes et définitions
1.6	4.5	Marquage
2.1	4.2.1	
2.2	4.2	
3	Supprimé sans remplacement	
4.1	5.3	
4.2	5.5	
4.3	5.4	
4.4	5.6	
4.5	5.7	
4.6	5.12	
4.7	5.15	
4.8	5.16	
4.9	5.17	
4.10	5.13	
4.11	Supprimé sans remplacement	
4.12	5.14	
4.13	5.18	
4.14	5.19	
4.15	5.20	
4.16	5.9	
4.17	5.10	
4.18	5.11	
4.19	5.21	
4.20	5.24	
4.21	5.25	

IEC 60938-2:1999 (Édition 2.1)	IEC 60938-2:2021 (Édition 3.0)	Commentaire
Annexe A	Annexe B	Programme d'essai
Annexe B	Supprimé sans remplacement	
Annexe C	IEC 60938-1:2021	Circuit pour l'essai d'endurance
Annexe D	Annexe C	
Annexe E	Supprimé sans remplacement	
Tableau 1	Annexe A	Plan d'échantillonnage
Tableau 2	Supprimé sans remplacement	
Tableau 3	Tableau 1	Tensions d'essai
Tableau 4	Tableau 4	
Tableau 5	Tableau 5	
Tableau 6	Tableau 6	

Bibliographie

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

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

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

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

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

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

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

IEC 60068-2-58, *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 60068-2-78, *Essais d'environnement – Partie 2-78: Essais – Essai Cab: Chaleur humide, essai continu*

IEC TR 60279:1969³, *Mesure de la résistance des enroulements d'une machine à courant alternatif en fonctionnement sous tension alternative*

IEC 60695-2-2:1991⁴, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2: Méthodes d'essai – Section 2: Essai au brûleur-aiguille*

IEC 60938-2-1, *Inductances fixes d'antiparasitage – Partie 2-1: Spécification particulière cadre – Inductances nécessitant des essais de sécurité – Niveau d'évaluation D*

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

³ Supprimée.

⁴ Supprimée.

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

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

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