

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Winding wires – Test methods –
Part 6: Thermal properties**

**Fils de bobinage – Méthodes d'essai –
Partie 6: Propriétés thermiques**





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2012 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

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

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
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 corrigenda or an amendment might have been published.

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables you 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It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 on-line and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.

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: csc@iec.ch.

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

Liens utiles:

Recherche de publications CEI - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI 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.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) en ligne.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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



IEC 60851-6

Edition 3.0 2012-05

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Winding wires – Test methods –
Part 6: Thermal properties**

**Fils de bobinage – Méthodes d'essai –
Partie 6: Propriétés thermiques**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

M

ICS 29.060.10

ISBN 978-2-83220-091-9

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

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Test 9: Heat shock (applicable to enamelled and tape wrapped wire)	6
3.1 General.....	6
3.2 Specimen	6
3.2.1 Round wire	6
3.2.2 Rectangular wire	7
3.3 Procedure	7
3.4 Result	7
4 Test 10: Cut-through (applicable to enamelled round wire with a nominal conductor diameter over 0,100 mm up to and including 1,600 mm and tape wrapped round wire).....	7
4.1 General.....	7
4.2 Equipment.....	7
4.3 Procedure	7
5 Test 15: Temperature index.....	8
6 Test 21: Loss of mass (applicable to enamelled round wire)	8
6.1 General.....	8
6.2 Specimen	8
6.3 Procedure	8
Annex A (informative) High temperature failure test (applicable to enamelled round wire)	11
Bibliography.....	13
Figure 1 – Compression device for the cut-through test	10
Table 1 – Magnification.....	7
Table 2 – Loads applied to the crossing point	8
Table A.1 – Test voltage	11

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

WINDING WIRES – TEST METHODS –**Part 6: Thermal properties****FOREWORD**

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

International Standard IEC 60851-6 has been prepared by IEC technical committee 55: Winding wires.

This third edition cancels and replaces the second edition, published in 1996 and constitutes a technical revision.

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

- Deletion of Table 2: Heating period in Test 10: Cut-through
- Revision to Test 15, where the temperature index requirements for all winding wire constructions have a common reference.

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

FDIS	Report on voting
55/1312/FDIS	55/1330/RVD

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

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

A list of all the parts in the IEC 60851 series, published under the general title *Winding wires – Test methods*, can be found on the IEC website.

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

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

INTRODUCTION

This part of IEC 60851 forms an element of a series of standards which deals with insulated wires used for windings in electrical equipment. The series has three groups describing:

- 1) winding wires – test methods (IEC 60851);
- 2) specifications for particular types of winding wires (IEC 60317);
- 3) packaging of winding wires (IEC 60264).

WINDING WIRES – TEST METHODS –

Part 6: Thermal properties

1 Scope

This part of IEC 60851 specifies the following tests:

- Test 9: Heat shock;
- Test 10: Cut-through;
- Test 15: Temperature index;
- Test 21: Loss of mass.

For definitions, general notes on methods of test and the complete series of methods of test for winding wires, see IEC 60851-1.

2 Normative references

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

IEC 60172, *Test procedure for the determination of the temperature index of enamelled winding wires*

IEC 60851-3:2009, *Winding wires – Test methods – Part 3: Mechanical properties*

IEC 60851-5:2008, *Winding wires – Test methods – Part 5: Electrical properties*
Amendment 1:2011

3 Test 9: Heat shock (applicable to enamelled and tape wrapped wire)

3.1 General

Heat shock is the potential of the wire to withstand temperature exposure after the wire has been stretched and/or wound or bent around a mandrel.

3.2 Specimen

3.2.1 Round wire

A specimen shall be prepared in accordance with:

- 5.1.1.1 of IEC 60851-3:2009 for enamelled wires with a nominal conductor diameter up to and including 1,600 mm;
- 5.2 of IEC 60851-3:2009 for enamelled wires with a nominal conductor diameter over 1,600 mm;
- 5.1.1.4 of IEC 60851-3:2009 for tape wrapped wires with a nominal conductor diameter up to and including 1,600 mm;

- 5.5.4 of IEC 60851-3:2009 for tape wrapped wires with a nominal conductor diameter over 1,600 mm.

3.2.2 Rectangular wire

A specimen shall be prepared in accordance with 5.1.2 of IEC 60851-3:2009, bent however, only flatwise (on the thickness).

3.3 Procedure

The specimen is placed into an oven with forced air circulation for a period of 30 min and at a temperature ± 5 °C specified in the relevant standard. After removal from the oven, the specimen shall be allowed to cool to room temperature and shall then be examined for cracks under a magnification according to Table 1.

Table 1 – Magnification

Wire dimension	Magnification
Round wire of nominal conductor diameter up to and including 0,040 mm	10 to 15 times
Round wire of nominal conductor diameter over 0,040 mm up to and including 0,500 mm	6 to 10 times
Round wire of nominal conductor diameter over 0,500 mm	1 to 6 times
Rectangular wire	6 to 10 times

3.4 Result

Three specimens shall be tested in the case of round wire and two specimens shall be tested in the case of rectangular wire. Any crack detected shall be reported.

4 Test 10: Cut-through (applicable to enamelled round wire with a nominal conductor diameter over 0,100 mm up to and including 1,600 mm and tape wrapped round wire)

4.1 General

Cut-through is expressed as the temperature at which a short circuit occurs between two pieces of wire crossing each other at right angles with a specified load applied to the crossing point.

NOTE In many cases, the cut-through temperature indicates decomposition of the insulation.

4.2 Equipment

The following equipment shall be used:

- metal block of brass or copper provided with means for electrical heating and temperature measurement and control, with two slots for inserting two wire pieces, which cross each other at right angles with the crossing point in the centre of the block, and with a ceramic piston to apply a load on the crossing point, as shown in Figure 1;
- -transformer of at least 100 VA providing an alternating test voltage of (100 ± 10) V, connected to an overcurrent device operating at a current of (5 ± 1) mA, and to a resistor limiting the current to 50 mA maximum.

4.3 Procedure

Two straight pieces of wire shall be inserted into the metal block crossing each other at right angles, with the metal block pre-heated at the temperature specified in the relevant standard.

The temperature shall be measured as close as possible to the crossing point and shall not vary by more than ± 3 °C from the specified value. The crossing point shall lie centrally under the piston. In the case of wire of a nominal conductor diameter of less than 0,200 mm, two straight pieces of wire shall be placed in parallel, side by side, and a third piece shall be placed at right angles across the first two with the crossing points arranged symmetrically to the axis of the piston.

A load as given in Table 2 shall be applied by means of the piston. Immediately thereafter, the test voltage shall be applied between the lower and upper pieces of wire. In the case where two lower pieces are used, they shall be connected. The load and the test voltage shall be applied for 2 min. Three tests shall be made. Any failure shall be reported.

Table 2 – Loads applied to the crossing point

Nominal conductor diameter mm		Load N
Over	Up to and including	
0,100	0,125	1,25
0,125	0,315	2,20
0,315	0,500	4,50
0,500	0,800	9,00
0,800	1,250	18,00
1,250	1,600	36,00

5 Test 15: Temperature index

The temperature index shall be determined in accordance with IEC 60172 (on unimpregnated specimens).

6 Test 21: Loss of mass (applicable to enamelled round wire)

6.1 General

Loss of mass refers to the wire coating and indicates the degree of curing.

6.2 Specimen

A piece of wire providing not less than 0,5 g of coating shall be cleaned by adequate means without affecting the coating. The specimen shall be heated for 1 h at (130 ± 3) °C in an oven with forced air circulation. After removal from the oven, the specimen shall be placed in a desiccator and allowed to cool to room temperature for at least 30 min. The specimen shall then be weighed to 0,1 mg (M_1).

6.3 Procedure

A crucible shall be conditioned for 2 h at (150 ± 3) °C. The crucible containing the specimen shall then be placed in an oven with forced air circulation for 2 h at a temperature that varies by not more than ± 3 °C from the value specified in the relevant standard. After removal from the oven, the specimen shall be placed in a desiccator and allowed to cool to room temperature for at least 30 min. The specimen shall then be weighed to 0,1 mg (M_2).

The coating shall be removed by suitable chemical means not affecting the conductor and the bare conductor shall be dried for (15 ± 1) min at (150 ± 3) °C, placed in a desiccator and

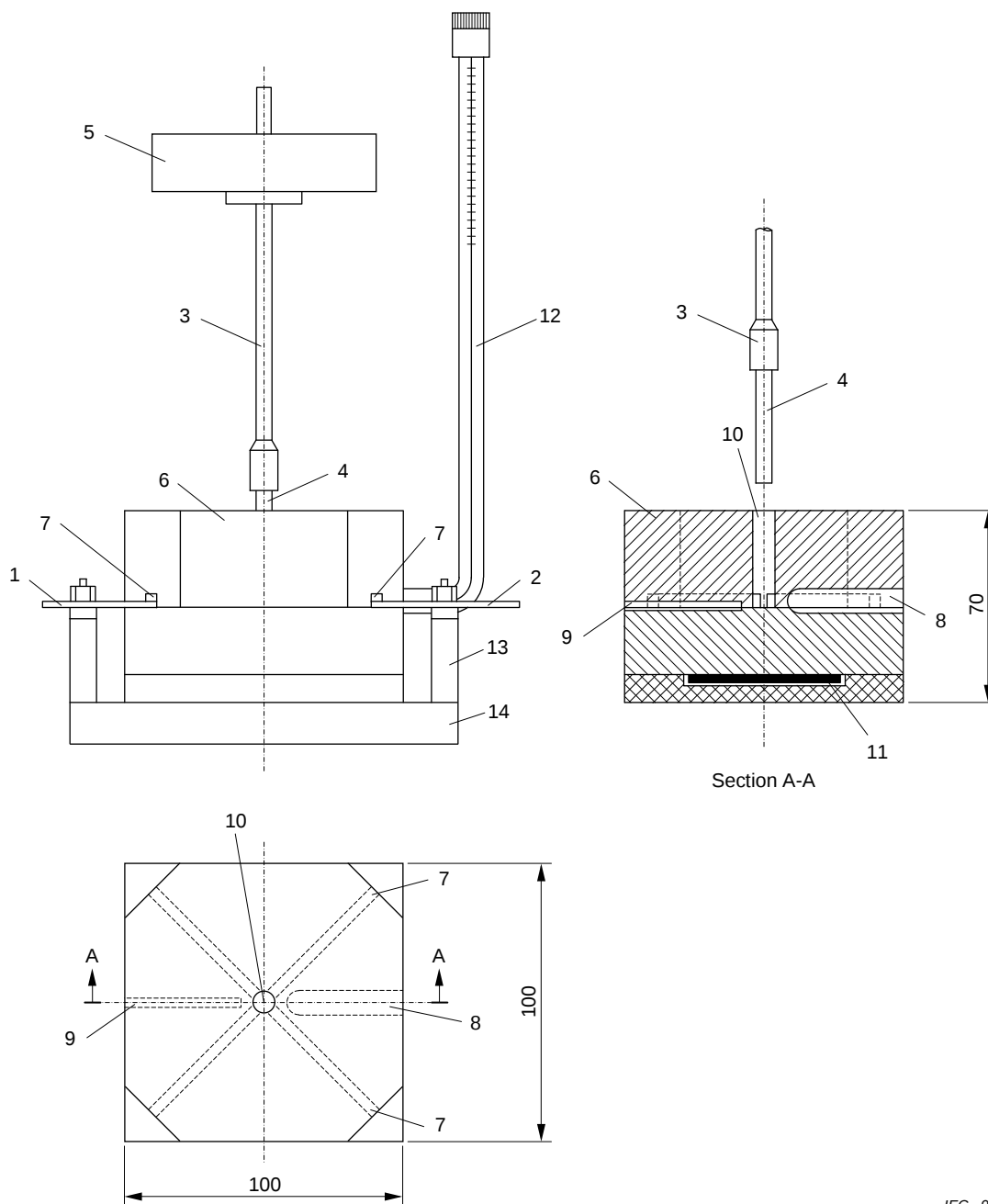
allowed to cool to room temperature for at least 30 min. The bare conductor shall then be weighed to 0,1 mg (M_3).

The loss of mass shall be determined according to the following equation:

$$\Delta M = \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M_3} \times 100 \%$$

Two tests shall be made. The two single values shall be reported.

Dimensions in millimetres



IEC 910/12

Key

- | | |
|---|--|
| 1. Specimen | 8. Hole for insertion of the temperature controlling device |
| 2. Specimen | 9. Hole for insertion of the thermocouple |
| 3. Piston | 10. Hole for insertion of the loaded piston |
| 4. Ceramic piston | 11. Electrical heating element |
| 5. Load | 12. Temperature controlling device |
| 6. Metal block (copper or brass) | 13. Insulated terminals for connection of the wire specimens |
| 7. Slots for insertion of the specimens | 14. Insulated base plate |

Figure 1 – Compression device for the cut-through test

Annex A (informative)

High temperature failure test (applicable to enamelled round wire)

A.1 General

High-temperature failure is expressed by the time to failure of a specimen, which is connected to a test voltage while exposed to elevated temperature.

NOTE This test is intended to indicate the performance of wire at temperatures up to 450 °C where overload conditions under voltage stress are possible. It is not practical to use this test for conditions which produce failures in seconds or in a few minutes because the test duration is substantially longer.

A.2 Equipment

The following equipment is used:

- oven with or without forced air circulation providing a maximum service temperature of 450 °C. The temperature should not vary from the set temperature by more than ± 5 °C. The design of the oven ensures that the specimen reaches the set temperature ± 1 % within 3 min. The oven is equipped with appropriate terminals to apply the test voltage in accordance with Table A.1.
- transformer of at least 100 VA providing an alternating test voltage of 50 Hz or 60 Hz according to Table A.1, connected to an overcurrent device operating at a current of (10 ± 5) mA. To avoid over-voltage surges, a capacitor of 1 μ F to 2 μ F is connected in parallel with the secondary terminals of the transformer. The overcurrent device indicates failure and disconnects a corresponding timer.

Table A.1 – Test voltage

Increase in diameter due to the insulation mm		Test voltage (a.c.) V
Over	Up to and including	
0,024	0,035	65
0,035	0,050	85
0,050	0,070	115
0,070	0,090	165
0,090	0,130	200

A.3 Specimen

A specimen is prepared in accordance with 4.4 of IEC 60851-5:2008, Amendment 1:2011. Experience has shown that wire with a nominal conductor diameter of about 1 mm and of grade 2 has been found convenient to handle and to test.

A.4 Procedure

The specimen is connected to the terminals and placed in the oven preheated to the temperature selected for the test. The test voltage is immediately applied and the timer started.

Five specimens are tested. The times to failure are reported. A time to failure below 15 min is disregarded.

Bibliography

IEC 60851-1, *Winding wires – Test methods – Part 1: General*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	15
INTRODUCTION	17
1 Domaine d'application	18
2 Références normatives	18
3 Essai 9: Choc thermique (applicable au fil émaillé et au fil rubané).....	18
3.1 Généralités.....	18
3.2 Epreuve.....	18
3.2.1 Fil de section circulaire.....	18
3.2.2 Fil de section rectangulaire.....	19
3.3 Procédure	19
3.4 Résultats	19
4 Essai 10: Thermoplasticité (applicable au fil de section circulaire émaillé de diamètre nominal du conducteur supérieur à 0,100 mm jusqu'à 1,600 mm inclus et au fil de section circulaire rubané)	19
4.1 Généralités.....	19
4.2 Equipement	19
4.3 Procédure	20
5 Essai 15: Indice de température	20
6 Essai 21: Perte de masse (applicable au fil de section circulaire émaillé)	20
6.1 Généralités.....	20
6.2 Epreuve.....	20
6.3 Procédure	20
Annexe A (informative) Essai de défaillance à haute température (applicable au fil de section circulaire émaillé)	23
Bibliographie.....	25
Figure 1 – Appareil à compression pour essai de thermoplasticité	22
Tableau 1 – Grossissement	19
Tableau 2 – Charges appliquées au point de croisement	20
Tableau A.1 – Tension d'essai	23

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FILS DE BOBINAGE – MÉTHODES D'ESSAI –

Partie 6: Propriétés thermiques

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – 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 la CEI"). 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI 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 la CEI. La CEI 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60851-6 a été établie par le comité d'études 55 de la CEI: Fils de bobinage.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 1996 et constitue une révision technique.

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

- Suppression du Tableau 2: Durée de chauffage dans l'Essai 10: Thermoplasticité
- Révision de l'Essai 15, où les exigences de l'indice de température pour tous les fils de bobinage ont une référence commune.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
55/1312/FDIS	55/1330/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60851, publiées sous le titre général *Fils de bobinage – Méthodes d'essai*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

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

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

INTRODUCTION

Cette partie de la CEI 60851 constitue l'un des éléments d'une série de normes traitant des fils isolés utilisés dans les enroulements des appareils électriques. Cette série comporte trois groupes définissant respectivement:

- 1) les fils de bobinage – méthodes d'essai (CEI 60851);
- 2) les spécifications pour types particuliers de fils de bobinage (CEI 60317);
- 3) le conditionnement de fils de bobinage (CEI 60264).

FILS DE BOBINAGE – MÉTHODES D'ESSAI –

Partie 6: Propriétés thermiques

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60851 concerne les essais suivants:

- Essai 9: Choc thermique;
- Essai 10: Thermoplasticité;
- Essai 15: Indice de température;
- Essai 21: Perte de masse.

Pour les définitions, les généralités concernant les méthodes d'essai et les séries complètes des méthodes d'essai des fils de bobinage, voir la CEI 60851-1.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60172, *Méthode d'essai pour la détermination de l'indice de température des fils de bobinage émaillés*

CEI 60851-3:2009, *Fils de bobinage – Méthodes d'essai – Partie 3: Propriétés mécaniques*

CEI 60851-5: 2008, *Fils de bobinage – Méthodes d'essai – Partie 5: Propriétés électriques*
Amendement 1:2011

3 Essai 9: Choc thermique (applicable au fil émaillé et au fil rubané)

3.1 Généralités

Le choc thermique est la capacité du fil à supporter une exposition à la température après qu'il a été étiré et/ou enroulé ou courbé autour d'un mandrin.

3.2 Eprouvette

3.2.1 Fil de section circulaire

L'éprouvette doit être préparée conformément aux dispositions suivantes:

- 5.1.1.1 de la CEI 60851-3:2009 pour les fils émaillés de diamètre nominal du conducteur jusqu'à 1,600 mm inclus;
- 5.2 de la CEI 60851-3:2009 pour les fils émaillés de diamètre nominal du conducteur supérieur à 1,600 mm;
- 5.1.1.4 de la CEI 60851-3:2009 pour les fils rubanés de diamètre nominal du conducteur jusqu'à 1,600 mm inclus;

- 5.5.4 de la CEI 60851-3:2009 pour les fils rubanés de diamètre nominal du conducteur supérieur à 1,600 mm.

3.2.2 Fil de section rectangulaire

L'éprouvette doit être préparée conformément à 5.1.2 de la CEI 60851-3:2009, mais elle doit être courbée seulement à plat (sur l'épaisseur).

3.3 Procédure

L'éprouvette est placée dans une étuve à circulation d'air forcée pendant une durée de 30 min à la température spécifiée dans la norme correspondante avec une tolérance de ± 5 °C. Après avoir été retirée de l'étuve, l'éprouvette doit être mise à refroidir à température ambiante puis examinée pour détecter des craquelures éventuelles sous un grossissement conforme au Tableau 1.

Tableau 1 – Grossissement

Dimension du fil	Grossissement
Fil de section circulaire de diamètre nominal du conducteur jusqu'à 0,040 mm inclus	10 à 15 fois
Fil de section circulaire de diamètre nominal du conducteur supérieur à 0,040 mm jusqu'à 0,500 mm inclus	6 à 10 fois
Fil de section circulaire de diamètre nominal du conducteur supérieur à 0,500 mm	1 à 6 fois
Fil de section rectangulaire	6 à 10 fois

3.4 Résultats

Dans le cas d'un fil de section circulaire, trois éprouvettes doivent être contrôlées; dans le cas d'un fil de section rectangulaire, deux éprouvettes doivent être contrôlées. L'apparition de craquelures doit être notée.

4 Essai 10: Thermoplasticité (applicable au fil de section circulaire émaillé de diamètre nominal du conducteur supérieur à 0,100 mm jusqu'à 1,600 mm inclus et au fil de section circulaire rubané)

4.1 Généralités

La thermoplasticité est exprimée par la température à laquelle apparaît un court-circuit entre deux morceaux de fil se croisant à angle droit sous une charge spécifiée placée au point de croisement.

NOTE La température de thermoplasticité indique souvent une décomposition de l'isolant.

4.2 Equipement

L'équipement suivant doit être utilisé:

- un bloc métallique de laiton ou de cuivre équipé d'un chauffage électrique et d'un dispositif de mesure et de régulation de la température. Le bloc comprend deux fentes où sont placés les deux morceaux de fil qui se croisent à angle droit, le point de croisement étant situé au centre du bloc et un piston en céramique qui permet d'appliquer la charge au point de croisement, comme indiqué à la Figure 1;
- un transformateur de mesure de 100 VA minimum qui fournit une tension d'essai alternative de (100 ± 10) V relié à un dispositif de surcharge fonctionnant pour un courant de (5 ± 1) mA, et à une résistance qui limite le courant à 50 mA maximum.

4.3 Procédure

Deux morceaux de fil droits doivent être placés dans les fentes du bloc métallique en se croisant à angle droit. Le bloc métallique a été préalablement chauffé à la température spécifiée dans la norme concernée. La température doit être mesurée aussi près que possible du point de croisement et ne doit pas varier de plus de ± 3 °C de la valeur spécifiée. Le point de croisement doit se situer au centre sous le piston. Dans le cas d'un fil de diamètre nominal du conducteur inférieur à 0,200 mm, deux morceaux de fil droits doivent être placés parallèlement côte à côte, et un troisième morceau doit être placé à angle droit des deux premiers, les points de croisement étant placés symétriquement de part et d'autre de l'axe du piston.

Une charge donnée dans le Tableau 2 doit être appliquée à l'aide du piston. La tension d'essai doit être appliquée immédiatement après entre les morceaux de fils inférieurs et supérieurs. Dans le cas où deux morceaux de fil sont placés au-dessous, ils doivent être reliés électriquement. La charge et la tension d'essai doivent être appliquées pendant 2 min. Trois essais doivent être effectués. L'apparition d'une défaillance doit être notée.

Tableau 2 – Charges appliquées au point de croisement

Diamètre nominal du conducteur mm		Charge N
Supérieur à	Jusqu'à et y compris	
0,100	0,125	1,25
0,125	0,315	2,20
0,315	0,500	4,50
0,500	0,800	9,00
0,800	1,250	18,00
1,250	1,600	36,00

5 Essai 15: Indice de température

L'indice de température doit être déterminé conformément à la CEI 60172 (sur des éprouvettes non imprégnées).

6 Essai 21: Perte de masse (applicable au fil de section circulaire émaillé)

6.1 Généralités

La perte de masse concerne le revêtement du fil et indique le degré de cuisson.

6.2 Epreuve

Un morceau de fil fournissant au moins 0,5 g de revêtement doit être nettoyé par un moyen approprié qui n'affecte pas le revêtement. L'éprouvette doit être chauffée pendant 1 h à (130 ± 3) °C dans une étuve à circulation d'air forcée. Après avoir été retirée de l'étuve, l'éprouvette doit être placée dans un dessiccateur et laissée refroidir à température ambiante pendant au moins 30 min. L'éprouvette doit alors être pesée à 0,1 mg près (M_1).

6.3 Procédure

Un creuset doit être conditionné pendant 2 h à (150 ± 3) °C. Le creuset contenant l'éprouvette doit être placé dans une étuve à circulation d'air forcée pendant 2 h à une température qui ne varie pas de plus de ± 3 °C de la valeur spécifiée dans la norme concernée. Après avoir été

retirée de l'étuve, l'éprouvette doit être placée dans un dessiccateur et laissée à refroidir à température ambiante pendant au moins 30 min. L'éprouvette doit alors être pesée à 0,1 mg près (M_2).

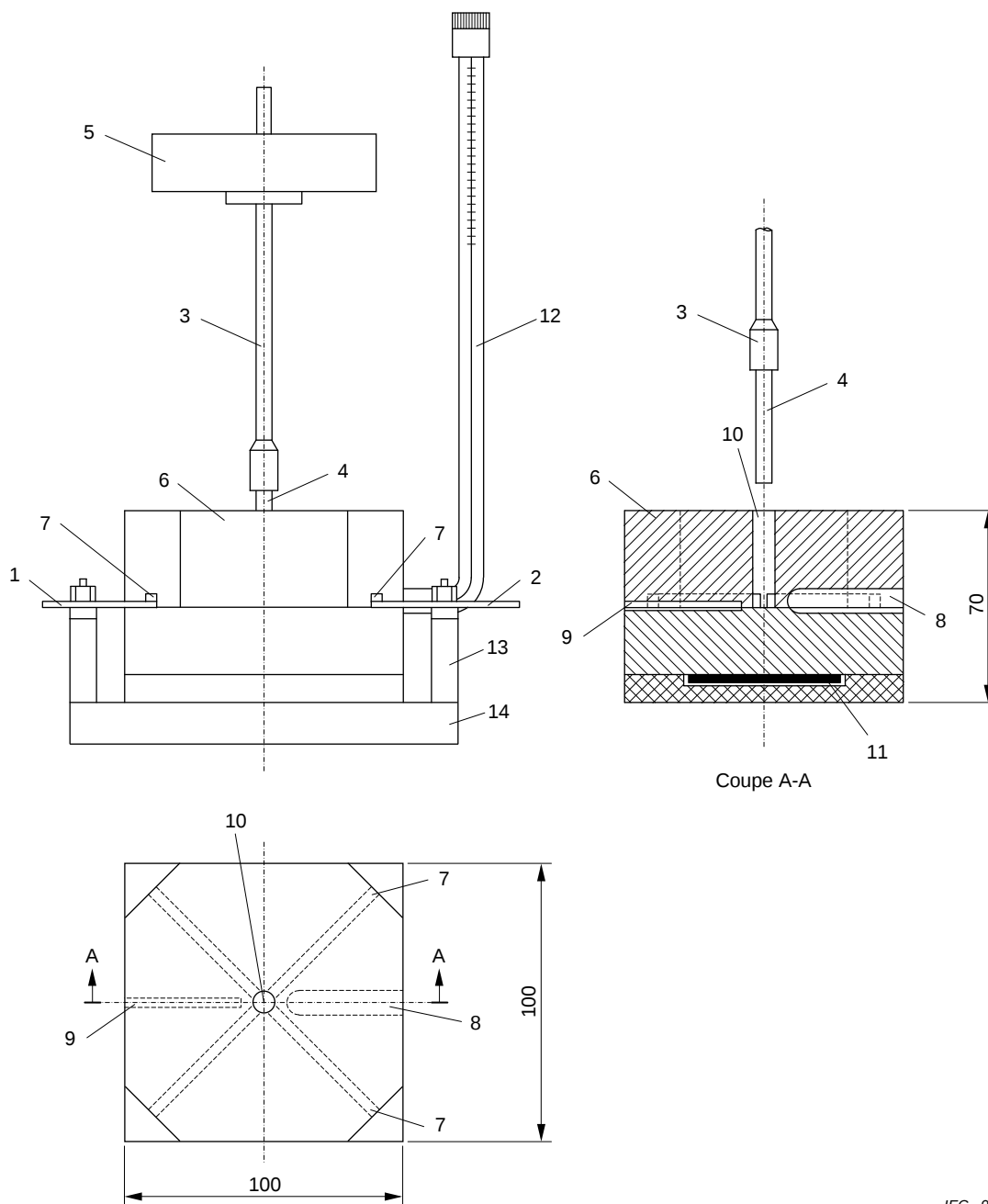
Le revêtement doit être retiré par un moyen chimique approprié qui n'affecte pas le conducteur, et le conducteur nu doit être séché pendant (15 ± 1) min à (150 ± 3) °C, placé dans un dessiccateur et laissé à refroidir à température ambiante pendant au moins 30 min. Le conducteur doit alors être pesé à 0,1 mg près (M_3).

La perte de masse doit être déterminée selon la formule suivante:

$$\Delta M = \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M_3} \times 100 \%$$

Deux essais doivent être effectués. Les deux valeurs individuelles doivent être notées.

Dimensions en millimètres



IEC 910/12

Légende

- | | |
|---|---|
| 1. Eprouvette | 8. Trou pour l'introduction de l'appareil de régulation de la température |
| 2. Eprouvette | 9. Trou pour l'introduction du thermocouple |
| 3. Piston | 10. Trou pour l'introduction du piston chargé |
| 4. Piston en céramique | 11. Élément de chauffage électrique |
| 5. Charge | 12. Appareil de régulation de la température |
| 6. Boc métallique (cuivre ou laiton) | 13. Bornes isolées pour connexion des épreuves de fil |
| 7. Fente pour l'introduction des épreuves | 14. Socle isolé |

Figure 1 – Appareil à compression pour essai de thermoplasticité

Annexe A (informative)

Essai de défaillance à haute température (applicable au fil de section circulaire émaillé)

A.1 Généralités

La défaillance à haute température est exprimée par le temps avant la défaillance de l'éprouvette qui est reliée à une tension d'essai pendant l'exposition à température élevée.

NOTE Cet essai sert à indiquer la performance du fil à des températures pouvant atteindre 450 °C, là où des conditions de surcharge sous tension électrique sont possibles. Il n'est pas pratique d'utiliser cet essai pour des conditions qui produisent des défaillances en quelques secondes ou en quelques minutes car la durée de l'essai est nettement plus longue.

A.2 Equipement

L'équipement suivant est utilisé:

- une étuve avec ou sans circulation d'air forcée ayant une température maximale de service de 450 °C. il convient que la température ne varie pas de plus de ± 5 °C de la température fixée. La conception de l'étuve assure que l'éprouvette atteint la température fixée ± 1 % en moins de 3 min. L'étuve est équipée de connexions appropriées pour appliquer la tension d'essai donnée au Tableau A.1;
- un transformateur de mesure de 100 VA minimum qui fournit une tension d'essai alternative de 50 Hz ou 60 Hz conforme au Tableau A.1, relié à un dispositif de surcharge fonctionnant pour un courant de (10 ± 5) mA. Pour éviter qu'une surtension n'apparaisse, une capacité de 1 μ F à 2 μ F est placée en parallèle avec les sorties du bobinage secondaire du transformateur. Le dispositif de surcharge indique la défaillance et arrête un compte-minute.

Tableau A.1 – Tension d'essai

Accroissement de diamètre dû à l'isolant mm		Tension d'essai (c.a.) V
Supérieur à	Jusqu'à et y compris	
0,024	0,035	65
0,035	0,050	85
0,050	0,070	115
0,070	0,090	165
0,090	0,130	200

A.3 Epreuve

L'éprouvette est préparée conformément à 4.4 de la CEI 60851-5:2008, Amendement 1:2011. L'expérience a montré qu'un fil de diamètre nominal du conducteur d'environ 1 mm et de grade 2 convient bien pour les manipulations et l'essai.

A.4 Procédure

L'éprouvette est reliée aux connexions et placée dans l'étuve qui a été préalablement chauffée à la température choisie pour l'essai. La tension d'essai est immédiatement appliquée et le compte-minute mis en marche.

Cinq éprouvettes sont contrôlées. Les temps auxquels apparaît la défaillance sont notés. Il n'est pas tenu compte des temps inférieurs à 15 min.

Bibliographie

CEI 60851-1, *Fils de bobinage – Méthodes d'essai – Partie 1: Généralités*

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

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

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch