



IEC 60851-5

Edition 4.2 2019-09  
CONSOLIDATED VERSION

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



---

**Winding wires – Test methods –  
Part 5: Electrical properties**

**Fils de bobinage – Méthodes d’essai –  
Partie 5: Propriétés électriques**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

---

ICS 29.060.10

ISBN 978-2-8322-7427-9

**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.**

# REDLINE VERSION

# VERSION REDLINE



---

**Winding wires – Test methods –  
Part 5: Electrical properties**

**Fils de bobinage – Méthodes d'essai –  
Partie 5: Propriétés électriques**

## CONTENTS

1	Scope	7
2	Normative references	7
3	Test 5: Electrical resistance	7
4	Test 13: Breakdown voltage	8
4.1	Principle	8
4.2	Equipment	8
4.3	Enamelled round wire <del>with a nominal conductor diameter up to and including 0,100 mm</del>	9
4.3.1	Grade 1 to grade 3 with a nominal diameter up to and including 0,100 mm	9
4.3.2	Grade of FIW 3 to FIW 9 with a nominal conductor diameter up to and including 1,600 mm	10
4.4	Enamelled round wire with a nominal conductor diameter over 0,100 mm up to and including 2,500 mm, grade 1 to grade 3	11
4.4.1	Test at room temperature	11
4.4.2	Test at elevated temperature	12
4.5	Round wire with a nominal conductor diameter over 2,500 mm	13
4.5.1	Test at room temperature	13
4.5.2	Test at elevated temperature	15
4.6	Fibre wound round wire	15
4.6.1	Test at room temperature	15
4.6.2	Test at elevated temperature	16
4.7	Rectangular wire	17
4.7.1	Test at room temperature	17
4.7.2	Test at elevated temperature	17
5	Test 14: Continuity of insulation (applicable to enamelled round and tape wrapped round wire)	17
5.1	General	17
5.2	Low-voltage continuity (nominal conductor diameter up to and including 0,050 mm, grade 1 to grade 3)	18
5.3	High-voltage continuity (nominal conductor diameter over 0,050 mm up to and including 1,600 mm, grade 1 to grade 3, and over 0,035 mm, up to and including 1,600 mm, grade 3 of FIW 3 to FIW 9)	19
5.3.1	Principle	19
5.3.2	Equipment	19
5.3.3	Procedure	24
5.3.4	Result	25
5.4	Inline high-voltage continuity (wires in accordance with grade of FIW 3 to FIW 10 with nominal conductor diameter over 0,035 mm up to and including 1,600 mm)	25
5.4.1	Principle	25
5.4.2	Equipment	26
5.4.3	Procedure	26
5.4.4	Result	27
6	Test 19: Dielectric dissipation factor (applicable to enamelled wire and bunched wire)	27
6.1	Principle	27
6.2	Equipment	28

6.3	Specimen .....	29
6.3.1	Specimen for a metal bath electrode.....	29
6.3.2	Specimen for a conductive suspension electrode.....	29
6.4	Procedure .....	29
6.5	Result .....	29
7	Test 23: Pin hole test.....	29
Annex A (informative) Dissipation factor methods .....		31
A.1	Tangent delta – Intersection point .....	31
A.2	Test methods .....	31
A.2.1	Method A.....	31
A.2.2	Method B – Wire coated with a conductive film .....	32
A.3	Interpretation of results .....	32
A.3.1	General .....	32
A.3.2	Linear method .....	32
A.3.3	Logarithmic method .....	33
Figure 1 – Arrangement of cylinder and specimen for the breakdown voltage test.....		10
Figure 2 – Device for twisting the specimen for breakdown voltage test.....		12
Figure 3 – U-bend specimen for the breakdown voltage test (specimen placed in shot bath).....		14
Figure 4 – Coil-wound specimen for the breakdown voltage test .....		16
Figure 5 – Apparatus for testing the low-voltage continuity of covering .....		18
Figure 6 – High-voltage d.c. continuity – Pulleys for wire size 0,050 mm to 0,250 mm .....		20
Figure 7 – Pulley dimensions and spacing for wire size 0,250 mm to 1,600 mm .....		21
Figure 8a – Graphite fibre single brush electrode assembly .....		22
Figure 8b – Graphite fibre dual brush electrode assembly.....		23
Figure 8 – Graphite fibre single or dual brush electrode assembly.....		23
Figure 9 – Suitable electrode arrangement for testing the dielectric dissipation factor.....		28
Figure A.1 – Example of linear method for sole coating.....		33
Figure A.2 – Example of logarithmic method for sole coating .....		33
Table 1 – Rates of test voltage increase .....		8
Table 2.1 – Loads applied to the wire .....		9
Table 2.2 – Loads and diameters of test cylinders applied to wire .....		11
Table 3 – Loads applied to the wire and number of twists .....		12
Table 4 – Off-line HVC fault currents .....		20
<del>Table 5 – Test voltages.....</del>		<del>24</del>
Table 5.1 – Off-line HVC test voltages for grades 1 – 3.....		24
Table 5.2 – Off-line HVC test voltages for grade of FIW 3 – FIW 9.....		25
Table 7 – In-line HVC test voltages .....		27

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

---

**WINDING WIRES –  
TEST METHODS –****Part 5: Electrical 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.

**This consolidated version of the official IEC Standard and its amendments has been prepared for user convenience.**

**IEC 60851-5 edition 4.2 contains the fourth edition (2008-07) [documents 55/1069/FDIS and 55/1078/RVD], its amendment 1 (2011-06) [documents 55/1223/FDIS and 55/1251/RVD] and its amendment 2 (2019-09) [documents 55/1791/FDIS and 55/1818/RVD].**

**In this Redline version, a vertical line in the margin shows where the technical content is modified by amendments 1 and 2. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.**

International Standard IEC 60851-5 has been prepared by IEC technical committee 55: Winding wires.

Significant revisions to the previous edition include the following points:

- in Subclause 5.3, the addition of the use of carbon brush electrodes for the counting discontinuities during the high voltage continuity test, as an alternative to the V-groove pulley electrode;
- clarifications in the breakdown voltage test for round wires larger than 2,500 mm and for fibrous covered wires.

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, under the general title *Winding wires – Test methods*, can be found on the website.

The amendment 1 includes

- in Clause 4 the addition of dielectric breakdown requirements for fully insulated (FIW) zero-defect enamelled round copper wires;
- in Clause 5 the addition of continuity requirements for fully insulated (FIW) zero-defect enamelled round copper wires.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendments 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.

**IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.**

## 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

- a) winding wires – Test methods (IEC 60851);
- b) specifications for particular types of winding wires (IEC 60317);
- c) packaging of winding wires (IEC 60264).

## **WINDING WIRES – TEST METHODS –**

### **Part 5: Electrical properties**

#### **1 Scope**

This part of IEC 60851 specifies the following tests:

- Test 5: Electrical resistance;
- Test 13: Breakdown voltage;
- Test 14: Continuity of insulation;
- Test 19: Dielectric dissipation factor;
- Test 23: Pin hole.

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 referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

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



## SOMMAIRE

1	Domaine d'application .....	40
2	Références normatives .....	40
3	Essai 5: Résistance électrique .....	40
4	Essai 13: Tension de claquage .....	41
4.1	Principe .....	41
4.2	Equipement .....	41
4.3	Fil de section circulaire émaillé <del>de diamètre nominal</del> <del>du conducteur jusqu'à 0,100 mm inclus</del> .....	42
4.3.1	Du grade 1 au grade 3 avec un diamètre nominal du conducteur jusqu'à 0,100 mm inclus .....	42
4.3.2	Grade du FIW 3 au FIW 9 avec un diamètre nominal du conducteur jusqu'à 1,600 mm inclus .....	43
4.4	Fil de section circulaire émaillé de diamètre nominal du conducteur supérieur à 0,100 mm jusqu'à 2,500 mm inclus, du grade 1 au grade 3 .....	44
4.4.1	Essai à température ambiante .....	44
4.4.2	Essai à température élevée .....	45
4.5	Fil de section circulaire avec diamètre nominal du conducteur supérieur à 2,500 mm .....	46
4.5.1	Essai à température ambiante .....	46
4.5.2	Essai à température élevée .....	48
4.6	Fil rond guipé de fibre .....	48
4.6.1	Essai à température ambiante .....	48
4.6.2	Essai à température élevée .....	50
4.7	Fil de section rectangulaire .....	50
4.7.1	Essai à température ambiante .....	50
4.7.2	Essai à température élevée .....	50
5	Essai 14: Continuité de l'isolant (applicable au fil de section circulaire émaillé et au fil de section circulaire rubané) .....	51
5.1	Généralités .....	51
5.2	Continuité sous basse tension (diamètre nominal du conducteur jusqu'à et y compris 0,050 mm, du grade 1 au grade 3) .....	51
5.3	Continuité sous haute tension (diamètre nominal du conducteur supérieur à 0,050 mm jusqu'à et y compris 1,600 mm, du grade 1 au grade 3, et supérieur à 0,035 mm, jusqu'à et y compris 1,600 mm, du grade 3 de FIW 3 au FIW 9) .....	52
5.3.1	Principe .....	52
5.3.2	Equipement .....	52
5.3.3	Procédures .....	57
5.3.4	Résultats .....	58
5.4	Continuité haute tension en ligne (fils conformes avec le grade de FIW 3 au FIW 10 avec diamètre nominal du conducteur supérieur à 0,035 mm jusqu'à et y compris 1,600 mm) .....	58
5.4.1	Principe .....	58
5.4.2	Equipement .....	59
5.4.3	Procédure .....	59
5.4.4	Résultat .....	60
6	Essai 19: Facteur de dissipation diélectrique (applicable au fil émaillé et au fil toronné) .....	60
6.1	Principe .....	60

6.2	Equipement .....	60
6.3	Eprouvette.....	62
6.3.1	Eprouvette pour l'électrode constituée d'un bain métallique .....	62
6.3.2	Eprouvette pour l'électrode recouverte d'une suspension conductrice.....	62
6.4	Procédure .....	62
6.5	Résultats .....	62
7	Essai 23: Détection des microfissures en immersion .....	62
Annexe A (informative) Méthodes de calcul du facteur de dissipation .....		64
A.1	Tangente delta – Point d'intersection.....	64
A.2	Méthodes d'essai .....	64
A.2.1	Méthode A.....	64
A.2.2	Méthode B – Fil recouvert d'une couche conductrice .....	65
A.3	Interprétation des résultats .....	65
A.3.1	Généralités.....	65
A.3.2	Méthode linéaire .....	65
A.3.3	Méthode logarithmique .....	66
Figure 1 – Disposition comprenant le cylindre et l'éprouvette de fil pour l'essai de tension de claquage.....		43
Figure 2 – Appareil pour torsader l'éprouvette destinée à la mesure de la tension de claquage.....		45
Figure 3 – Eprouvette en forme de U pour essai de tension de claquage (l'éprouvette est placée dans la grenaille) .....		47
Figure 4 – Eprouvette en spirale pour essai de tension de claquage .....		49
Figure 5 – Appareil pour l'essai de continuité du revêtement sous basse tension .....		51
Figure 6 – Continuité haute tension en courant continu – Poulies pour diamètres de fil de 0,050 mm à 0,250 mm .....		53
Figure 7 – Dimensions des poulies à gorge et écartement pour diamètres de fil 0,250 mm à 1,600 mm .....		54
Figure 8a – Ensemble électrode à balai unique en fibre de graphite.....		55
Figure 8b – Ensemble électrode à deux balais en fibre de graphite.....		56
Figure 8 – Ensemble électrode à balai unique ou à deux balais en fibre de graphite .....		56
Figure 9 – Dispositions d'électrode convenant à l'essai de facteur de perte diélectrique .....		61
Figure A.1 – Exemple de la méthode linéaire pour revêtement unique .....		65
Figure A.1 – Exemple de la méthode linéaire pour revêtement unique .....		66
Figure A.2 – Exemple de la méthode logarithmique pour revêtement unique.....		66
Tableau 1 – Vitesse de l'augmentation de tension.....		41
Tableau 2.1 – Charges appliquées au fil .....		42
Tableau 2.2 – Charges et diamètres des cylindres d'essai appliqués au fil.....		44
Tableau 3 – Charges et nombre de tours appliqués à la paire de fils (aux deux extrémités à la fois) .....		45
Tableau 4 – Courants de défaut de continuité sous haute tension hors ligne.....		53
<del>Table 5 – Tension d'essais .....</del>		<del>57</del>
Tableau 5.1 – Tensions d'essai de continuité sous haute tension hors ligne pour les grades 1 – 3 .....		57

Tableau 5.2 – Tensions d’essai de continuité sous haute tension hors ligne pour le grade FIW 3 – FIW 9.....	58
Tableau 7 – Tensions d’essai de continuité sous haute tension en ligne .....	60

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

### FILS DE BOBINAGE – MÉTHODES D'ESSAI –

#### Partie 5: Propriétés électriques

##### AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A 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.

**Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de ses amendements a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.**

**L'IEC 60851-5 édition 4.2 contient la quatrième édition (2008-07) [documents 55/1069/FDIS et 55/1078/RVD], son amendement 1 (2011-06) [documents 55/1223/FDIS et 55/1251/RVD] et son amendement 2 (2019-09) [documents 55/1791/FDIS et 55/1818/RVD].**

**Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par les amendements 1 et 2. Les ajouts sont en vert, les suppressions sont en rouge, barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.**

La Norme internationale IEC 60851-5 a été établie par le comité d'études 55 de la IEC: Fils de bobinage.

Les modifications significatives par rapport à l'édition précédente comprennent les points suivants:

- au Paragraphe 5.3, l'ajout de l'utilisation des électrodes balais en carbone pour le comptage des discontinuités pendant l'essai de continuité sous haute tension, comme alternative à l'électrode poulie ayant une gorge en forme de "V";
- des clarifications apportées à l'essai de la tension de claquage pour les fils de section circulaire avec diamètre nominal du conducteur supérieur à 2,500 mm et pour les fils guipés de fibre.

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

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

L'amendement 1 inclut

- dans l'Article 4 l'ajout des exigences relatives au claquage diélectrique pour les fils de bobinage de section circulaire en cuivre émaillé totalement isolés avec zéro défaut;
- dans l'Article 5 l'ajout des exigences relatives à la continuité pour les fils de bobinage de section circulaire en cuivre émaillé totalement isolés avec zéro défaut.

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

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

**IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.**

## INTRODUCTION

La présente partie de la IEC 60851 constitue un élément d'une série de normes traitant des fils isolés utilisés dans les enroulements des appareils électriques. La série comporte trois groupes définissant respectivement

- a) les fils de bobinage – Méthodes d'essai (IEC 60851);
- b) les spécifications pour types particuliers de fils de bobinage (IEC 60317);
- c) le conditionnement des fils de bobinage (IEC 60264).

## **FILS DE BOBINAGE – MÉTHODES D'ESSAI –**

### **Partie 5: Propriétés électriques**

#### **1 Domaine d'application**

La présente partie de la IEC 60851 spécifie les essais suivants:

- Essai 5: Résistance électrique;
- Essai 13: Tension de claquage;
- Essai 14: Continuité de l'isolant;
- Essai 19: Facteur de dissipation diélectrique;
- Essai 23: Détection des micro-fissures en immersion.

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

#### **2 Références normatives**

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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 60851-1, *Fils de bobinage – Méthodes d'essai – Partie 1: Généralités*

# FINAL VERSION

# VERSION FINALE



---

**Winding wires – Test methods –  
Part 5: Electrical properties**

**Fils de bobinage – Méthodes d'essai –  
Partie 5: Propriétés électriques**



## CONTENTS

1	Scope.....	7
2	Normative references .....	7
3	Test 5: Electrical resistance.....	7
4	Test 13: Breakdown voltage .....	8
4.1	Principle.....	8
4.2	Equipment.....	8
4.3	Enamelled round wire.....	9
4.3.1	Grade 1 to grade 3 with a nominal diameter up to and including 0,100 mm.....	9
4.3.2	Grade of FIW 3 to FIW 9 with a nominal conductor diameter up to and including 1,600 mm.....	10
4.4	Enamelled round wire with a nominal conductor diameter over 0,100 mm up to and including 2,500 mm, grade 1 to grade 3.....	11
4.4.1	Test at room temperature .....	11
4.4.2	Test at elevated temperature.....	12
4.5	Round wire with a nominal conductor diameter over 2,500 mm.....	13
4.5.1	Test at room temperature .....	13
4.5.2	Test at elevated temperature .....	15
4.6	Fibre wound round wire .....	15
4.6.1	Test at room temperature .....	15
4.6.2	Test at elevated temperature.....	16
4.7	Rectangular wire .....	17
4.7.1	Test at room temperature .....	17
4.7.2	Test at elevated temperature.....	17
5	Test 14: Continuity of insulation (applicable to enamelled round and tape wrapped round wire).....	17
5.1	General.....	17
5.2	Low-voltage continuity (nominal conductor diameter up to and including 0,050 mm, grade 1 to grade 3).....	18
5.3	High-voltage continuity (nominal conductor diameter over 0,050 mm up to and including 1,600 mm, grade 1 to grade 3, and over 0,035 mm, up to and including 1,600 mm, grade 3 of FIW 3 to FIW 9).....	19
5.3.1	Principle .....	19
5.3.2	Equipment.....	19
5.3.3	Procedure.....	24
5.3.4	Result.....	25
5.4	Inline high-voltage continuity (wires in accordance with grade of FIW 3 to FIW 10 with nominal conductor diameter over 0,035 mm up to and including 1,600 mm).....	25
5.4.1	Principle .....	25
5.4.2	Equipment.....	26
5.4.3	Procedure.....	26
5.4.4	Result.....	27
6	Test 19: Dielectric dissipation factor (applicable to enamelled wire and bunched wire).....	27
6.1	Principle.....	27
6.2	Equipment.....	28
6.3	Specimen .....	29

6.3.1	Specimen for a metal bath electrode.....	29
6.3.2	Specimen for a conductive suspension electrode.....	29
6.4	Procedure .....	29
6.5	Result .....	29
7	Test 23: Pin hole test.....	29
Annex A (informative)	Dissipation factor methods .....	31
A.1	Tangent delta – Intersection point .....	31
A.2	Test methods .....	31
A.2.1	Method A.....	31
A.2.2	Method B – Wire coated with a conductive film .....	32
A.3	Interpretation of results .....	32
A.3.1	General .....	32
A.3.2	Linear method .....	32
A.3.3	Logarithmic method .....	33
Figure 1	– Arrangement of cylinder and specimen for the breakdown voltage test.....	10
Figure 2	– Device for twisting the specimen for breakdown voltage test.....	12
Figure 3	– U-bend specimen for the breakdown voltage test (specimen placed in shot bath).....	14
Figure 4	– Coil-wound specimen for the breakdown voltage test .....	16
Figure 5	– Apparatus for testing the low-voltage continuity of covering .....	18
Figure 6	– High-voltage d.c. continuity – Pulleys for wire size 0,050 mm to 0,250 mm .....	20
Figure 7	– Pulley dimensions and spacing for wire size 0,250 mm to 1,600 mm .....	21
Figure 8a	– Graphite fibre single brush electrode assembly .....	22
Figure 8b	– Graphite fibre dual brush electrode assembly.....	23
Figure 8	– Graphite fibre single or dual brush electrode assembly.....	23
Figure 9	– Suitable electrode arrangement for testing the dielectric dissipation factor.....	28
Figure A.1	– Example of linear method for sole coating.....	33
Figure A.2	– Example of logarithmic method for sole coating .....	33
Table 1	– Rates of test voltage increase .....	8
Table 2.1	– Loads applied to the wire .....	9
Table 2.2	– Loads and diameters of test cylinders applied to wire .....	11
Table 3	– Loads applied to the wire and number of twists .....	12
Table 4	– Off-line HVC fault currents .....	20
Table 5.1	– Off-line HVC test voltages for grades 1 – 3.....	24
Table 5.2	– Off-line HVC test voltages for grade of FIW 3 – FIW 9.....	25
Table 7	– In-line HVC test voltages.....	27

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

---

**WINDING WIRES –  
TEST METHODS –****Part 5: Electrical 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.

**This consolidated version of the official IEC Standard and its amendments has been prepared for user convenience.**

**IEC 60851-5 edition 4.2 contains the fourth edition (2008-07) [documents 55/1069/FDIS and 55/1078/RVD], its amendment 1 (2011-06) [documents 55/1223/FDIS and 55/1251/RVD] and its amendment 2 (2019-09) [documents 55/1791/FDIS and 55/1818/RVD].**

**This Final version does not show where the technical content is modified by amendments 1 and 2. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.**

International Standard IEC 60851-5 has been prepared by IEC technical committee 55: Winding wires.

Significant revisions to the previous edition include the following points:

- in Subclause 5.3, the addition of the use of carbon brush electrodes for the counting discontinuities during the high voltage continuity test, as an alternative to the V-groove pulley electrode;
- clarifications in the breakdown voltage test for round wires larger than 2,500 mm and for fibrous covered wires.

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, under the general title *Winding wires – Test methods*, can be found on the website.

The amendment 1 includes

- in Clause 4 the addition of dielectric breakdown requirements for fully insulated (FIW) zero-defect enamelled round copper wires;
- in Clause 5 the addition of continuity requirements for fully insulated (FIW) zero-defect enamelled round copper wires.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendments 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.

**IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.**

## 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

- a) winding wires – Test methods (IEC 60851);
- b) specifications for particular types of winding wires (IEC 60317);
- c) packaging of winding wires (IEC 60264).

## **WINDING WIRES – TEST METHODS –**

### **Part 5: Electrical properties**

#### **1 Scope**

This part of IEC 60851 specifies the following tests:

- Test 5: Electrical resistance;
- Test 13: Breakdown voltage;
- Test 14: Continuity of insulation;
- Test 19: Dielectric dissipation factor;
- Test 23: Pin hole.

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 referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

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

## SOMMAIRE

1	Domaine d'application .....	40
2	Références normatives .....	40
3	Essai 5: Résistance électrique .....	40
4	Essai 13: Tension de claquage .....	41
4.1	Principe .....	41
4.2	Equipement .....	41
4.3	Fil de section circulaire émaillé .....	42
4.3.1	Du grade 1 au grade 3 avec un diamètre nominal du conducteur jusqu'à 0,100 mm inclus .....	42
4.3.2	Grade du FIW 3 au FIW 9 avec un diamètre nominal du conducteur jusqu'à 1,600 mm inclus .....	43
4.4	Fil de section circulaire émaillé de diamètre nominal du conducteur supérieur à 0,100 mm jusqu'à 2,500 mm inclus, du grade 1 au grade 3.....	44
4.4.1	Essai à température ambiante .....	44
4.4.2	Essai à température élevée .....	45
4.5	Fil de section circulaire avec diamètre nominal du conducteur supérieur à 2,500 mm .....	46
4.5.1	Essai à température ambiante .....	46
4.5.2	Essai à température élevée .....	48
4.6	Fil rond guipé de fibre .....	48
4.6.1	Essai à température ambiante .....	48
4.6.2	Essai à température élevée .....	50
4.7	Fil de section rectangulaire .....	50
4.7.1	Essai à température ambiante .....	50
4.7.2	Essai à température élevée .....	50
5	Essai 14: Continuité de l'isolant (applicable au fil de section circulaire émaillé et au fil de section circulaire rubané).....	51
5.1	Généralités.....	51
5.2	Continuité sous basse tension (diamètre nominal du conducteur jusqu'à et y compris 0,050 mm, du grade 1 au grade 3) .....	51
5.3	Continuité sous haute tension (diamètre nominal du conducteur supérieur à 0,050 mm jusqu'à et y compris 1,600 mm, du grade 1 au grade 3, et supérieur à 0,035 mm, jusqu'à et y compris 1,600 mm, du grade 3 de FIW 3 au FIW 9) .....	52
5.3.1	Principe .....	52
5.3.2	Equipement .....	52
5.3.3	Procédures .....	57
5.3.4	Résultats .....	58
5.4	Continuité haute tension en ligne (fils conformes avec le grade de FIW 3 au FIW 10 avec diamètre nominal du conducteur supérieur à 0,035 mm jusqu'à et y compris 1,600 mm) .....	58
5.4.1	Principe .....	58
5.4.2	Equipement .....	59
5.4.3	Procédure.....	59
5.4.4	Résultat.....	60
6	Essai 19: Facteur de dissipation diélectrique (applicable au fil émaillé et au fil toronné) .....	60
6.1	Principe.....	60

6.2	Equipement .....	60
6.3	Eprouvette.....	62
6.3.1	Eprouvette pour l'électrode constituée d'un bain métallique .....	62
6.3.2	Eprouvette pour l'électrode recouverte d'une suspension conductrice.....	62
6.4	Procédure .....	62
6.5	Résultats .....	62
7	Essai 23: Détection des microfissures en immersion .....	62
Annexe A (informative) Méthodes de calcul du facteur de dissipation .....		64
A.1	Tangente delta – Point d'intersection.....	64
A.2	Méthodes d'essai .....	64
A.2.1	Méthode A.....	64
A.2.2	Méthode B – Fil recouvert d'une couche conductrice .....	65
A.3	Interprétation des résultats .....	65
A.3.1	Généralités.....	65
A.3.2	Méthode linéaire .....	65
A.3.3	Méthode logarithmique .....	66
Figure 1 – Disposition comprenant le cylindre et l'éprouvette de fil pour l'essai de tension de claquage.....		43
Figure 2 – Appareil pour torsader l'éprouvette destinée à la mesure de la tension de claquage.....		45
Figure 3 – Eprouvette en forme de U pour essai de tension de claquage (l'éprouvette est placée dans la grenaille) .....		47
Figure 4 – Eprouvette en spirale pour essai de tension de claquage .....		49
Figure 5 – Appareil pour l'essai de continuité du revêtement sous basse tension .....		51
Figure 6 – Continuité haute tension en courant continu – Poulies pour diamètres de fil de 0,050 mm à 0,250 mm .....		53
Figure 7 – Dimensions des poulies à gorge et écartement pour diamètres de fil 0,250 mm à 1,600 mm .....		54
Figure 8a – Ensemble électrode à balai unique en fibre de graphite.....		55
Figure 8b – Ensemble électrode à deux balais en fibre de graphite.....		56
Figure 8 – Ensemble électrode à balai unique ou à deux balais en fibre de graphite .....		56
Figure 9 – Dispositions d'électrode convenant à l'essai de facteur de perte diélectrique .....		61
Figure A.1 – Exemple de la méthode linéaire pour revêtement unique .....		65
Figure A.1 – Exemple de la méthode linéaire pour revêtement unique .....		66
Figure A.2 – Exemple de la méthode logarithmique pour revêtement unique.....		66
Tableau 1 – Vitesse de l'augmentation de tension.....		41
Tableau 2.1 – Charges appliquées au fil .....		42
Tableau 2.2 – Charges et diamètres des cylindres d'essai appliqués au fil.....		44
Tableau 3 – Charges et nombre de tours appliqués à la paire de fils (aux deux extrémités à la fois) .....		45
Tableau 4 – Courants de défaut de continuité sous haute tension hors ligne.....		53
Tableau 5.1 – Tensions d'essai de continuité sous haute tension hors ligne pour les grades 1 – 3 .....		57
Tableau 5.2 – Tensions d'essai de continuité sous haute tension hors ligne pour le grade FIW 3 – FIW 9.....		58



Tableau 7 – Tensions d’essai de continuité sous haute tension en ligne ..... 60

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

---

### FILS DE BOBINAGE – MÉTHODES D'ESSAI –

#### Partie 5: Propriétés électriques

#### AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A 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.

**Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de ses amendements a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.**

**L'IEC 60851-5 édition 4.2 contient la quatrième édition (2008-07) [documents 55/1069/FDIS et 55/1078/RVD], son amendement 1 (2011-06) [documents 55/1223/FDIS et 55/1251/RVD] et son amendement 2 (2019-09) [documents 55/1791/FDIS et 55/1818/RVD].**

**Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par les amendements 1 et 2. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.**

La Norme internationale IEC 60851-5 a été établie par le comité d'études 55 de la IEC: Fils de bobinage.

Les modifications significatives par rapport à l'édition précédente comprennent les points suivants:

- au Paragraphe 5.3, l'ajout de l'utilisation des électrodes balais en carbone pour le comptage des discontinuités pendant l'essai de continuité sous haute tension, comme alternative à l'électrode poulie ayant une gorge en forme de "V";
- des clarifications apportées à l'essai de la tension de claquage pour les fils de section circulaire avec diamètre nominal du conducteur supérieur à 2,500 mm et pour les fils guipés de fibre.

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

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

L'amendement 1 inclut

- dans l'Article 4 l'ajout des exigences relatives au claquage diélectrique pour les fils de bobinage de section circulaire en cuivre émaillé totalement isolés avec zéro défaut;
- dans l'Article 5 l'ajout des exigences relatives à la continuité pour les fils de bobinage de section circulaire en cuivre émaillé totalement isolés avec zéro défaut.

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

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

**IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.**

## INTRODUCTION

La présente partie de la IEC 60851 constitue un élément d'une série de normes traitant des fils isolés utilisés dans les enroulements des appareils électriques. La série comporte trois groupes définissant respectivement

- a) les fils de bobinage – Méthodes d'essai (IEC 60851);
- b) les spécifications pour types particuliers de fils de bobinage (IEC 60317);
- c) le conditionnement des fils de bobinage (IEC 60264).

## **FILS DE BOBINAGE – MÉTHODES D'ESSAI –**

### **Partie 5: Propriétés électriques**

#### **1 Domaine d'application**

La présente partie de la IEC 60851 spécifie les essais suivants:

- Essai 5: Résistance électrique;
- Essai 13: Tension de claquage;
- Essai 14: Continuité de l'isolant;
- Essai 19: Facteur de dissipation diélectrique;
- Essai 23: Détection des micro-fissures en immersion.

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

#### **2 Références normatives**

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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 60851-1, *Fils de bobinage – Méthodes d'essai – Partie 1: Généralités*