IEC 60851-5

Edition 4.2 2019-09

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE

colour inside

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.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

IEC 60851-5

Edition 4.2 2019-09

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE

colour inside

Winding wires – Test methods – Part 5: Electrical properties

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



IEC 60851-5:2008-07+AMD1:2011-06+AMD2:2019-09 CSV(en-fr)

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 ~~with a nominal conductor diameter up to and including 0,100 mm~~ 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 asssembly 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 – Test voltages~~ .....
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.

DISCLAIMER
This Consolidated version is not an official IEC Standard and has been prepared for user convenience. Only the current versions of the standard and its amendment(s) are to be considered the official documents.

This Consolidated version of IEC 60851-5 bears the edition number 4.2. It consists of 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]. The technical content is identical to the base edition and its amendments.

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 ~~de diamètre nominal du conducteur jusqu'à 0,100 mm inclus~~ 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
~~Table 5 – Tension d'essais ..... ~~
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.

DÉGAGEMENT DE RESPONSABILITÉ
Cette version consolidée n'est pas une Norme IEC officielle, elle a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Seules les versions courantes de cette norme et de son(ses) amendement(s) doivent être considérées comme les documents officiels.

Cette version consolidée de l'IEC 60851-5 porte le numéro d'édition 4.2. Elle comprend 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]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à ses amendements.

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*

IEC 60851-5

Edition 4.2 2019-09

FINAL VERSION

VERSION FINALE

colour inside

Winding wires – Test methods – Part 5: Electrical properties

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



IEC 60851-5:2008-07+AMD1:2011-06+AMD2:2019-09 CSV(en-fr)

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 asssembly 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.

DISCLAIMER
This Consolidated version is not an official IEC Standard and has been prepared for user convenience. Only the current versions of the standard and its amendment(s) are to be considered the official documents.

This Consolidated version of IEC 60851-5 bears the edition number 4.2. It consists of 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]. The technical content is identical to the base edition and its amendments.

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.

DÉGAGEMENT DE RESPONSABILITÉ
Cette version consolidée n'est pas une Norme IEC officielle, elle a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Seules les versions courantes de cette norme et de son(ses) amendement(s) doivent être considérées comme les documents officiels.

Cette version consolidée de l'IEC 60851-5 porte le numéro d'édition 4.2. Elle comprend 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]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à ses amendements.

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*