

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE

---

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

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



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2017 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

Tel.: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)

### About the IEC

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

### About IEC publications

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

#### IEC Catalogue - [webstore.iec.ch/catalogue](http://webstore.iec.ch/catalogue)

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

#### IEC publications search - [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

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

#### IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

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

#### Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

#### IEC Glossary - [std.iec.ch/glossary](http://std.iec.ch/glossary)

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

#### IEC Customer Service Centre - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch).

---

### A propos de l'IEC

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

### A propos des publications IEC

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

#### Catalogue IEC - [webstore.iec.ch/catalogue](http://webstore.iec.ch/catalogue)

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

#### Recherche de publications IEC - [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

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

#### IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

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

#### Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

#### Glossaire IEC - [std.iec.ch/glossary](http://std.iec.ch/glossary)

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

#### Service Clients - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

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

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

---

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

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

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

---

ICS 29.060.10

ISBN 978-2-8322-4722-8

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

## CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references .....	7
3 Terms, definitions, general notes and appearance.....	7
3.1 Terms and definitions.....	7
3.2 General notes .....	9
3.2.1 Methods of test.....	9
3.2.2 Winding wire.....	9
3.3 Appearance .....	9
4 Dimensions.....	9
4.1 Conductor diameter .....	9
4.2 Out of roundness of conductor (for nominal diameters over 0,090 mm up to 0,900 mm) .....	10
4.3 Minimum overall diameter .....	10
4.4 Maximum overall diameter .....	10
5 Electrical resistance .....	11
6 Elongation .....	11
7 Springiness .....	11
8 Flexibility and adherence.....	12
8.1 Mandrel winding test (for nominal conductor diameters over 0,090 mm up to 0,900 mm) .....	12
8.2 Jerk test (for nominal diameters up to 0,900 mm).....	13
9 Heat shock .....	13
10 Cut through .....	14
11 Resistance to abrasion .....	14
12 Resistance to solvents.....	14
13 Breakdown voltage .....	14
14 Continuity of insulation (nominal conductor diameters over 0,090 mm up to 0,900 mm).....	15
14.1 Off-line high voltage continuity.....	15
14.2 In-line high voltage continuity.....	15
15 Temperature index .....	15
16 Resistance to refrigerants.....	15
17 Solderability .....	15
18 Heat or solvent bonding.....	15
19 Dielectric dissipation factor.....	16
20 Resistance to transformer oil .....	16
21 Loss of mass .....	16
23 Pin-hole test.....	16
30 Packaging .....	16
Annex A (normative) Supplemental requirements for FIW .....	17
A.1 Dimensions .....	17
A.2 Electrical resistance.....	18

A.3	Elongation .....	19
A.4	Springiness .....	20
A.5	Mandrel winding test .....	21
A.6	Heat shock .....	22
A.7	Breakdown voltage .....	24
Table 1	– Dimensions of enamelled wires (R 20) .....	10
Table 2	– Elongation at break .....	11
Table 3	– Springiness .....	12
Table 4	– Mandrel diameters for mandrel winding test .....	13
Table 5	– Heat shock .....	14
Table 6	– Breakdown voltage .....	15
Table A.1	– Dimensions of enamelled wires for grades FIW 3, 5, 7 and 9 .....	17
Table A.2	– Dimensions of enamelled wires up to and including 0,090 mm and over 0,900 mm (R 20) for grades FIW 4, 6 and 8 .....	18
Table A.3	– Electrical resistance .....	19
Table A.4	– Elongation at break .....	19
Table A.5	– Springiness for grades FIW 3, 5, 7 and 9 .....	20
Table A.6	– Springiness for grades FIW 4, 6 and 8 .....	21
Table A.7	– Mandrel diameters for mandrel winding test for grade FIW 3, 5, 7 and 9 .....	21
Table A.8	– Mandrel diameters for mandrel winding test for grade FIW 4, 6 and 8, nominal conductor diameters up to and including 0,090 mm and over 0,900 mm .....	22
Table A.9	– Heat shock for grades FIW 3, 5, 7 and 9 .....	23
Table A.10	– Heat shock for grades FIW 4, 6 and 8 .....	23
Table A.11	– Breakdown voltage .....	24

# INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## SPECIFICATIONS FOR PARTICULAR TYPES OF WINDING WIRES –

### Part 0-7: General requirements – Fully insulated (FIW) zero-defect enamelled round copper wire

#### FOREWORD

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

International Standard IEC 60317-0-7 has been prepared by IEC technical committee 55: Winding wires.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2012. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) reduction in the number of grades of FIW from 3 through 9 to 4, 6 and 8 only;
- b) reduction of the wire diameter range from (0,040 to 1,000) mm to (0,090 to 0,900) mm for several requirements;
- c) revision of Clause 5 to delete the Table 2 resistance requirements;

- d) revision of Clause 13 to clarify that breakdown is determined when a calculated minimum test voltage is reached, which can be less than 10 000 V;
- e) expansion of Annex A to include requirements for FIW 3, 5, 7 and 9 and for all grades, wire diameters below 0,090 mm and above 0,900 mm.

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

FDIS	Report on voting
55/1619/FDIS	55/1623/RVD

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

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

A list of all parts in the IEC 60317 series, published under the general title *Specifications for particular type of winding wires*, can be found on the IEC website.

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

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

## INTRODUCTION

The IEC 60317 series is part of a group of International Standards which define insulated wires used for windings in electrical equipment:

- 1) IEC 60851 series, *Winding wires – Test methods*;
- 2) IEC 60317 series, *Specifications for particular types of winding wires*;
- 3) IEC 60264 series, *Packaging of winding wires*.

## SPECIFICATIONS FOR PARTICULAR TYPES OF WINDING WIRES –

### Part 0-7: General requirements – Fully insulated (FIW) zero-defect enamelled round copper wire

#### 1 Scope

This part of IEC 60317 establishes general requirements for fully insulated (FIW) zero-defect enamelled round copper wires.

The nominal conductor diameter range is given in the relevant technical specification.

#### 2 Normative references

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

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

IEC 60317-0-1:2013, *Specifications for particular types of winding wires – Part 0-1: General requirements – Enamelled round copper wire*

IEC 60851 (all parts), *Winding wires – Test methods*

IEC 60851-5:2008, *Winding wires – Test methods – Part 5: Electrical properties*  
IEC 60851-5:2008/AMD1:2011

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

#### 3 Terms, definitions, general notes and appearance

##### 3.1 Terms and definitions

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

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

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

##### 3.1.1

###### class

thermal performance of a wire expressed by the temperature index and the heat shock temperature

**3.1.2**

**coating**

material that is deposited on a conductor or wire by suitable means and then dried and/or cured

**3.1.3**

**conductor**

bare metal after removal of the insulation

**3.1.4**

**crack**

opening in the insulation that exposes the conductor to view at the stated magnification

**3.1.5**

**enamelled wire**

wire coated with an insulation of cured resin

**3.1.6**

**grade of FIW**

range of overall diameter of a wire

**3.1.7**

**increase**

difference between measured overall outer diameter and measured conductor diameter

**3.1.8**

**insulation**

coating or covering on the conductor with the specific function of withstanding voltage

**3.1.9**

**nominal conductor dimension**

designation of the conductor size in accordance with IEC 60317-0-1

**3.1.10**

**normal vision**

20/20 vision, with corrective lenses if necessary

**3.1.11**

**sole coating**

insulation composed of one material

**3.1.12**

**winding wire**

wire used for winding a coil to provide a magnetic field

**3.1.13**

**wire**

conductor coated or covered with an insulation

**3.1.14**

**zero-defect wire**

winding wire that exhibits no electrical discontinuities when tested under specific conditions

## 3.2 General notes

### 3.2.1 Methods of test

All test methods used in this document shall be applied in accordance with the test methods of IEC 60851 (all parts).

The clause numbers used in this document are identical to the corresponding test numbers in the test methods of IEC 60851 (all parts).

In case of inconsistencies between the test methods standard and this document, this document shall prevail.

Where no specific range of nominal diameter is given for a test, the test method shall apply to all nominal dimensions covered by this document.

Unless otherwise agreed, all tests shall be carried out at a temperature between 15 °C and 40 °C, and at a relative humidity of 45 % to 75 %. Before each test, the specimen shall be preconditioned under these atmospheric conditions for a time sufficient to allow the specimens to reach a stable state. These requirements do not affect the online high voltage continuity test according to IEC 60851-5.

The wire to be tested shall be removed from the packaging in such a way that it is not subjected to elongation or unnecessary bending. Before each test, sufficient wire shall be discarded to ensure that no damaged wire is included in the test specimen.

### 3.2.2 Winding wire

Where a wire type is referenced to Clause 2, the following information shall be provided:

- a) reference to the relevant standard;
- b) nominal conductor diameter in mm;
- c) grade of FIW.

Example IEC 60317-56 – 0,500 grade of FIW 6.

## 3.3 Appearance

The wire coating shall be essentially smooth and uniform, and free from streaks, blisters and foreign material in accordance with good commercial practice when examined with normal vision, as wound on the original spool or reel.

When agreed upon between the user and supplier, examination using 6× to 10× magnification shall be used for wires with a nominal diameter less than 0,1 mm.

## 4 Dimensions

### 4.1 Conductor diameter

The series of preferred nominal conductor diameters shall correspond to series R 20 according to ISO 3. The actual values and their tolerances are given in Table 1.

The series of intermediate diameters from which the user may select intermediate nominal conductor diameters, when required for technical reasons, shall correspond to series R 40 according to ISO 3. The actual values and their tolerances are given in Table A.1.

The conductor diameter shall not differ from the nominal diameter by more than the tolerance given in Table 1.

#### 4.2 Out of roundness of conductor (for nominal diameters over 0,090 mm up to 0,900 mm)

The difference between the minimum and maximum diameter shall not exceed the figures in column 2 of Table 1 at any point.

#### 4.3 Minimum overall diameter

The minimum overall diameter of enamelled wires shall not be less than the values in Table 1.

#### 4.4 Maximum overall diameter

The maximum overall diameter of enamelled wires shall not exceed the values in Table 1.

For intermediate nominal diameters, the minimum external diameter shall be calculated linearly to the next larger nominal diameter.

**Table 1 – Dimensions of enamelled wires (R 20)**

Nominal conductor diameter	Conductor tolerance	Minimum overall diameter			Maximum overall diameter		
		mm			mm		
mm	± mm	Grade of FIW 4	Grade of FIW 6	Grade of FIW 8	Grade of FIW 4	Grade of FIW 6	Grade of FIW 8
0,100	0,003	0,133	0,165	0,197	0,148	0,180	0,212
0,112	0,003	0,148	0,182	0,216	0,164	0,198	0,232
0,125	0,003	0,164	0,200	0,236	0,181	0,217	0,253
0,140	0,003	0,182	0,222	0,262	0,201	0,241	0,281
0,160	0,003	0,206	0,250	0,294	0,227	0,271	0,315
0,180	0,003	0,230	0,278	0,326	0,253	0,301	0,349
0,200	0,003	0,253	0,303	0,353	0,277	0,327	0,377
0,224	0,003	0,281	0,335	0,389	0,307	0,361	0,415
0,250	0,004	0,313	0,373	0,433	0,342	0,402	0,462
0,280	0,004	0,346	0,408	0,470	0,376	0,438	0,500
0,315	0,004	0,385	0,447	0,509	0,415	0,477	0,539
0,355	0,004	0,429	0,491	0,553	0,459	0,521	0,583
0,400	0,005	0,479	0,541	0,603	0,509	0,571	0,633
0,450	0,005	0,534	0,596	0,658	0,564	0,626	0,688
0,500	0,005	0,588	0,670		0,628	0,710	
0,560	0,006	0,654	0,736		0,694	0,776	
0,630	0,006	0,729	0,811		0,769	0,851	
0,710	0,007	0,815	0,897		0,855	0,937	
0,800	0,008	0,912	1,014		0,962	1,064	
0,900	0,009	1,019	1,121		1,069	1,171	

NOTE 1 Dimensions for additional R 20 series diameters are given in Annex A.

NOTE 2 Dimensions for grade FIW 3, 5, 7 and 9 are given in Annex A.

## 5 Electrical resistance

By agreement between purchaser and supplier, resistance measurements may be made for nominal conductor diameters over 0,090 mm up to and including 0,900 mm. In case of such agreement, the resistance at 20 °C shall be within the limits given in IEC 60317-0-1:2013, Annex C.

## 6 Elongation

The elongation at break shall not be less than the values in Table 2.

**Table 2 – Elongation at break**

Nominal conductor diameter	Minimum elongation at break	Nominal conductor diameter	Minimum elongation at break
mm	%	mm	%
0,100	16	0,315	23
0,112	17	0,355	23
0,125	17	0,400	24
0,140	18	0,450	25
0,160	19	0,500	25
0,180	20	0,560	26
0,200	21	0,630	27
0,224	21	0,710	28
0,250	22	0,800	28
0,280	22	0,900	29

## 7 Springiness

Wire shall not exceed the maximum springback given in Table 3, when tested on the mandrel using the specified tension.

For intermediate nominal conductor diameters, the springback value for the next larger nominal diameter shall apply.

**Table 3 – Springiness**

Nominal conductor diameter	Mandrel diameter	Tension	Maximum springback °				
			Grade of FIW 4	Grade of FIW 6	Grade of FIW 8		
mm	mm	N					
0,100	5,0	0,25	N/A	N/A	N/A		
0,112			N/A	N/A	N/A		
0,125			7,0	0,50	N/A	N/A	N/A
0,140					N/A	N/A	N/A
0,160					N/A	N/A	N/A
0,180	10,0	1,00	N/A	N/A	N/A		
0,200			N/A	N/A	N/A		
0,224			N/A	N/A	N/A		
0,250			12,5	2,00	N/A	N/A	N/A
0,280					N/A	N/A	N/A
0,315	19,0	4,00	N/A	N/A	N/A		
0,355			N/A	N/A	N/A		
0,400			N/A	N/A	N/A		
0,450			N/A	N/A	N/A		
0,500			25,0	8,00	63	80	
0,560	60	77					
0,630	64	95					
0,710	37,5	12,00			68	90	
0,800					60	N/A	
0,900			61	N/A			

## 8 Flexibility and adherence

### 8.1 Mandrel winding test (for nominal conductor diameters over 0,090 mm up to 0,900 mm)

The coating shall show no crack after the wire has been elongated as specified in Table 4 and wound on the appropriate mandrel.

**Table 4 – Mandrel diameters for mandrel winding test**

Nominal conductor diameter		0 % elongation before winding		
mm		Grade of FIW 4	Grade of FIW 6	Grade of FIW 8
Over	Up to and incl.	Mandrel diameter mm	Mandrel diameter mm	Mandrel diameter mm
0,090	0,112	0,300	0,300	0,300
0,112	0,140	0,300	0,300	0,300
0,140	0,200	$1 \times d^a$	$2 \times d^a$	$2 \times d^a$
0,200	0,355	$1 \times d^a$	$2 \times d^a$	$3 \times d^a$
0,355	0,450	$1 \times d^a$	$2 \times d^a$	$3 \times d^a$
0,450	0,710	$2 \times d^a$	$4 \times d^a$	–
0,710	0,900	$2 \times d^a$	$4 \times d^a$	–

<sup>a</sup>  $d$  is the nominal diameter of the wire.

## 8.2 Jerk test (for nominal diameters up to 0,900 mm)

This test shall be performed with elongation of the specimen as specified in Table 3. The coating shall show no crack or loss of adhesion to the conductor.

## 9 Heat shock

The coating shall show no cracking. The mandrel diameter shall be as specified in Table 5. The minimum heat shock temperature is given in the relevant technical specification sheet.

For nominal conductor diameters up to and including 0,140 mm, Table 4 shall apply.

For intermediate nominal conductor diameters, the mandrel diameter of the next smaller nominal conductor diameter shall be taken.

**Table 5 – Heat shock**

Nominal conductor diameter mm	Mandrel diameter		
	mm		
	Overall diameter range		
	Grade of FIW 4	Grade of FIW 6	Grade of FIW 8
0,160	0,450	0,450	0,560
0,180	0,450	0,450	0,560
0,200	0,450	0,450	0,560
0,224	0,630	0,800	1,000
0,250	0,630	0,800	1,000
0,280	0,630	0,800	1,000
0,315	1,000	1,250	1,600
0,355	1,000	1,250	1,600
0,400	1,000	1,250	1,600
0,450	1,120	1,800	2,000
0,500	1,120	1,800	
0,560	1,400	1,800	
0,630	2,000	2,800	
0,710	2,000	2,800	
0,800	2,240	4,000	
0,900	4,000	6,000	

## 10 Cut through

For requirements, see the relevant specification sheet.

## 11 Resistance to abrasion

For requirements see the relevant specification sheet.

## 12 Resistance to solvents

The enamel coating shall not be removed when using a standard solvent and a pencil of hardness "H".

## 13 Breakdown voltage

Testing is carried out according to IEC 60851-5:2008/IEC 60851-5:2008/AMD 1:2011, 4.3.2. The specimen shall be deemed in compliance if no breakdown occurs when a minimum test voltage ( $V_{\min}$ ) is reached.  $V_{\min}$  is determined by multiplying the minimum specific breakdown voltage in Table 6 by the minimum enamel increase, calculated from Table 1 as the difference between the nominal conductor diameter and the minimum overall diameter. In the case where  $V_{\min}$  is calculated to be greater than 10 000 V,  $V_{\min}$  shall be 10 000 V. When  $V_{\min}$  or 10 000 V is reached, the testing process can be terminated.

The wire shall comply with the requirements in Table 6 when tested at room temperature, and at elevated temperature when required by the customer.

The elevated temperature is provided in the relevant specification sheet.

**Table 6 – Breakdown voltage**

Nominal conductor diameter		Minimum specific breakdown voltage	
mm		V/ $\mu$ m	
Over	Up to and including	Room temperature	Elevated temperature
–	0,100	81	–
0,100	0,355	76	53
0,355	0,500	70	49
0,500	0,900	53	37

NOTE The specific breakdown voltage is the result of the quotient of the measured breakdown voltage and enamel increase.

## 14 Continuity of insulation (nominal conductor diameters over 0,090 mm up to 0,900 mm)

### 14.1 Off-line high voltage continuity

When tested in accordance with IEC 60851-5:2008/IEC 60851-5:2008/AMD 1:2011, 5.3, no defects shall be permitted per 30 m  $\pm$  1 m conductor length.

### 14.2 In-line high voltage continuity

When tested in accordance with IEC 60851-5:2008/IEC 60851-5:2008/AMD 1:2011, 5.4, no defects shall be permitted over the entire manufactured length of conductor.

## 15 Temperature index

The test shall be carried out in accordance with IEC 60172 on unimpregnated specimens made from grade 2 enamelled wire having a nominal diameter of 1,000 mm.

The temperature index shall not be less than that given in the relevant specification, and the time to failure shall not be less than 5 000 h at the lowest temperature.

## 16 Resistance to refrigerants

For requirements, see the relevant specification.

## 17 Solderability

For requirements, see the relevant specification.

## 18 Heat or solvent bonding

For requirements, see the relevant specification.

### **19 Dielectric dissipation factor**

For requirements, see the relevant specification.

### **20 Resistance to transformer oil**

For requirements, see the relevant specification.

### **21 Loss of mass**

For requirements, see the relevant specification.

### **23 Pin-hole test**

No defects shall be permitted when tested in accordance with IEC 60851-5:2008, Clause 7.

### **30 Packaging**

The kind of packaging may influence certain properties of the wire, such as springiness. The kind of packaging (for example the type of spool) shall therefore be agreed between customer and supplier.

The wire shall be evenly and compactly wound on spools, or placed in containers. No spool or container shall contain more than one length of wire, unless this has been agreed between the customer and the supplier. If there is more than one length, the marking on the label and/or the marking of the individual lengths within the packaging shall be agreed between the customer and the supplier.

If the wire is delivered in coils, the dimensions and the maximum weights of such coils shall be agreed between the customer and the supplier. Additional protection of the coils must likewise be agreed between the customer and the supplier.

Labels shall be attached to each package as agreed between the supplier and the user, including the following information:

- a) manufacturer and/or trade name;
- b) designation of the wire, e.g. trade name and/or IEC specification number;
- c) mass of wire;
- d) nominal dimension(s) of the wire and FIW of insulation;
- e) date of manufacture.

## Annex A (normative)

### Supplemental requirements for FIW

#### A.1 Dimensions

Table A.1 provides data for grades FIW 3, 5, 7 and 9 which the user may select for technical reasons. Table A.2 provides data for grades FIW 4, 6 and 8 for diameters up to including 0,090 mm and over 0,900 mm.

**Table A.1 – Dimensions of enamelled wires for  
grades FIW 3, 5, 7 and 9**

Nominal conductor diameter	Conductor tolerance	Minimum overall diameter				Maximum overall diameter			
		mm				mm			
mm	± mm	Grade of FIW 3	Grade of FIW 5	Grade of FIW 7	Grade of FIW 9	Grade of FIW 3	Grade of FIW 5	Grade of FIW 7	Grade of FIW 9
0,040		0,055	0,070	0,090		0,058	0,079	0,099	
0,045		0,062	0,079	0,101		0,066	0,089	0,111	
0,050		0,067	0,084	0,106		0,072	0,094	0,116	
0,056		0,075	0,093	0,117		0,081	0,104	0,128	
0,063		0,084	0,103	0,129		0,090	0,115	0,141	
0,071	0,003	0,092	0,111	0,137	0,163	0,098	0,123	0,149	0,175
0,080	0,003	0,102	0,123	0,151	0,179	0,108	0,136	0,164	0,192
0,090	0,003	0,114	0,135	0,163	0,191	0,120	0,148	0,176	0,204
0,100	0,003	0,126	0,149	0,181	0,213	0,132	0,164	0,196	0,228
0,112	0,003	0,140	0,165	0,199	0,233	0,147	0,181	0,215	0,249
0,125	0,003	0,155	0,182	0,218	0,254	0,163	0,199	0,235	0,271
0,140	0,003	0,172	0,202	0,242	0,282	0,181	0,221	0,261	0,301
0,160	0,003	0,195	0,228	0,272	0,316	0,205	0,249	0,293	0,337
0,180	0,003	0,218	0,254	0,302	0,350	0,229	0,277	0,325	0,373
0,200	0,003	0,240	0,278	0,328	0,378	0,252	0,302	0,352	0,402
0,224	0,003	0,267	0,308	0,362	0,416	0,280	0,334	0,388	0,442
0,250	0,004	0,298	0,343	0,403	0,463	0,312	0,372	0,432	0,492
0,280	0,004	0,330	0,377	0,439	0,501	0,345	0,407	0,469	0,531
0,315	0,004	0,368	0,416	0,478	0,540	0,384	0,446	0,508	0,570
0,355	0,004	0,412	0,460	0,522	0,584	0,428	0,490	0,552	0,614
0,400	0,005	0,460	0,510	0,572		0,478	0,540	0,602	
0,450	0,005	0,514	0,565	0,627		0,533	0,595	0,657	
0,500	0,005	0,567	0,629	0,711		0,587	0,669	0,751	
0,560	0,006	0,631	0,695	0,777		0,653	0,753	0,817	
0,630	0,006	0,705	0,770	0,852		0,728	0,810	0,892	

Nominal conductor diameter	Conductor tolerance	Minimum overall diameter				Maximum overall diameter			
		mm				mm			
mm	± mm	Grade of FIW 3	Grade of FIW 5	Grade of FIW 7	Grade of FIW 9	Grade of FIW 3	Grade of FIW 5	Grade of FIW 7	Grade of FIW 9
0,710	0,007	0,790	0,856	0,938		0,814	0,896	0,978	
0,800	0,008	0,885	0,963			0,911	1,013		
0,900	0,009	0,990	1,070			1,018	1,120		
1,000	0,010	1,095	1,176			1,124	1,226		
1,120	0,011	1,218	1,310			1,248	1,370		
1,250	0,013	1,350	1,443			1,381	1,503		
1,400	0,014	1,503	1,597			1,535	1,657		
1,600	0,016	1,707	1,802			1,740	1,862		

**Table A.2 – Dimensions of enamelled wires up to and including 0,090 mm and over 0,900 mm (R 20) for grades FIW 4, 6 and 8**

Nominal conductor diameter	Conductor tolerance	Minimum overall diameter			Maximum overall diameter		
		mm			mm		
mm	± mm	Grade of FIW 4	Grade of FIW 6	Grade of FIW 8	Grade of FIW 4	Grade of FIW 6	Grade of FIW 8
0,040		0,059	0,080	0,100	0,069	0,089	0,109
0,045		0,067	0,090	0,112	0,078	0,100	0,122
0,050		0,073	0,095	0,117	0,083	0,105	0,127
0,056		0,082	0,105	0,129	0,092	0,116	0,140
0,063		0,090	0,116	0,142	0,102	0,128	0,154
0,071	0,003	0,098	0,124	0,150	0,110	0,136	0,162
0,080	0,003	0,109	0,137	0,165	0,122	0,150	0,178
0,090	0,003	0,121	0,149	0,177	0,134	0,162	0,190
1,000	0,010	1,125	1,227		1,175	1,277	
1,120	0,011	1,249			1,309		
1,250	0,013	1,382			1,442		
1,400	0,014	1,536			1,596		
1,600	0,016	1,741			1,801		

## A.2 Electrical resistance

For nominal conductor diameters up to and including 0,063 mm, the resistance at 20 °C shall be within the limits in Table A.3.

Resistance values for nominal conductor diameters over 0,063 mm are not specified.

**Table A.3 – Electrical resistance**

Nominal conductor diameter mm	Resistance $\Omega/m$	
	Minimum	Maximum
0,040	12,280	14,920
0,045	9,705	11,790
0,050	7,922	9,489
0,056	6,316	7,565
0,063	5,045	5,922

NOTE 1 The limit values shown in Table 3 are derived from calculations made according to IEC 60317-0-1:2013, Annex B.

NOTE 2 For the nominal resistance, see IEC 60317-0-1:2013, Annex C.

By agreement between purchaser and supplier, resistance measurements may be made for nominal conductor diameters over 0,063 mm up to and including 1,000 mm. In case of such agreement, the resistance at 20 °C shall be according to IEC 60317-0-1:2013, Annex C.

### A.3 Elongation

For nominal conductor diameters up to and including 0,090 mm and above 0,900 mm, the elongation at break shall not be less than the values in Table A.4.

**Table A.4 – Elongation at break**

Nominal conductor diameter mm	Minimum elongation at break %
0,040	9
0,045	9
0,050	10
0,056	10
0,063	12
0,071	13
0,080	14
0,090	15
1,000	30
1,120	30
1,250	31
1,400	32
1,600	32

### A.4 Springiness

Wire shall not exceed the maximum springback given in Table A.5 and Table A.6, as applicable, when wound around the appropriately sized mandrel at the specified tension.

For intermediate nominal conductor diameters, the springback value for the next larger nominal diameter shall apply.

**Table A.5 – Springiness for grades FIW 3, 5, 7 and 9**

Nominal conductor diameter mm	Mandrel diameter mm	Tension N	Maximum springback °			
			Grade of FIW 3	Grade of FIW 5	Grade of FIW 7	Grade of FIW 9
0,080	5,0	0,25	100	N/A	N/A	N/A
0,090			94	N/A	N/A	N/A
0,100			90	N/A	N/A	N/A
0,112	7,0	0,50	88	N/A	N/A	N/A
0,125			84	N/A	N/A	N/A
0,140			79	N/A	N/A	N/A
0,160	10,0	1,00	78	N/A	N/A	N/A
0,180			75	N/A	N/A	N/A
0,200			72	N/A	N/A	N/A
0,224	12,5	2,00	68	N/A	N/A	N/A
0,250			65	N/A	N/A	N/A
0,280			61	N/A	N/A	N/A
0,315	19,0	4,00	62	N/A	N/A	N/A
0,355			59	N/A	N/A	N/A
0,400			55	N/A	N/A	N/A
0,450	25,0	8,00	53	N/A	N/A	
0,500			51	73	90	
0,560			48	68	88	
0,630	37,5	12,00	53	75	N/A	
0,710			50	71	N/A	
0,800			46	65		
0,900	50,0	15,00	51	96		
1,000			47	90		
1,120			43	84		
1,250			39	78		
1,400			36	72		
1,600			32	65		

**Table A.6 – Springiness for grades FIW 4, 6 and 8**

Nominal conductor diameter mm	Mandrel diameter mm	Tension N	Maximum springback °		
			Grade of FIW 4	Grade of FIW 6	Grade of FIW 8
0,080	5,0	0,25	N/A	N/A	N/A
0,090			N/A	N/A	N/A
1,000	50,0	15,00	65	N/A	
1,120			60		
1,250			54		
1,400			50		
1,600			45		

**A.5 Mandrel winding test**

The coating shall show no cracks after the wire has been elongated and wound around the appropriately sized mandrel as specified in Table A.7 or Table A.8, as applicable.

**Table A.7 – Mandrel diameters for mandrel winding test for grade FIW 3, 5, 7 and 9**

Nominal conductor diameter mm		Grade of FIW 3		0 % elongation before winding		
				Grade of FIW 5	Grade of FIW 7	Grade of FIW 9
Over	Up to and including	Elongation before winding %	Mandrel diameter mm	Mandrel diameter mm	Mandrel diameter mm	Mandrel diameter mm
–	0,050	20 <sup>a</sup>	0,150	0,200	0,200	–
0,050	0,063	15 <sup>a</sup>	0,150	0,200	0,200	–
0,063	0,080	10 <sup>a</sup>	0,150	0,200	0,200	0,200
0,080	0,090	5	0,150	0,300	0,300	0,300
0,090	0,140	0	0,150	0,300	0,300	0,300
0,140	0,200	0	$d^b$	$1 \times d^b$	$2 \times d^b$	$3 \times d^b$
0,200	0,355	0	$d^b$	$1 \times d^b$	$2 \times d^b$	$3 \times d^b$
0,355	0,450	0	$d^b$	$1 \times d^b$	$2 \times d^b$	–
0,450	0,710	0	$d^b$	$3 \times d^b$	$4 \times d^b$	–
0,710	0,900	0	$d^b$	$3 \times d^b$	–	–
0,900	1,000	0	$d^b$	$3 \times d^b$	–	–
1,000	1,600	0	$d^b$	$3 \times d^b$	–	–

<sup>a</sup> Or to the breaking point of the copper conductor, whichever is less.

<sup>b</sup>  $d$  is the nominal diameter of the wire.

**Table A.8 – Mandrel diameters for mandrel winding test for grade FIW 4, 6 and 8, nominal conductor diameters up to and including 0,090 mm and over 0,900 mm**

Nominal conductor diameter		Grade of FIW 4		0 % elongation before winding	
mm				Grade of FIW 6	Grade of FIW 8
Over	Up to and including	Elongation before winding	Mandrel diameter	Mandrel diameter	Mandrel diameter
		%	mm	mm	mm
–	0,050	10 <sup>a</sup>	0,200	0,200	0,200
0,050	0,063	10 <sup>a</sup>	0,200	0,200	0,200
0,063	0,080	5 <sup>a</sup>	0,200	0,200	0,200
0,080	0,090	0	0,300	0,300	0,300
0,900	1,000	0	2 × <i>d</i> <sup>b</sup>	4 × <i>d</i> <sup>b</sup>	–
1,000	1,600	0	2 × <i>d</i> <sup>b</sup>	–	–

<sup>a</sup> Or to the breaking point of the copper conductor, whichever is less.

<sup>b</sup> *d* is the nominal diameter of the wire.

## A.6 Heat shock

The coating shall show no cracks. The mandrel diameter shall be as specified in Table A.9 or Table A.10, as applicable. The minimum heat shock temperature is given in the relevant technical specification sheet.

For intermediate nominal conductor diameters, the mandrel diameter of the next smaller nominal conductor diameter shall be taken.

**Table A.9 – Heat shock for grades FIW 3, 5, 7 and 9**

Nominal conductor diameter mm	Mandrel diameter mm			
	Overall diameter range			
	Grade of FIW 3	Grade of FIW 5	Grade of FIW 7	Grade of FIW 9
0,160	0,250	0,450	0,560	0,560
0,180	0,280	0,450	0,560	0,560
0,200	0,315	0,450	0,560	0,560
0,224	0,355	0,630	0,800	1,000
0,250	0,400	0,630	0,800	1,000
0,280	0,630	0,630	0,800	1,000
0,315	0,710	1,000	1,250	1,600
0,355	0,800	1,000	1,250	1,600
0,400	0,900	1,000	1,250	
0,450	1,000	1,120	2,000	
0,500	1,120	1,120	2,000	
0,560	1,250	1,400	2,000	
0,630	1,400	2,000	2,800	
0,710	1,600	2,000	2,800	
0,800	1,800	3,550		
0,900	2,000	5,000		
1,000	2,240	5,000		
1,120	3,550	5,000		
1,250	4,000	5,000		
1,400	4,500	5,600		
1,600	5,000	6,300		

**Table A.10 – Heat shock for grades FIW 4, 6 and 8**

Nominal conductor diameter mm	Mandrel diameter mm		
	Overall diameter range		
	Grade of FIW 4	Grade of FIW 6	Grade of FIW 8
1,000	4,000	6,000	
1,120	4,000	6,000	
1,250	4,000		
1,400	4,500		
1,600	5,000		

### A.7 Breakdown voltage

The wire shall meet the requirements given in Table A.11 when tested at room and elevated temperature as required by the purchaser.

**Table A.11 – Breakdown voltage**

Nominal conductor diameter mm		Minimum specific breakdown voltage V/μm	
Over	Up to and including	Room temperature	Elevated temperature
–	0,100	81	–
0,900	1,600	47	33

NOTE The specific breakdown voltage is the result of the quotient of the measured breakdown voltage and enamel increase.



## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	28
INTRODUCTION .....	30
1 Domaine d'application .....	31
2 Références normatives .....	31
3 Termes, définitions, notes générales et aspect .....	31
3.1 Termes et définitions .....	31
3.2 Notes générales .....	33
3.2.1 Méthodes d'essai .....	33
3.2.2 Fil de bobinage .....	33
3.3 Aspect .....	33
4 Dimensions .....	33
4.1 Diamètre du conducteur .....	33
4.2 Faux-rond du conducteur (pour les diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 0,090 mm jusqu'à 0,900 mm) .....	34
4.3 Diamètre extérieur minimal .....	34
4.4 Diamètre extérieur maximal .....	34
5 Résistance électrique .....	35
6 Allongement .....	35
7 Effet de ressort .....	36
8 Souplesse et adhérence .....	37
8.1 Essai d'enroulement sur mandrin (pour les diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 0,090 mm jusqu'à 0,900 mm) .....	37
8.2 Essai de traction brusque (pour les diamètres nominaux des conducteurs jusqu'à 0,900 mm) .....	38
9 Choc thermique .....	38
10 Thermoplasticité .....	39
11 Résistance à l'abrasion .....	39
12 Résistance aux solvants .....	39
13 Tension de claquage .....	39
14 Continuité de l'isolant (diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 0,090 mm jusqu'à 0,900 mm) .....	40
14.1 Continuité sous haute tension hors ligne .....	40
14.2 Continuité sous haute tension en ligne .....	40
15 Indice de température .....	40
16 Résistance aux réfrigérants .....	40
17 Brasabilité .....	40
18 Adhérence par chaleur ou par solvant .....	40
19 Facteur de dissipation diélectrique .....	41
20 Résistance à l'huile de transformateur .....	41
21 Perte de masse .....	41
23 Détection des microfissures en immersion .....	41
30 Conditionnement .....	41
Annexe A (normative) Exigences supplémentaires relatives aux FIW .....	42
A.1 Dimensions .....	42
A.2 Résistance électrique .....	43

A.3	Allongement.....	44
A.4	Effet de ressort .....	44
A.5	Essai d'enroulement sur mandrin .....	46
A.6	Choc thermique .....	47
A.7	Tension de claquage.....	48
Tableau 1	– Dimensions pour les fils émaillés (R 20) .....	35
Tableau 2	– Allongement à la rupture .....	36
Tableau 3	– Effet de ressort.....	37
Tableau 4	– Diamètres du mandrin pour l'essai d'enroulement sur mandrin .....	38
Tableau 5	– Choc thermique .....	39
Tableau 6	– Tension de claquage .....	40
Tableau A.1	– Dimensions des fils émaillés pour les grades FIW 3, 5, 7 et 9 .....	42
Tableau A.2	– Dimensions des fils émaillés jusques et y compris 0,090 mm et supérieurs à 0,900 mm (R 20) pour les grades FIW 4, 6 et 8.....	43
Tableau A.3	– Résistance électrique .....	44
Tableau A.4	– Allongement à la rupture .....	44
Tableau A.5	– Effet de ressort pour les grades FIW 3, 5, 7 et 9 .....	45
Tableau A.6	– Effet de ressort pour les grades FIW 4, 6 et 8 .....	46
Tableau A.7	– Diamètres du mandrin pour l'essai d'enroulement sur mandrin pour les grades FIW 3, 5, 7 et 9 .....	46
Tableau A.8	– Diamètres du mandrin pour l'essai d'enroulement sur mandrin pour les grades FIW 4, 6 et 8, diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 0,090 mm et supérieurs à 0,900 mm .....	47
Tableau A.9	– Choc thermique pour les grades FIW 3, 5, 7 et 9.....	48
Tableau A.10	– Choc thermique pour les grades FIW 4, 6 et 8.....	48
Tableau A.11	– Tension de claquage .....	49

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

### SPÉCIFICATIONS POUR TYPES PARTICULIERS DE FILS DE BOBINAGE –

#### **Partie 0-7: Exigences générales – Fil de section circulaire, isolé en continu (FIW), en cuivre émaillé, sans défaut d'isolation électrique**

#### 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.

La Norme internationale IEC 60317-0-7 a été établie par le comité d'études 55 de l'IEC: Fils de bobinage.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2012. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) réduction du nombre de grades FIW compris entre 3 et 9, qui se limitent à 4, 6 et 8 seulement;

- b) réduction de la gamme de diamètres des conducteurs, qui passe de (0,040 à 1,000) mm à (0,090 à 0,900) mm pour plusieurs exigences;
- c) révision de l'Article 5 pour supprimer les exigences de résistance du Tableau 2;
- d) révision de l'Article 13 pour préciser que le claquage est déterminé lorsqu'une tension minimale d'essai calculée est atteinte, qui peut être inférieure à 10 000 V;
- e) extension de l'Annexe A afin d'intégrer des exigences concernant les grades FIW 3, 5, 7 et 9 ainsi que tous les grades dont les diamètres de conducteurs sont inférieurs à 0,090 mm et supérieurs à 0,900 mm.

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

FDIS	Rapport de vote
55/1619/FDIS	55/1623/RVD

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

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60317, publiées sous le titre général *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

## INTRODUCTION

La série IEC 60317 constitue un élément d'un groupe de Normes internationales définissant les fils isolés utilisés dans les enroulements des appareils électriques:

- 1) Série IEC 60851, *Fils de bobinage – Méthodes d'essai*;
- 2) Série IEC 60317, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage*;
- 3) Série IEC 60264, *Conditionnement des fils de bobinage*.

## SPÉCIFICATIONS POUR TYPES PARTICULIERS DE FILS DE BOBINAGE –

### Partie 0-7: Exigences générales – Fil de section circulaire, isolé en continu (FIW), en cuivre émaillé, sans défaut d'isolation électrique

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60317 établit les exigences générales relatives aux fils de section circulaire, isolés en continu, en cuivre émaillé, sans défaut d'isolation électrique.

La gamme des diamètres nominaux des conducteurs est donnée dans la spécification technique appropriée.

#### 2 Références normatives

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

IEC 60172, *Méthode d'essai pour la détermination de l'indice de température des fils de bobinage émaillés et enveloppés de ruban*

IEC 60317-0-1:2013, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 0-1: Exigences générales – Fil de section circulaire en cuivre émaillé*

IEC 60851 (toutes les parties), *Fils de bobinage – Méthodes d'essai*

IEC 60851-5:2008, *Fils de bobinage – Méthodes d'essai – Partie 5: Propriétés électriques*  
IEC 60851-5:2008/AMD1:2011

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

#### 3 Termes, définitions, notes générales et aspect

##### 3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

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

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

##### 3.1.1

###### classe

performance thermique d'un fil de bobinage exprimée par l'indice de température et la température de choc thermique

### 3.1.2

#### **revêtement**

matériau déposé sur un conducteur ou sur un fil par des moyens appropriés, puis séché et/ou cuit

### 3.1.3

#### **conducteur**

métal nu après enlèvement de l'isolant

### 3.1.4

#### **craquelure**

fente dans l'isolant qui rend visible le conducteur sous un grossissement donné

### 3.1.5

#### **fil émaillé**

fil revêtu d'un isolant fait d'une résine cuite

### 3.1.6

#### **grade FIW**

gamme des diamètres extérieurs d'un fil

Note 1 à l'article: L'abréviation "FIW" est dérivée du terme anglais développé correspondant *fully insulated wire*, qui signifie "fil isolé en continu".

### 3.1.7

#### **augmentation de l'épaisseur**

différence entre le diamètre extérieur total mesuré et le diamètre mesuré du conducteur

### 3.1.8

#### **isolant**

revêtement ou enveloppe sur le conducteur qui a pour fonction particulière de supporter la tension électrique

### 3.1.9

#### **dimension nominale du conducteur**

désignation de la taille du conducteur selon l'IEC 60317-0-1

### 3.1.10

#### **vision normale**

vision 20/20, avec des lentilles correctrices, si nécessaire

### 3.1.11

#### **revêtement unique**

isolant constitué d'un seul matériau

### 3.1.12

#### **fil de bobinage**

fil utilisé pour fabriquer un bobinage qui fournit un champ magnétique

### 3.1.13

#### **fil**

conducteur revêtu ou enveloppé d'un isolant

### 3.1.14

#### **fil sans défaut d'isolation électrique**

fil de bobinage qui ne présente pas de discontinuité électrique lorsqu'il est soumis aux essais dans des conditions spécifiques

## **3.2 Notes générales**

### **3.2.1 Méthodes d'essai**

Toutes les méthodes d'essai utilisées dans le présent document doivent être appliquées conformément aux méthodes d'essai de l'IEC 60851 (toutes les parties).

Les numéros d'articles du présent document sont identiques aux numéros d'essais correspondants aux méthodes d'essai de l'IEC 60851 (toutes les parties).

En cas de divergences entre la norme définissant les méthodes d'essai et le présent document, ce dernier doit prévaloir.

Dans le cas où aucune gamme particulière de diamètres nominaux n'est donnée pour un essai, la méthode d'essai doit s'appliquer à toutes les dimensions nominales couvertes par le présent document.

Sauf accord contraire, tous les essais doivent être effectués à une température comprise entre 15 °C et 40 °C et à une humidité relative de 45 % à 75 %. Avant chaque essai, l'éprouvette doit être préconditionnée dans ces conditions atmosphériques pendant un temps suffisant pour que l'éprouvette atteigne un état stable. Ces exigences n'affectent pas l'essai de continuité sous haute tension en ligne conforme à l'IEC 60851-5.

Le fil à soumettre à l'essai doit être prélevé de son conditionnement de façon à ce qu'il ne soit pas soumis à un allongement ou à des pliages inutiles. Avant chaque essai, une longueur de fil suffisante doit être éliminée pour s'assurer que l'éprouvette d'essai ne comporte aucun fil endommagé.

### **3.2.2 Fil de bobinage**

Quand il est fait référence à un type de fil conforme à l'Article 2, les informations suivantes doivent être données:

- a) la référence à la norme correspondante;
- b) le diamètre nominal du conducteur en mm;
- c) le grade FIW.

Exemple IEC 60317-56 – 0,500 grade FIW 6.

## **3.3 Aspect**

Le revêtement du fil doit être essentiellement lisse et uniforme, exempt de rayures, de bulles ou de matériel étranger, conformément aux bonnes pratiques commerciales, lorsqu'il est examiné avec une vision normale, et enroulé sur la bobine d'origine.

Lorsqu'il en a été décidé ainsi entre l'utilisateur et le fournisseur, un examen utilisant un grossissement 6× à 10× doit être effectué pour les fils ayant un diamètre nominal inférieur à 0,1 mm.

## **4 Dimensions**

### **4.1 Diamètre du conducteur**

La série des diamètres nominaux préférentiels des conducteurs doit correspondre à la série R 20 de l'ISO 3. Les valeurs réelles et leurs tolérances sont données au Tableau 1.

L'utilisateur peut choisir des diamètres intermédiaires pour des raisons techniques. Ces diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs doivent être choisis dans la série R 40 de l'ISO 3. Les valeurs réelles et leurs tolérances sont données au Tableau A.1.

Le diamètre du conducteur ne doit pas s'écarter des diamètres nominaux d'une valeur supérieure à la tolérance donnée par le Tableau 1.

#### **4.2 Faux-rond du conducteur (pour les diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 0,090 mm jusqu'à 0,900 mm)**

En chaque point, la différence entre les diamètres minimal et maximal ne doit pas être supérieure à la valeur donnée dans la deuxième colonne du Tableau 1.

#### **4.3 Diamètre extérieur minimal**

Le diamètre extérieur minimal des fils émaillés ne doit pas être inférieur aux valeurs données par le Tableau 1.

#### **4.4 Diamètre extérieur maximal**

Le diamètre extérieur maximal des fils émaillés ne doit pas être supérieur aux valeurs données par le Tableau 1.

Pour les diamètres nominaux intermédiaires, le diamètre extérieur minimal doit être calculé linéairement par rapport au diamètre nominal immédiatement supérieur.

**Tableau 1 – Dimensions pour les fils émaillés (R 20)**

Diamètre nominal du conducteur	Tolérance du conducteur	Diamètre extérieur minimal			Diamètre extérieur maximal		
		mm			mm		
mm	± mm	Grade FIW 4	Grade FIW 6	Grade FIW 8	Grade FIW 4	Grade FIW 6	Grade FIW 8
0,100	0,003	0,133	0,165	0,197	0,148	0,180	0,212
0,112	0,003	0,148	0,182	0,216	0,164	0,198	0,232
0,125	0,003	0,164	0,200	0,236	0,181	0,217	0,253
0,140	0,003	0,182	0,222	0,262	0,201	0,241	0,281
0,160	0,003	0,206	0,250	0,294	0,227	0,271	0,315
0,180	0,003	0,230	0,278	0,326	0,253	0,301	0,349
0,200	0,003	0,253	0,303	0,353	0,277	0,327	0,377
0,224	0,003	0,281	0,335	0,389	0,307	0,361	0,415
0,250	0,004	0,313	0,373	0,433	0,342	0,402	0,462
0,280	0,004	0,346	0,408	0,470	0,376	0,438	0,500
0,315	0,004	0,385	0,447	0,509	0,415	0,477	0,539
0,355	0,004	0,429	0,491	0,553	0,459	0,521	0,583
0,400	0,005	0,479	0,541	0,603	0,509	0,571	0,633
0,450	0,005	0,534	0,596	0,658	0,564	0,626	0,688
0,500	0,005	0,588	0,670		0,628	0,710	
0,560	0,006	0,654	0,736		0,694	0,776	
0,630	0,006	0,729	0,811		0,769	0,851	
0,710	0,007	0,815	0,897		0,855	0,937	
0,800	0,008	0,912	1,014		0,962	1,064	
0,900	0,009	1,019	1,121		1,069	1,171	

NOTE 1 Les dimensions des diamètres supplémentaires de la série R 20 sont données à l'Annexe A.

NOTE 2 Les dimensions des grades FIW 3, 5, 7 et 9 sont données à l'Annexe A

## 5 Résistance électrique

Après accord entre l'acheteur et le fournisseur, des mesures de résistance électrique peuvent être réalisées pour les diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 0,090 mm jusques et y compris 0,900 mm. Dans le cas d'un tel accord, la résistance électrique à 20 °C doit être comprise entre les limites données dans l'IEC 60317-0-1:2013, Annexe C.

## 6 Allongement

L'allongement à la rupture ne doit pas être inférieur aux valeurs données par le Tableau 2.

**Tableau 2 – Allongement à la rupture**

<b>Diamètre nominal du conducteur</b>	<b>Allongement minimal à la rupture</b>	<b>Diamètre nominal du conducteur</b>	<b>Allongement minimal à la rupture</b>
mm	%	mm	%
0,100	16	0,315	23
0,112	17	0,355	23
0,125	17	0,400	24
0,140	18	0,450	25
0,160	19	0,500	25
0,180	20	0,560	26
0,200	21	0,630	27
0,224	21	0,710	28
0,250	22	0,800	28
0,280	22	0,900	29

## 7 Effet de ressort

Les valeurs de l'effet de ressort du fil ne doivent pas être supérieures à celles données par le Tableau 3, lorsque le fil est soumis à l'essai sur le mandrin avec la traction spécifiée.

Pour les diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs, la valeur de l'effet de ressort du conducteur de diamètre nominal immédiatement supérieur doit s'appliquer.

Tableau 3 – Effet de ressort

Diamètre nominal du conducteur	Diamètre du mandrin	Traction	Effet de ressort maximal °				
			Grade FIW 4	Grade FIW 6	Grade FIW 8		
mm	mm	N					
0,100	5,0	0,25	N/A	N/A	N/A		
0,112			N/A	N/A	N/A		
0,125			7,0	0,50	N/A	N/A	N/A
0,140					N/A	N/A	N/A
0,160					N/A	N/A	N/A
0,180	10,0	1,00	N/A	N/A	N/A		
0,200			N/A	N/A	N/A		
0,224			N/A	N/A	N/A		
0,250			12,5	2,00	N/A	N/A	N/A
0,280					N/A	N/A	N/A
0,315	19,0	4,00	N/A	N/A	N/A		
0,355			N/A	N/A	N/A		
0,400			N/A	N/A	N/A		
0,450			N/A	N/A	N/A		
0,500			25,0	8,00	63	80	
0,560	60	77					
0,630	64	95					
0,710	37,5	12,00			68	90	
0,800					60	N/A	
0,900			50,0	15,00	61	N/A	

## 8 Souplesse et adhérence

### 8.1 Essai d'enroulement sur mandrin (pour les diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 0,090 mm jusqu'à 0,900 mm)

Le revêtement ne doit pas montrer de craquelure après allongement du fil à la valeur spécifiée dans le Tableau 4 et enroulement sur le mandrin approprié.

**Tableau 4 – Diamètres du mandrin pour l'essai d'enroulement sur mandrin**

Diamètre nominal du conducteur		0 % d'allongement avant enroulement		
mm		Grade FIW 4	Grade FIW 6	Grade FIW 8
Au-dessus de	Jusques et y compris	Diamètre du mandrin mm	Diamètre du mandrin mm	Diamètre du mandrin mm
0,090	0,112	0,300	0,300	0,300
0,112	0,140	0,300	0,300	0,300
0,140	0,200	$1 \times d^a$	$2 \times d^a$	$2 \times d^a$
0,200	0,355	$1 \times d^a$	$2 \times d^a$	$3 \times d^a$
0,355	0,450	$1 \times d^a$	$2 \times d^a$	$3 \times d^a$
0,450	0,710	$2 \times d^a$	$4 \times d^a$	–
0,710	0,900	$2 \times d^a$	$4 \times d^a$	–

<sup>a</sup>  $d$  est le diamètre nominal du fil.

## 8.2 Essai de traction brusque (pour les diamètres nominaux des conducteurs jusqu'à 0,900 mm)

Cet essai doit être réalisé avec allongement de l'éprouvette, comme spécifié au Tableau 2. Le revêtement ne doit présenter ni craquelure ni perte d'adhérence sur le conducteur.

## 9 Choc thermique

Le revêtement ne doit pas montrer de craquelure. Le diamètre du mandrin doit être celui spécifié par le Tableau 5. La température de choc thermique minimale est donnée dans la feuille de spécification appropriée.

Pour les diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 0,140 mm, le Tableau 4 doit être appliqué.

Pour les diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs, c'est le diamètre du mandrin correspondant au diamètre nominal de conducteur immédiatement inférieur qui doit être pris.

**Tableau 5 – Choc thermique**

Diamètre nominal du conducteur	Diamètre du mandrin		
	mm		
mm	Gamme des diamètres extérieurs		
	Grade FIW 4	Grade FIW 6	Grade FIW 8
0,160	0,450	0,450	0,560
0,180	0,450	0,450	0,560
0,200	0,450	0,450	0,560
0,224	0,630	0,800	1,000
0,250	0,630	0,800	1,000
0,280	0,630	0,800	1,000
0,315	1,000	1,250	1,600
0,355	1,000	1,250	1,600
0,400	1,000	1,250	1,600
0,450	1,120	1,800	2,000
0,500	1,120	1,800	
0,560	1,400	1,800	
0,630	2,000	2,800	
0,710	2,000	2,800	
0,800	2,240	4,000	
0,900	4,000	6,000	

## 10 Thermoplasticité

Pour les exigences, voir la feuille de spécification appropriée.

## 11 Résistance à l'abrasion

Pour les exigences, voir la feuille de spécification appropriée.

## 12 Résistance aux solvants

Le revêtement d'émail ne doit pas être enlevé par un solvant normalisé et par un crayon de dureté "H".

## 13 Tension de claquage

Les essais sont réalisés conformément à l'IEC 60851-5:2008/IEC 60851-5:2008/AMD 1:2011, 4.3.2. L'éprouvette doit être estimée conforme si aucun claquage ne survient lorsqu'une tension d'essai minimale ( $V_{\min}$ ) est atteinte.  $V_{\min}$  est déterminée en multipliant la tension de claquage spécifique minimale du Tableau 6 par l'augmentation minimale de l'épaisseur de l'émail, calculée d'après le Tableau 1, qui représente la différence entre le diamètre nominal du conducteur et le diamètre extérieur minimal. Si la valeur calculée de  $V_{\min}$  est supérieure à 10 000 V,  $V_{\min}$  doit être égale à 10 000 V. Lorsque la valeur  $V_{\min}$  ou la valeur de 10 000 V est atteinte, le processus d'essai peut prendre fin.

Le fil doit satisfaire aux exigences du Tableau 6, lorsqu'il est soumis aux essais à température ambiante et à température élevée selon les exigences du client.

La température élevée est fournie par la feuille de spécification appropriée.

**Tableau 6 – Tension de claquage**

Diamètre nominal du conducteur		Tension minimale de claquage spécifique	
mm		V/ $\mu$ m	
Au-dessus de	Jusques et y compris	Température ambiante	Température élevée
–	0,100	81	–
0,100	0,355	76	53
0,355	0,500	70	49
0,500	0,900	53	37

NOTE La tension de claquage spécifique est le résultat du quotient de la tension de claquage mesurée et de l'augmentation de l'épaisseur de l'émail.

## 14 Continuité de l'isolant (diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 0,090 mm jusqu'à 0,900 mm)

### 14.1 Continuité sous haute tension hors ligne

Aucun défaut ne doit être admis pour une longueur de conducteur de  $30 \text{ m} \pm 1 \text{ m}$ , lorsque celle-ci est soumise à l'essai, conformément à l'IEC 60851-5:2008/IEC 60851-5:2008/AMD 1:2011, 5.3.

### 14.2 Continuité sous haute tension en ligne

Aucun défaut ne doit être admis sur toute la longueur du conducteur fabriqué, lorsque celle-ci est soumise à l'essai, conformément à l'IEC 60851-5:2008/IEC 60851-5:2008/AMD 1:2011, 5.4.

## 15 Indice de température

L'essai doit être effectué conformément à l'IEC 60172 sur des éprouvettes non imprégnées, réalisées à partir de fil émaillé de grade 2, ayant un diamètre nominal de 1,000 mm.

L'indice de température ne doit pas être inférieur à celui donné dans la spécification appropriée, et la durée de fonctionnement avant défaillance à la température la plus basse ne doit pas être inférieure à 5 000 h.

## 16 Résistance aux réfrigérants

Pour les exigences, voir la spécification appropriée.

## 17 Brasabilité

Pour les exigences, voir la spécification appropriée.

## 18 Adhérence par chaleur ou par solvant

Pour les exigences, voir la spécification appropriée.

## **19 Facteur de dissipation diélectrique**

Pour les exigences, voir la spécification appropriée.

## **20 Résistance à l'huile de transformateur**

Pour les exigences, voir la spécification appropriée.

## **21 Perte de masse**

Pour les exigences, voir la spécification appropriée.

## **23 Détection des microfissures en immersion**

Aucun défaut ne doit être admis, lorsque l'essai est réalisé conformément à l'IEC 60851-5:2008, Article 7.

## **30 Conditionnement**

Le type de conditionnement peut avoir une influence sur certaines propriétés du fil, tel que l'effet de ressort. Le type de conditionnement (par exemple, le type de la bobine de livraison) doit donc faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

Le fil doit être enroulé régulièrement et de façon compacte sur les bobines, ou être placé dans des fûts. Aucune bobine ni fût ne doit contenir plus d'une longueur de fil, sauf si un accord entre le client et le fournisseur a été conclu. Dans le cas où il y a plus d'une longueur, le marquage apposé sur l'étiquette et/ou le marquage des différentes longueurs du conditionnement doit (doivent) faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

Si le fil est fourni en couronnes, les dimensions et les poids maximaux de celles-ci doivent faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur. De même, les dispositions supplémentaires prises pour protéger les couronnes doivent faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

Des étiquettes doivent être fixées à chaque emballage, conformément à l'accord passé entre le fournisseur et l'utilisateur, et doivent inclure les informations suivantes:

- a) le nom du fabricant et/ou le nom commercial;
- b) la désignation du fil, par exemple le nom commercial et/ou le numéro de spécification IEC;
- c) la masse du fil;
- d) la ou les dimension(s) nominale(s) du fil et le grade FIW de l'isolant;
- e) la date de fabrication.

## Annexe A (normative)

### Exigences supplémentaires relatives aux FIW

#### A.1 Dimensions

Le Tableau A.1 fournit des données relatives aux grades FIW 3, 5, 7 et 9 susceptibles d'être choisis par l'utilisateur pour des raisons techniques. Le Tableau A.2 fournit des données relatives aux grades FIW 4, 6 et 8 pour des diamètres jusques et y compris 0,090 mm et supérieurs à 0,900 mm.

**Tableau A.1 – Dimensions des fils émaillés  
pour les grades FIW 3, 5, 7 et 9**

Diamètre nominal du conducteur	Tolérance du conducteur	Diamètre extérieur minimal				Diamètre extérieur maximal			
		mm				mm			
mm	± mm	Grade FIW 3	Grade FIW 5	Grade FIW 7	Grade FIW 9	Grade FIW 3	Grade FIW 5	Grade FIW 7	Grade FIW 9
0,040		0,055	0,070	0,090		0,058	0,079	0,099	
0,045		0,062	0,079	0,101		0,066	0,089	0,111	
0,050		0,067	0,084	0,106		0,072	0,094	0,116	
0,056		0,075	0,093	0,117		0,081	0,104	0,128	
0,063		0,084	0,103	0,129		0,090	0,115	0,141	
0,071	0,003	0,092	0,111	0,137	0,163	0,098	0,123	0,149	0,175
0,080	0,003	0,102	0,123	0,151	0,179	0,108	0,136	0,164	0,192
0,090	0,003	0,114	0,135	0,163	0,191	0,120	0,148	0,176	0,204
0,100	0,003	0,126	0,149	0,181	0,213	0,132	0,164	0,196	0,228
0,112	0,003	0,140	0,165	0,199	0,233	0,147	0,181	0,215	0,249
0,125	0,003	0,155	0,182	0,218	0,254	0,163	0,199	0,235	0,271
0,140	0,003	0,172	0,202	0,242	0,282	0,181	0,221	0,261	0,301
0,160	0,003	0,195	0,228	0,272	0,316	0,205	0,249	0,293	0,337
0,180	0,003	0,218	0,254	0,302	0,350	0,229	0,277	0,325	0,373
0,200	0,003	0,240	0,278	0,328	0,378	0,252	0,302	0,352	0,402
0,224	0,003	0,267	0,308	0,362	0,416	0,280	0,334	0,388	0,442
0,250	0,004	0,298	0,343	0,403	0,463	0,312	0,372	0,432	0,492
0,280	0,004	0,330	0,377	0,439	0,501	0,345	0,407	0,469	0,531
0,315	0,004	0,368	0,416	0,478	0,540	0,384	0,446	0,508	0,570
0,355	0,004	0,412	0,460	0,522	0,584	0,428	0,490	0,552	0,614
0,400	0,005	0,460	0,510	0,572		0,478	0,540	0,602	
0,450	0,005	0,514	0,565	0,627		0,533	0,595	0,657	
0,500	0,005	0,567	0,629	0,711		0,587	0,669	0,751	
0,560	0,006	0,631	0,695	0,777		0,653	0,753	0,817	
0,630	0,006	0,705	0,770	0,852		0,728	0,810	0,892	

Diamètre nominal du conducteur	Tolérance du conducteur	Diamètre extérieur minimal				Diamètre extérieur maximal			
		mm				mm			
mm	± mm	Grade FIW 3	Grade FIW 5	Grade FIW 7	Grade FIW 9	Grade FIW 3	Grade FIW 5	Grade FIW 7	Grade FIW 9
0,710	0,007	0,790	0,856	0,938		0,814	0,896	0,978	
0,800	0,008	0,885	0,963			0,911	1,013		
0,900	0,009	0,990	1,070			1,018	1,120		
1,000	0,010	1,095	1,176			1,124	1,226		
1,120	0,011	1,218	1,310			1,248	1,370		
1,250	0,013	1,350	1,443			1,381	1,503		
1,400	0,014	1,503	1,597			1,535	1,657		
1,600	0,016	1,707	1,802			1,740	1,862		

**Tableau A.2 – Dimensions des fils émaillés jusques et y compris 0,090 mm et supérieurs à 0,900 mm (R 20) pour les grades FIW 4, 6 et 8**

Diamètre nominal du conducteur	Tolérance du conducteur	Diamètre extérieur minimal			Diamètre extérieur maximal		
		mm			mm		
mm	± mm	Grade FIW 4	Grade FIW 6	Grade FIW 8	Grade FIW 4	Grade FIW 6	Grade FIW 8
0,040		0,059	0,080	0,100	0,069	0,089	0,109
0,045		0,067	0,090	0,112	0,078	0,100	0,122
0,050		0,073	0,095	0,117	0,083	0,105	0,127
0,056		0,082	0,105	0,129	0,092	0,116	0,140
0,063		0,090	0,116	0,142	0,102	0,128	0,154
0,071	0,003	0,098	0,124	0,150	0,110	0,136	0,162
0,080	0,003	0,109	0,137	0,165	0,122	0,150	0,178
0,090	0,003	0,121	0,149	0,177	0,134	0,162	0,190
1,000	0,010	1,125	1,227		1,175	1,277	
1,120	0,011	1,249			1,309		
1,250	0,013	1,382			1,442		
1,400	0,014	1,536			1,596		
1,600	0,016	1,741			1,801		

## A.2 Résistance électrique

Pour les diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 0,063 mm, la résistance à 20 °C doit respecter les limites du Tableau A.3.

Les valeurs de résistance pour les diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 0,063 mm ne sont pas spécifiées.

**Tableau A.3 – Résistance électrique**

Diamètre nominal du conducteur mm	Résistance $\Omega/m$	
	Minimum	Maximum
0,040	12,280	14,920
0,045	9,705	11,790
0,050	7,922	9,489
0,056	6,316	7,565
0,063	5,045	5,922

NOTE 1 Les limites indiquées par le Tableau 3 sont dérivées de calculs effectués conformément à l'IEC 60317-0-1:2008, Annexe B.

NOTE 2 Pour la résistance nominale, voir l'IEC 60317-0-1:2013, Annexe C.

Après accord entre l'acheteur et le fournisseur, des mesures de résistance électrique peuvent être réalisées pour les diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 0,063 mm jusques et y compris 1,000 mm. Dans le cas d'un tel accord, la résistance électrique à 20 °C doit être conforme à l'IEC 60317-0-1:2013, Annexe C.

### A.3 Allongement

Pour les diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 0,090 mm et supérieurs à 0,900 mm, l'allongement à la rupture ne doit pas être inférieur aux valeurs du Tableau A.4.

**Tableau A.4 – Allongement à la rupture**

Diamètre nominal du conducteur mm	Allongement minimal à la rupture %
0,040	9
0,045	9
0,050	10
0,056	10
0,063	12
0,071	13
0,080	14
0,090	15
1,000	30
1,120	30
1,250	31
1,400	32
1,600	32

### A.4 Effet de ressort

Les valeurs de l'effet de ressort du fil ne doivent pas être supérieures aux valeurs maximales données par le Tableau A.5 et le Tableau A.6, selon le cas, lorsque le fil est enroulé sur le mandrin de la taille appropriée avec la traction spécifiée.

Pour les diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs, la valeur de l'effet de ressort du conducteur de diamètre nominal immédiatement supérieur doit s'appliquer.

**Tableau A.5 – Effet de ressort pour les grades FIW 3, 5, 7 et 9**

Diamètre nominal du conducteur  mm	Diamètre du mandrin  mm	Traction  N	Effet de ressort maximal °			
			Grade FIW 3	Grade FIW 5	Grade FIW 7	Grade FIW 9
0,080	5,0	0,25	100	N/A	N/A	N/A
0,090			94	N/A	N/A	N/A
0,100			90	N/A	N/A	N/A
0,112	7,0	0,50	88	N/A	N/A	N/A
0,125			84	N/A	N/A	N/A
0,140			79	N/A	N/A	N/A
0,160	10,0	1,00	78	N/A	N/A	N/A
0,180			75	N/A	N/A	N/A
0,200			72	N/A	N/A	N/A
0,224	12,5	2,00	68	N/A	N/A	N/A
0,250			65	N/A	N/A	N/A
0,280			61	N/A	N/A	N/A
0,315	19,0	4,00	62	N/A	N/A	N/A
0,355			59	N/A	N/A	N/A
0,400			55	N/A	N/A	N/A
0,450	25,0	8,00	53	N/A	N/A	
0,500			51	73	90	
0,560			48	68	88	
0,630	37,5	12,00	53	75	N/A	
0,710			50	71	N/A	
0,800			46	65		
0,900	50,0	15,00	51	96		
1,000			47	90		
1,120			43	84		
1,250			39	78		
1,400			36	72		
1,600			32	65		

**Tableau A.6 – Effet de ressort pour les grades FIW 4, 6 et 8**

Diamètre nominal du conducteur mm	Diamètre du mandrin mm	Traction N	Effet de ressort maximal °		
			Grade FIW 4	Grade FIW 6	Grade FIW 8
0,080	5,0	0,25	N/A	N/A	N/A
0,090			N/A	N/A	N/A
1,000	50,0	15,00	65	N/A	
1,120			60		
1,250			54		
1,400			50		
1,600			45		

### A.5 Essai d'enroulement sur mandrin

Le revêtement ne doit pas montrer de craquelure après allongement du fil et enroulement sur le mandrin de la taille appropriée, comme spécifié dans le Tableau A.7 ou le Tableau A.8, selon le cas.

**Tableau A.7 – Diamètres du mandrin pour l'essai d'enroulement sur mandrin pour les grades FIW 3, 5, 7 et 9**

Diamètre nominal du conducteur mm		Grade FIW 3		0 % d'allongement avant enroulement		
				Grade FIW 5	Grade FIW 7	Grade FIW 9
Au-dessus de	Jusques et y compris	Allongement avant enroulement %	Diamètre du mandrin mm	Diamètre du mandrin mm	Diamètre du mandrin mm	Diamètre du mandrin mm
–	0,050	20 <sup>a</sup>	0,150	0,200	0,200	–
0,050	0,063	15 <sup>a</sup>	0,150	0,200	0,200	–
0,063	0,080	10 <sup>a</sup>	0,150	0,200	0,200	0,200
0,080	0,090	5	0,150	0,300	0,300	0,300
0,090	0,140	0	0,150	0,300	0,300	0,300
0,140	0,200	0	$d^b$	$1 \times d^b$	$2 \times d^b$	$3 \times d^b$
0,200	0,355	0	$d^b$	$1 \times d^b$	$2 \times d^b$	$3 \times d^b$
0,355	0,450	0	$d^b$	$1 \times d^b$	$2 \times d^b$	–
0,450	0,710	0	$d^b$	$3 \times d^b$	$4 \times d^b$	–
0,710	0,900	0	$d^b$	$3 \times d^b$	–	–
0,900	1,000	0	$d^b$	$3 \times d^b$	–	–
1,000	1,600	0	$d^b$	$3 \times d^b$	–	–

<sup>a</sup> Ou jusqu'à la rupture du conducteur de cuivre, la valeur la plus basse étant retenue.

<sup>b</sup>  $d$  est le diamètre nominal du fil.

**Tableau A.8 – Diamètres du mandrin pour l'essai d'enroulement sur mandrin pour les grades FIW 4, 6 et 8, diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 0,090 mm et supérieurs à 0,900 mm**

Diamètre nominal du conducteur		Grade FIW 4		0 % d'allongement avant enroulement	
mm				Grade FIW 6	Grade FIW 8
Au-dessus de	Jusques et y compris	Allongement avant enroulement %	Diamètre du mandrin mm	Diamètre du mandrin mm	Diamètre du mandrin mm
–	0,050	10 <sup>a</sup>	0,200	0,200	0,200
0,050	0,063	10 <sup>a</sup>	0,200	0,200	0,200
0,063	0,080	5 <sup>a</sup>	0,200	0,200	0,200
0,080	0,090	0	0,300	0,300	0,300
0,900	1,000	0	2 × $d^b$	4 × $d^b$	–
1,000	1,600	0	2 × $d^b$	–	–

<sup>a</sup> Ou jusqu'à la rupture du conducteur de cuivre, la valeur la plus basse étant retenue.

<sup>b</sup>  $d$  est le diamètre nominal du fil.

## A.6 Choc thermique

Le revêtement ne doit pas montrer de craquelure. Le diamètre du mandrin doit être celui spécifié par le Tableau A.9 ou le Tableau A.10, selon le cas. La température de choc thermique minimale est donnée dans la feuille de spécification technique appropriée.

Pour les diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs, c'est le diamètre du mandrin correspondant au diamètre nominal de conducteur immédiatement inférieur qui doit être pris.

**Tableau A.9 – Choc thermique pour les grades FIW 3, 5, 7 et 9**

Diamètre nominal du conducteur mm	Diamètre du mandrin mm			
	Gamme des diamètres extérieurs			
	Grade FIW 3	Grade FIW 5	Grade FIW 7	Grade FIW 9
0,160	0,250	0,450	0,560	0,560
0,180	0,280	0,450	0,560	0,560
0,200	0,315	0,450	0,560	0,560
0,224	0,355	0,630	0,800	1,000
0,250	0,400	0,630	0,800	1,000
0,280	0,630	0,630	0,800	1,000
0,315	0,710	1,000	1,250	1,600
0,355	0,800	1,000	1,250	1,600
0,400	0,900	1,000	1,250	
0,450	1,000	1,120	2,000	
0,500	1,120	1,120	2,000	
0,560	1,250	1,400	2,000	
0,630	1,400	2,000	2,800	
0,710	1,600	2,000	2,800	
0,800	1,800	3,550		
0,900	2,000	5,000		
1,000	2,240	5,000		
1,120	3,550	5,000		
1,250	4,000	5,000		
1,400	4,500	5,600		
1,600	5,000	6,300		

**Tableau A.10 – Choc thermique pour les grades FIW 4, 6 et 8**

Diamètre nominal du conducteur mm	Diamètre du mandrin mm		
	Gamme des diamètres extérieurs		
	Grade FIW 4	Grade FIW 6	Grade FIW 8
1,000	4,000	6,000	
1,120	4,000	6,000	
1,250	4,000		
1,400	4,500		
1,600	5,000		

### A.7 Tension de claquage

Le fil doit satisfaire aux exigences du Tableau A.11 lorsqu'il est soumis aux essais à température ambiante et à température élevée selon les exigences du client.

**Tableau A.11 – Tension de claquage**

Diamètre nominal du conducteur mm		Tension minimale de claquage spécifique V/ $\mu$ m	
Au-dessus de	Jusques et y compris	Température ambiante	Température élevée
–	0,100	81	–
0,900	1,600	47	33

NOTE La tension de claquage spécifique est le résultat du quotient de la tension de claquage mesurée et de l'augmentation de l'épaisseur de l'émail.





INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

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

Tel: + 41 22 919 02 11  
Fax: + 41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)