

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE



**Specifications for particular types of winding wires –
Part 0-3: General requirements – Enamelled round aluminium wire**

**Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage –
Partie 0-3: Exigences générales – Fil de section circulaire en aluminium émaillé**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2013 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables you to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...).

It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

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

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

Liens utiles:

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

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...).

Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE



**Specifications for particular types of winding wires –
Part 0-3: General requirements – Enamelled round aluminium wire**

**Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage –
Partie 0-3: Exigences générales – Fil de section circulaire en aluminium émaillé**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.060.10

ISBN 978-2-8322-1135-9

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

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE



**Specifications for particular types of winding wires –
Part 0-3: General requirements – Enamelled round aluminium wire**

**Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage –
Partie 0-3: Exigences générales – Fil de section circulaire en aluminium émaillé**

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references.....	7
3 Terms, definitions and , general notes on methods of tests and appearance.....	7
3.1 Definitions	7
3.2 General notes on methods of test	8
3.2.1 Methods of test.....	8
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	11
4.3 Minimum increase in diameter due to the insulation and the bonding layer.....	11
4.3.1 Enamelled wires without a bonding layer	11
4.3.2 Enamelled wires with a bonding layer	11
4.4 Maximum overall diameter	11
4.4.1 Enamelled wires without a bonding layer	11
4.4.2 Enamelled wires with a bonding layer	11
5 Electrical resistance.....	12
6 Elongation	12
7 Springiness.....	12
8 Flexibility and adherence	12
8.1 Mandrel winding test (nominal conductor diameters up to and including 1,600 mm).....	12
8.2 Stretching test (nominal conductor diameters over 1,000 mm).....	12
8.3 Jerk test (nominal conductor diameters up to and including 1,000 mm)	13
8.4 Peel test (nominal conductor diameters over 1,000 mm)	13
9 Heat shock	13
9.1 Nominal conductor diameters up to and including 1,600 mm	13
9.2 Nominal conductor diameters over 1,600 mm.....	13
10 Cut-through	13
11 Resistance to abrasion	13
12 Resistance to solvents	13
13 Breakdown voltage	13
13.1 General	13
13.2 Nominal conductor diameters up to and including 2,500 mm	14
13.3 Nominal conductor diameters over 2,500 mm.....	14
14 Continuity of insulation (nominal conductor diameters up to and including 1,600 mm).....	15
15 Temperature index.....	15
16 Resistance to refrigerants	15
17 Solderability.....	15

18	Heat or solvent bonding	15
19	Dielectric dissipation factor	15
20	Resistance to transformer oil	15
21	Loss of mass	16
23	Pin hole test	16
30	Packaging	16
Annex A (informative) Dimensions for intermediate nominal conductor diameters (R 40)		17
Annex B (informative) Method for the calculation of linear resistance		19
Annex C (informative) Resistance		20
Bibliography		21
Table 1 – Dimensions of enamelled wires (R 20)		9
Table 2 – Dimensions of enamelled wires with a bonding layer (R 20)		11
Table 3 – Elongation		12
Table 4 – Mandrel winding		12
Table 5 – Heat shock		13
Table 6 – Breakdown voltage		14
Table 7 – Breakdown voltage		14
Table 8 – Continuity of insulation		15
Table A.1 – Dimensions of enamelled wires (R 40)		17
Table A.2 – Dimensions of enamelled wires with a bonding layer (R 40)		18
Table C.1 – Electrical resistances		20

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SPECIFICATIONS FOR PARTICULAR TYPES OF WINDING WIRES –

**Part 0-3: General requirements –
Enamelled round aluminium 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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

This Consolidated version of IEC 60317-0-3 bears the edition number 3.1. It consists of the third edition (2008) [documents 55/1056/FDIS et 55/1068/RVD] and its amendment 1 (2012) [documents 55/1405/FDIS and 55/1426/RVD]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.

In this Redline version, a vertical line in the margin shows where the technical content is modified by amendment 1. Additions and deletions are displayed in red, with deletions being struck through. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.

This publication has been prepared for user convenience.

International Standard IEC 60317-0-3 has been prepared by IEC technical committee 55: Winding wires.

Technical changes from the previous edition include clarification to appearance requirements, revisions to the wire size ranges applicable to the flexibility and adherence tests, and clarification that pin hole test requirements are under consideration.

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

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

This standard is to be read in conjunction with the IEC 60851 series. The clause numbers used in this part of IEC 60317 are identical with the respective test numbers of IEC 60851.

In case of inconsistencies between IEC 60851 and this part of IEC 60317, the latter shall prevail.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendment 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 publication using a colour printer.

INTRODUCTION

This part of IEC 60317 is one of a series that deals with insulated wires used for windings in electrical equipment. The series has three groups describing

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

SPECIFICATIONS FOR PARTICULAR TYPES OF WINDING WIRES –

Part 0-3: General requirements – Enamelled round aluminium wire

1 Scope

This part of IEC 60317 specifies the general requirements of enamelled round aluminium winding wires with or without a bonding layer.

The range of nominal conductor diameters is given in the relevant specification sheet.

~~When reference is made to a winding wire according to a standard of the IEC 60317 series mentioned under Clause 2, the following information is given in the description:~~

- ~~— reference to IEC specification;~~
- ~~— nominal conductor diameter, in millimetres;~~
- ~~— grade.~~

~~EXAMPLE: IEC 60317-14 – 0,500 Grade 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 60172, *Test procedure for the determination of the temperature index of enamelled winding wires*

IEC 60317 (all parts), *Specifications for particular types of winding wires*

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

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

3 Terms, definitions ~~and, general notes on methods of tests~~ and appearance

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

3.1 Definitions

3.1.1

bonding layer

material which is deposited on an enamelled wire and which has the specific function of bonding wires together

3.1.2

class

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

3.1.3

coating

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

3.1.4

conductor

the bare metal after removal of the insulation

3.1.5

crack

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

3.1.6

dual coating

insulation composed of two different materials, an underlying and a superimposed coating

3.1.7

enamelled wire

wire coated with an insulation of cured resin

3.1.8

grade

the range of thickness of the insulation of a wire

3.1.9

insulation

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

3.1.10

nominal conductor dimension

designation of the conductor size in accordance with the IEC 60317 series

3.1.11

normal vision

20/20 vision, with corrective lenses, if necessary

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

3.2 General notes ~~on methods of test~~

3.2.1 Methods of test

All methods of test to be used for this part of IEC 60317 are given in IEC 60851.

The clause numbers used in this standard are identical with the respective test numbers of IEC 60851.

In case of inconsistencies between the publication on methods of test and this standard, IEC 60317-0-3 shall prevail.

Where no specific range of nominal conductor diameters is given for a test, the test applies to all nominal conductor diameters covered by the specification sheet.

Unless otherwise specified, all tests shall be carried out at a temperature from 15 °C to 35 °C and a relative humidity from 45 % to 75 %. Before measurements are made, the specimens shall be preconditioned under these atmospheric conditions for a time sufficient to allow the specimens to reach stability.

The wire to be tested shall be removed from the packaging in such a way that the wire will not be subjected to tension or unnecessary bends. Before each test, sufficient wire should be discarded to ensure that any damaged wire is not included in the test specimens.

3.2.2 Winding wire

See the relevant specification sheet.

In addition, when reference is made to a winding wire according to a standard of the IEC 60317 series mentioned under Clause 2, the following information is given in the description:

- reference to IEC specification;
- nominal conductor diameter in millimetres;
- grade.

EXAMPLE IEC 60317-1 – 0,500 Grade 2

3.3 Appearance

The film coating shall be essentially smooth and continuous, free from streaks, blisters and foreign material 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 0,10 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 Tables 1 and 2.

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 Annex A.

The conductor diameter shall not differ from the nominal diameter by more than the limit given in Tables 1 or 2.

For intermediate nominal conductor diameters, the minimum increase figure corresponding to the next larger nominal conductor diameter applies.

Table 1 – Dimensions of enamelled wires (R 20)

Nominal conductor diameter mm	Conductor tolerance ± mm	Minimum increase due to the insulation mm			Maximum overall diameter mm		
		Grade 1	Grade 2	Grade 3	Grade 1	Grade 2	Grade 3
0,250	0,004	0,017	0,032	0,048	0,281	0,297	0,312
0,280	0,004	0,018	0,033	0,050	0,312	0,329	0,345
0,315	0,004	0,019	0,035	0,053	0,349	0,367	0,384
0,355	0,004	0,020	0,038	0,057	0,392	0,411	0,428
0,400	0,005	0,021	0,040	0,060	0,439	0,459	0,478
0,450	0,005	0,022	0,042	0,064	0,491	0,513	0,533
0,500	0,005	0,024	0,045	0,067	0,544	0,566	0,587
0,560	0,006	0,025	0,047	0,071	0,606	0,630	0,653
0,630	0,006	0,027	0,050	0,075	0,679	0,704	0,728
0,710	0,007	0,028	0,053	0,080	0,762	0,789	0,814
0,800	0,008	0,030	0,056	0,085	0,855	0,884	0,911
0,900	0,009	0,032	0,060	0,090	0,959	0,989	1,018
1,000	0,010	0,034	0,063	0,095	1,062	1,094	1,124
1,120	0,011	0,034	0,065	0,098	1,184	1,217	1,248
1,250	0,013	0,035	0,067	0,100	1,316	1,349	1,381
1,400	0,014	0,036	0,069	0,103	1,468	1,502	1,535
1,600	0,016	0,038	0,071	0,107	1,670	1,706	1,740
1,800	0,018	0,039	0,073	0,110	1,872	1,909	1,944
2,000	0,020	0,040	0,075	0,113	2,074	2,112	2,148
2,240	0,022	0,041	0,077	0,116	2,316	2,355	2,392
2,500	0,025	0,042	0,079	0,119	2,578	2,618	2,656
2,800	0,028	0,043	0,081	0,123	2,880	2,922	2,961
3,150	0,032	0,045	0,084	0,127	3,233	3,276	3,316
3,550	0,036	0,046	0,086	0,130	3,635	3,679	3,721
4,000	0,040	0,047	0,089	0,134	4,088	4,133	4,176
4,500	0,045	0,049	0,092	0,138	4,591	4,637	4,681
5,000	0,050	0,050	0,094	0,142	5,093	5,141	5,186

~~NOTE 1 – National committees may use minimum overall diameter requirements provided they are based on the minimum increases.~~

~~NOTE 2 – For intermediate nominal conductor diameters, the minimum increase figure corresponding to the next larger nominal conductor diameter should be taken.~~

NOTE-3 The dimensions of intermediate nominal conductor diameters for R 40 series are given in Annex A.

Table 2 – Dimensions of enamelled wires with a bonding layer (R 20)

Nominal conductor diameter mm	Conductor tolerance ± mm	Minimum increase underlying coating mm		Minimum increase bonding layer mm	Maximum overall diameter mm	
		Grade 1B	Grade 2B		Grade 1B	Grade 2B
0,250	0,004	0,017	0,032	0,013	0,300	0,316
0,280	0,004	0,018	0,033	0,013	0,331	0,348
0,315	0,004	0,019	0,035	0,014	0,369	0,387
0,355	0,004	0,020	0,038	0,015	0,413	0,432
0,400	0,005	0,021	0,040	0,016	0,461	0,481
0,450	0,005	0,022	0,042	0,016	0,514	0,536
0,500	0,005	0,024	0,045	0,017	0,568	0,590
0,560	0,006	0,025	0,047	0,017	0,630	0,654
0,630	0,006	0,027	0,050	0,018	0,704	0,729
0,710	0,007	0,028	0,053	0,019	0,788	0,815
0,800	0,008	0,030	0,056	0,020	0,882	0,911
0,900	0,009	0,032	0,060	0,020	0,987	1,017
1,000	0,010	0,034	0,063	0,021	1,091	1,123
1,120	0,011	0,034	0,065	0,022	1,214	1,247
1,250	0,013	0,035	0,067	0,022	1,346	1,379
1,400	0,014	0,036	0,069	0,023	1,499	1,533
1,600	0,016	0,038	0,071	0,023	1,702	1,738
1,800	0,018	0,039	0,073	0,024	1,905	1,942
2,000	0,020	0,040	0,075	0,025	2,108	2,146
NOTE 1— National committees may use minimum overall diameter requirements provided they are based on the minimum increases.						
NOTE 2— For intermediate nominal conductor diameters, the minimum increase figure corresponding to the next larger nominal conductor diameter should be taken.						
NOTE 3 The dimensions of intermediate nominal conductor diameters for R 40 series are given in Annex A.						

4.2 Out of roundness of conductor

The difference between the minimum and maximum diameter, at any one point, shall not be more than the figure given in column 2 of Table 1 or Table 2.

4.3 Minimum increase in diameter due to the insulation and the bonding layer

4.3.1 Enamelled wires without a bonding layer

The minimum increase in diameter due to the insulation shall not be less than the values given in Table 1.

4.3.2 Enamelled wires with a bonding layer

The minimum increase in diameter due to the insulation including the bonding layer shall not be less than the values given in Table 2.

4.4 Maximum overall diameter

4.4.1 Enamelled wires without a bonding layer

The maximum overall diameter shall not exceed the values given in Table 1.

4.4.2 Enamelled wires with a bonding layer

The maximum overall diameter shall not exceed the values given in Table 2.

5 Electrical resistance

No resistance values are specified.

By agreement between purchaser and supplier, resistance measurements may be made for nominal conductor diameters up to and including 1,000 mm. In case of such an agreement, the resistance at 20 °C shall be within the limits given in Annex C.

NOTE The nominal resistance is given in Annex C.

6 Elongation

The elongation at fracture and tensile strength shall not be less than the value given in Table 3.

Table 3 – Elongation

Nominal conductor diameter mm		Elongation minimum	Tensile strength minimum
Over	Up to and including	%	N·mm ⁻²
–	0,400	10	90
0,400	1,000	12	90
1,000	2,000	15	80
2,000	5,000	15	70

7 Springiness

Test appropriate but no requirements specified.

8 Flexibility and adherence

8.1 Mandrel winding test (nominal conductor diameters up to and including 1,600 mm)

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

Table 4 – Mandrel winding

Nominal conductor diameter mm		Mandrel diameter
Over	Up to and including	
–	1,600	3d*
*d is the nominal diameter of the wire.		

8.2 Stretching test (nominal conductor diameters over 1,000 mm)

The coating shall show no crack after the wire has been elongated 15 %.

8.3 Jerk test (nominal conductor diameters up to and including 1,000 mm)

The coating shall show no crack or loss of adhesion.

8.4 Peel test (nominal conductor diameters over 1,000 mm)

Test appropriate but no requirements specified.

9 Heat shock

9.1 Nominal conductor diameters up to and including 1,600 mm

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

Table 5 – Heat shock

Nominal conductor diameter mm		Mandrel diameter
Over	Up to and including	
–	1,600	3d*
*d is the nominal diameter of the wire.		

9.2 Nominal conductor diameters over 1,600 mm

The coating shall show no crack after having been elongated 15 %. The minimum heat shock temperature is given in the relevant specification sheet.

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

Standard solvent

Using a pencil of hardness "H" the coating shall not be removed.

13 Breakdown voltage

13.1 General

The wire shall meet the requirements given in 13.2 and 13.3, respectively, when tested at room temperature and at elevated temperature when this is required by the purchaser.

The elevated temperature is given in the relevant specification sheet.

13.2 Nominal conductor diameters up to and including 2,500 mm

At least four of the five specimens tested shall not break down at a voltage less than or equal to that given in Table 6.

For intermediate nominal conductor diameters, the figure of the next larger nominal conductor diameter applies.

Table 6 – Breakdown voltage

Nominal conductor diameter mm	Minimum breakdown voltage (r.m.s. value) V					
	Grade 1 and grade 1B		Grade 2 and grade 2B		Grade 3	
	Room temperature	Elevated temperature	Room temperature	Elevated temperature	Room temperature	Elevated temperature
0,250	2 100	1 600	3 900	2 900	5 500	4 100
0,280	2 200	1 700	4 000	3 000	5 800	4 400
0,315	2 200	1 700	4 100	3 100	6 100	4 600
0,355	2 300	1 700	4 300	3 200	6 400	4 800
0,400	2 300	1 700	4 400	3 300	6 600	5 000
0,450	2 300	1 700	4 400	3 300	6 800	5 100
0,500	2 400	1 800	4 600	3 500	7 000	5 300
0,560	2 500	1 900	4 600	3 500	7 100	5 300
0,630	2 600	2 000	4 800	3 600	7 100	5 300
0,710	2 600	2 000	4 800	3 600	7 200	5 400
0,800	2 600	2 000	4 900	3 700	7 400	5 600
0,900	2 700	2 000	5 000	3 800	7 600	5 700
1,000 up to and including 2,500	2 700	2 000	5 000	3 800	7 600	5 700

NOTE—For intermediate nominal conductor diameters, the figure of the next larger nominal conductor diameter should be taken.

13.3 Nominal conductor diameters over 2,500 mm

At least four of the five specimens tested shall not break down at a voltage less than or equal to that given in Table 7.

Table 7 – Breakdown voltage

Nominal conductor diameter mm	Minimum breakdown voltage (r.m.s. value) V					
	Grade 1 and grade 1B		Grade 2 and grade 2B		Grade 3	
	Room temperature	Elevated temperature	Room temperature	Elevated temperature	Room temperature	Elevated temperature
Over 2 500	1 300	1 000	2 500	1 900	3 800	2 900

14 Continuity of insulation (nominal conductor diameters up to and including 1,600 mm)

The number of faults per 30 m of wire shall not exceed the values given in Table 8.

Table 8 – Continuity of insulation

Nominal conductor diameter mm		Maximum number of fault per 30 m		
Over	Up to and including	Grade 1 and grade 1B	Grade 2 and grade 2B	Grade 3
–	1,600	25	10	5

15 Temperature index

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

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

When required by a purchaser, the supplier of the enamelled wire shall supply evidence that the wire meets the requirements for the temperature index.

NOTE The temperature index based on an extrapolated life of 20 000 h relates to enamelled wires tested unvarnished and not as part of an insulation system. The temperature in degrees Celsius corresponding to the temperature index is not necessarily that at which it is recommended that the wire be operated and this will depend on many factors, including the type of equipment involved.

16 Resistance to refrigerants

For requirements, see the relevant specification sheet.

17 Solderability

Test inappropriate.

18 Heat or solvent bonding

For requirements, see the relevant specification sheet.

19 Dielectric dissipation factor

For requirements, see the relevant specification sheet.

20 Resistance to transformer oil

For requirements, see the relevant specification sheet.

21 Loss of mass

For requirements, see the relevant specification sheet.

23 Pin hole test

Requirements under consideration.

30 Packaging

The kind of packaging may influence certain properties of the wire, for example springback. Therefore the kind of packaging, for example the type of spool, shall be agreed between purchaser 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 agreed to by purchaser and supplier. Marking of the label when there is more than one length and/or identification of the separate lengths in the package shall be agreed to by purchaser and supplier.

Where wires are delivered in coils, the dimensions and the maximum weights of such coils shall be agreed between purchaser and supplier. Any additional protection for coils shall also be agreed between purchaser and supplier.

Labels shall be attached to each packaging unit as agreed between supplier and user and shall include the following information:

- a) manufacturer's name and/or trade mark;
- b) type of wire and insulation, for instance trade name and/or IEC specification number;
- c) net mass of wire;
- d) nominal dimension(s) of wire and grade of insulation;
- e) date of manufacture.

Annex A (informative)

Dimensions for intermediate nominal conductor diameters (R 40)

This annex covers those intermediate nominal conductor diameters from which the user may select intermediate sizes only for technical reasons.

Minimum overall diameter requirements may be used in lieu of the maximum overall diameters in Table A.1 or A.2 provided they are based on the minimum increases.

A.1 Enamelled wires without a bonding layer

Table A.1 – Dimensions of enamelled wires (R 40)

Nominal conductor diameter mm	Conductor tolerance ± mm	Minimum increase due to the insulation mm			Maximum overall diameter mm		
		Grade 1	Grade 2	Grade 3	Grade 1	Grade 2	Grade 3
0,265	0,004	0,018	0,033	0,050	0,297	0,314	0,330
0,300	0,004	0,019	0,035	0,053	0,334	0,352	0,369
0,335	0,004	0,020	0,038	0,057	0,372	0,391	0,408
0,375	0,005	0,021	0,040	0,060	0,414	0,434	0,453
0,425	0,005	0,022	0,042	0,064	0,466	0,488	0,508
0,475	0,005	0,024	0,045	0,067	0,519	0,541	0,562
0,530	0,006	0,025	0,047	0,071	0,576	0,600	0,623
0,600	0,006	0,027	0,050	0,075	0,649	0,674	0,698
0,670	0,007	0,028	0,053	0,080	0,722	0,749	0,774
0,750	0,008	0,030	0,056	0,085	0,805	0,834	0,861
0,850	0,009	0,032	0,060	0,090	0,909	0,939	0,968
0,950	0,010	0,034	0,063	0,095	1,012	1,044	1,074
1,060	0,011	0,034	0,065	0,098	1,124	1,157	1,188
1,180	0,012	0,035	0,067	0,100	1,246	1,279	1,311
1,320	0,013	0,036	0,069	0,103	1,388	1,422	1,455
1,500	0,015	0,038	0,071	0,107	1,570	1,606	1,640
1,700	0,017	0,039	0,073	0,110	1,772	1,809	1,844
1,900	0,019	0,040	0,075	0,113	1,974	2,012	2,048
2,120	0,021	0,041	0,077	0,116	2,196	2,235	2,272
2,360	0,024	0,042	0,079	0,119	2,438	2,478	2,516
2,650	0,027	0,043	0,081	0,123	2,730	2,772	2,811
3,000	0,030	0,045	0,084	0,127	3,083	3,126	3,166
3,350	0,034	0,046	0,086	0,130	3,435	3,479	3,521
3,750	0,038	0,047	0,089	0,134	3,838	3,883	3,926
4,250	0,043	0,049	0,092	0,138	4,341	4,387	4,431
4,750	0,048	0,050	0,094	0,142	4,843	4,891	4,936

~~NOTE – National committees may use minimum overall diameter requirements provided they are based on the minimum increases.~~

A.2 Enamelled wires with a bonding layer

Table A.2 – Dimensions of enamelled wires with a bonding layer (R 40)

Nominal conductor diameter mm	Conductor tolerance ± mm	Maximum increase underlying coating mm		Minimum increase bonding layer mm	Maximum overall diameter mm	
		Grade 1B	Grade 2B		Grade 1B	Grade 2B
0,265	0,004	0,018	0,033	0,013	0,316	0,333
0,300	0,004	0,019	0,035	0,014	0,354	0,372
0,335	0,004	0,020	0,038	0,015	0,393	0,412
0,375	0,005	0,021	0,040	0,016	0,436	0,456
0,425	0,005	0,022	0,042	0,016	0,489	0,511
0,475	0,005	0,024	0,045	0,017	0,543	0,565
0,530	0,006	0,025	0,047	0,017	0,600	0,624
0,600	0,006	0,027	0,050	0,018	0,674	0,699
0,670	0,007	0,028	0,053	0,019	0,748	0,775
0,750	0,008	0,030	0,056	0,020	0,832	0,861
0,850	0,009	0,032	0,060	0,020	0,937	0,967
0,950	0,010	0,034	0,063	0,021	1,041	1,073
1,060	0,011	0,034	0,065	0,022	1,154	1,187
1,180	0,012	0,035	0,067	0,022	1,276	1,309
1,320	0,013	0,036	0,069	0,023	1,419	1,453
1,500	0,015	0,038	0,071	0,023	1,602	1,638
1,700	0,017	0,039	0,073	0,024	1,805	1,842
1,900	0,019	0,040	0,075	0,025	2,008	2,046

~~NOTE – National committees may use minimum overall diameter requirements provided they are based on the minimum increases.~~

Annex B (informative)

Method for the calculation of linear resistance

The limits of electrical resistance are calculated on the following basis:

B.1 For nominal conductor diameters up to and including 1,000 mm

The minimum and the maximum values of resistance are calculated from the ~~minimum and maximum values~~ nominal value of the resistivity by taking into account for each conductor diameter the relevant dimensional tolerance.

The linear resistance is calculated from

$$R_{\min} = \rho_{\min} \times q_{\text{nom}}^{-1} (\Omega \cdot \text{m}^{-1})$$

$$R_{\max} = \rho_{\max} \times q_{\text{nom}}^{-1} (\Omega \cdot \text{m}^{-1})$$

where

$$\rho_{\min} = 1/36,2 \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1};$$

$$\rho_{\max} = 1/35,5 \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1};$$

~~q is the cross-section of the conductor in square millimetres.~~

$$R_{\min} = \rho_{\min} \times q_{\max}^{-1} (\Omega \cdot \text{m}^{-1})$$

$$R_{\max} = \rho_{\max} \times q_{\min}^{-1} (\Omega \cdot \text{m}^{-1})$$

where:

$$\rho_{\min} = 1/36,2 \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1};$$

$$\rho_{\max} = 1/35,5 \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1};$$

q is the cross-section of the conductor, in square millimetres.

where

$q_{\max}$ is the maximum cross-section of the conductor in square millimetres, calculated from the nominal conductor diameter minus the dimensional tolerance;

$q_{\min}$ is the minimum cross-section of the conductor in square millimetres, calculated from the nominal conductor diameter plus the dimensional tolerance.

Annex C (informative)

Resistance

The figures for nominal resistance in Table C.1 are given for information only. They are calculated on the basis of the nominal conductor diameter and a nominal resistivity of $1/35,85 \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$.

The minimum and maximum resistance figures for nominal conductor diameter up to and including 1,000 mm are derived from calculations made according to Annex B.

Table C.1 – Electrical resistances

Nominal conductor diameter mm	Resistance at 20 °C Ω/m			Nominal conductor diameter mm	Nominal resistance Ω/mm
	Minimum	Nominal	Maximum		
0,250	0,5452	0,5683	0,5927	1,120	0,02831
0,280	0,4361	0,4530	0,4708	1,250	0,02273
0,315	0,3456	0,3579	0,3708	1,400	0,01812
0,355	0,2729	0,2818	0,2911	1,600	0,01387
0,400	0,2144	0,2220	0,2299	1,800	0,01096
0,450	0,1699	0,1754	0,1811	2,000	0,008879
0,500	0,1379	0,1421	0,1464	2,240	0,007078
0,560	0,1098	0,1133	0,1169	2,500	0,005683
0,630	0,08695	0,08948	0,09211	2,800	0,004530
0,710	0,06842	0,07045	0,07257	3,150	0,003579
0,800	0,05387	0,05549	0,05718	3,550	0,002818
0,900	0,04257	0,04385	0,04518	4,000	0,002220
1,000	0,03448	0,03552	0,03659	4,500 5,000	0,001754 0,001421

Bibliography

~~IEC 60317-25, Specifications for particular types of winding wires — Part 25: Polyester or polyesterimide overcoated with polyamide-imide enamelled round aluminium wire, class 200~~

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	24
INTRODUCTION.....	26
1 Domaine d'application.....	27
2 Références normatives	27
3 Termes, définitions et , notes générales concernant les méthodes d'essai et aspect.....	27
3.1 Définitions	27
3.2 Notes générales concernant les méthodes d'essai	28
3.2.1 Méthodes d'essai	28
3.2.2 Fils de bobinage	29
3.3 Aspect.....	29
4 Dimensions.....	29
4.1 Diamètre du conducteur.....	29
4.2 Ovalisation du conducteur.....	31
4.3 Accroissement minimal de diamètre dû à l'isolant et à la couche adhérente.....	31
4.3.1 Fils émaillés sans couche adhérente.....	31
4.3.2 Fils émaillés avec une couche adhérente	31
4.4 Diamètre extérieur maximal	32
4.4.1 Fils émaillés sans couche adhérente.....	32
4.4.2 Fils émaillés avec une couche adhérente	32
5 Résistance électrique.....	32
6 Allongement	32
7 Effet ressort.....	32
8 Souplesse et adhérence.....	32
8.1 Essai d'enroulement sur mandrin (diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 1,600 mm)	32
8.2 Essai d'allongement (diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 1,000 mm)	33
8.3 Essai de traction brusque (diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 1,000 mm).....	33
8.4 Essai d'adhérence (diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 1,000 mm)	33
9 Choc thermique	33
9.1 Diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 1,600 mm	33
9.2 Diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 1,600 mm	33
10 Thermoplasticité	33
11 Résistance à l'abrasion.....	34
12 Résistance aux solvants	34
13 Tension de claquage.....	34
13.1 Généralités.....	34
13.2 Diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 2,500 mm	34
13.3 Diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 2,500 mm	35
14 Continuité de l'isolant (diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 1,600 mm)	35
15 Indice de température	35
16 Résistance aux réfrigérants	35

17	Aptitude au brasage.....	36
18	Adhérence par chaleur ou par solvant.....	36
19	Facteur de dissipation diélectrique	36
20	Résistance à l'huile de transformateur.....	36
21	Perte de masse	36
23	Détection des microfissures en immersion	36
30	Conditionnement.....	36

Annexe A (informative)	Dimensions pour les diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs (R 40).....	37
Annexe B (informative)	Méthode pour le calcul de la résistance linéique	39
Annexe C (informative)	Résistance.....	40
Bibliographie		41

Tableau 1 – Dimensions pour les fils émaillés (R 20).....	30
Tableau 2 – Dimensions pour les fils émaillés avec une couche adhérente (R 20).....	31
Tableau 3 – Allongement.....	32
Tableau 4 – Enroulement sur mandrin	33
Tableau 5 – Choc thermique	33
Tableau 6 – Tension de claquage	34
Tableau 7 – Tension de claquage	35
Tableau 8 – Continuité de l'isolant.....	35
Tableau A.1 – Dimensions pour les fils émaillés (R 40).....	37
Tableau A.2 – Dimensions pour les fils émaillés avec une couche adhérente (R 40)	38
Tableau C.1 – Résistances électriques	40

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SPÉCIFICATIONS POUR TYPES PARTICULIERS DE FILS DE BOBINAGE –

Partie 0-3: Exigences générales – Fil de section circulaire en aluminium émaillé

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

Cette version consolidée de la CEI 60317-0-3 porte le numéro d'édition 3.1. Elle comprend la troisième édition (2008) [documents 55/1056/FDIS et 55/1068/RVD] et son amendement 1 (2013) [documents 55/1405/FDIS et 55/1426/RVD]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à son amendement.

Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par l'amendement 1. Les ajouts et les suppressions apparaissent en rouge, les suppressions étant barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.

Cette publication a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

La Norme internationale CEI 60317-0-3 a été établie par le comité d'études 55 de la CEI: Fils de bobinage.

Les changements techniques par rapport à l'édition précédente comprennent une clarification concernant les exigences sur l'aspect, des révisions sur les gammes des dimensions des fils s'appliquant aux essais de souplesse et d'adhérence, et une clarification expliquant que les exigences relatives à la détection des microfissures en immersion sont à l'étude.

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

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

Cette norme doit être lue conjointement avec la série CEI 60851. Les numéros d'articles dans la présente partie de la CEI 60317 sont identiques aux numéros d'essais respectifs de la CEI 60851.

En cas de divergences entre la CEI 60851 et la présente partie de la CEI 60317, cette dernière prévaut.

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

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

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 CEI 60317 constitue l'un des éléments d'une série traitant des fils isolés utilisés dans les enroulements des appareils électriques. La série comporte trois groupes définissant respectivement

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

SPÉCIFICATIONS POUR TYPES PARTICULIERS DE FILS DE BOBINAGE –

Partie 0-3: Exigences générales – Fil de section circulaire en aluminium émaillé

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60317 spécifie les exigences générales pour les fils de bobinage de section circulaire en aluminium émaillé avec ou sans une couche adhérente.

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

~~Quand il est fait référence à un fil de bobinage conforme à la série CEI 60317 indiquée dans l'Article 2, les informations suivantes sont données dans la description:~~

- ~~— la référence de la spécification CEI;~~
- ~~— le diamètre nominal du conducteur, en millimètres;~~
- ~~— le grade.~~

~~EXEMPLE: IEC 60317 14 – 0,500 Grade 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).

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

CEI 60317 (toutes les parties), *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage*

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

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

3 Termes, définitions ~~et~~, notes générales ~~concernant les méthodes d'essai et aspect~~

Pour les besoins du présent document, les termes, définitions et notes générales suivants sont applicables:

3.1 Définitions

3.1.1

couche adhérente

matériau qui est déposé sur un fil émaillé et qui a la fonction particulière de coller les fils entre eux

3.1.2

classe

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

3.1.3

revêtement

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

3.1.4

conducteur

métal nu après enlèvement de l'isolant

3.1.5

craquelure

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

3.1.6

double revêtement

isolant constitué de deux matériaux différents, l'un en sous-couche et l'autre en surcouche

3.1.7

fil émaillé

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

3.1.8

grade

gamme d'épaisseurs d'isolant d'un fil

3.1.9

isolant

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

3.1.10

dimension nominale du conducteur

désignation de la taille du conducteur selon la **série** CEI 60317

3.1.11

vision normale

vision parfaite (20/20), avec si nécessaire des lentilles correctives

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

3.2 Notes générales ~~concernant les méthodes d'essai~~

3.2.1 Méthodes d'essai

Toutes les méthodes d'essai utilisées dans cette partie de la CEI 60317 sont présentées dans la CEI 60851.

Les numéros d'articles utilisés dans la présente norme sont identiques aux numéros d'essais respectifs de la CEI 60851.

En cas de divergences entre la publication relative aux méthodes d'essai et la présente norme, la CEI 60317-0-3 prévaut.

Dans le cas où aucune gamme des diamètres nominaux des conducteurs n'est donnée pour un essai, l'essai s'applique à tous les diamètres nominaux des conducteurs couverts par la feuille de spécification.

Sauf spécification contraire, tous les essais doivent être effectués à une température comprise entre 15 °C et 35 °C et à une humidité relative de 45 % à 75 %. Les éprouvettes doivent, avant exécution des mesures, être préconditionnées dans ces conditions atmosphériques pendant un temps suffisant pour que les éprouvettes atteignent la stabilité.

Le fil à essayer doit être prélevé de son conditionnement de façon qu'il ne soit pas soumis à une traction ou à des pliages inutiles. Avant chaque essai, il convient d'éliminer une longueur de fil suffisante pour être sûr qu'aucun fil endommagé n'est inclus parmi les éprouvettes d'essai.

3.2.2 Fil de bobinage

Voir la feuille de spécification appropriée.

De plus, quand il est fait référence à un fil de bobinage conforme à la série CEI 60317 indiquée dans l'Article 2, les informations suivantes sont données dans la description:

- la référence à la spécification CEI;
- le diamètre nominal du conducteur en millimètres;
- le grade.

EXEMPLE CEI 60317-1 – 0,500 Grade 2

3.3 Aspect

Le film de revêtement doit être lisse et continu, exempt de rayures, de bulles ou de tout autre matériel étranger quand il est examiné avec une vision normale, lorsqu'il est enroulé sur la bobine d'origine.

En cas d'accord entre l'utilisateur et le fournisseur, un grossissement de 6× à 10× doit être utilisé pour examiner les fils ayant un diamètre nominal inférieur à 0,10 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 dans les Tableaux 1 et 2.

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 à l'Annexe A.

Le diamètre du conducteur ne doit pas s'écarter du diamètre nominal d'une valeur supérieure à la tolérance donnée dans les Tableaux 1 ou 2.

Pour les diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs, la valeur de l'accroissement minimal correspondant à celui du diamètre nominal immédiatement supérieur s'applique.

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

Diamètre nominal du conducteur mm	Tolérance du conducteur ± mm	Accroissement minimal dû à l'isolant mm			Diamètre extérieur maximal mm		
		Grade 1	Grade 2	Grade 3	Grade 1	Grade 2	Grade 3
0,250	0,004	0,017	0,032	0,048	0,281	0,297	0,312
0,280	0,004	0,018	0,033	0,050	0,312	0,329	0,345
0,315	0,004	0,019	0,035	0,053	0,349	0,367	0,384
0,355	0,004	0,020	0,038	0,057	0,392	0,411	0,428
0,400	0,005	0,021	0,040	0,060	0,439	0,459	0,478
0,450	0,005	0,022	0,042	0,064	0,491	0,513	0,533
0,500	0,005	0,024	0,045	0,067	0,544	0,566	0,587
0,560	0,006	0,025	0,047	0,071	0,606	0,630	0,653
0,630	0,006	0,027	0,050	0,075	0,679	0,704	0,728
0,710	0,007	0,028	0,053	0,080	0,762	0,789	0,814
0,800	0,008	0,030	0,056	0,085	0,855	0,884	0,911
0,900	0,009	0,032	0,060	0,090	0,959	0,989	1,018
1,000	0,010	0,034	0,063	0,095	1,062	1,094	1,124
1,120	0,011	0,034	0,065	0,098	1,184	1,217	1,248
1,250	0,013	0,035	0,067	0,100	1,316	1,349	1,381
1,400	0,014	0,036	0,069	0,103	1,468	1,502	1,535
1,600	0,016	0,038	0,071	0,107	1,670	1,706	1,740
1,800	0,018	0,039	0,073	0,110	1,872	1,909	1,944
2,000	0,020	0,040	0,075	0,113	2,074	2,112	2,148
2,240	0,022	0,041	0,077	0,116	2,316	2,355	2,392
2,500	0,025	0,042	0,079	0,119	2,578	2,618	2,656
2,800	0,028	0,043	0,081	0,123	2,880	2,922	2,961
3,150	0,032	0,045	0,084	0,127	3,233	3,276	3,316
3,550	0,036	0,046	0,086	0,130	3,635	3,679	3,721
4,000	0,040	0,047	0,089	0,134	4,088	4,133	4,176
4,500	0,045	0,049	0,092	0,138	4,591	4,637	4,681
5,000	0,050	0,050	0,094	0,142	5,093	5,141	5,186

~~NOTE 1 Les comités nationaux peuvent utiliser les exigences concernant le diamètre extérieur minimal, à condition qu'elles soient établies en fonction des accroissements minimaux.~~

~~NOTE 2 Pour les diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs, il convient d'utiliser la valeur de l'accroissement minimal correspondant à celui du diamètre nominal immédiatement supérieur.~~

NOTE 3 Les dimensions des diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs pour la série R 40 sont données à l'Annexe A.

Tableau 2 – Dimensions pour les fils émaillés avec une couche adhérente (R 20)

Diamètre nominal du conducteur mm	Tolérance du conducteur ± mm	Accroissement minimal de la sous-couche mm		Accroissement minimal de la couche adhérente mm	Diamètre extérieur maximal mm	
		Grade 1B	Grade 2B		Grade 1B	Grade 2B
0,250	0,004	0,017	0,032	0,013	0,300	0,316
0,280	0,004	0,018	0,033	0,013	0,331	0,348
0,315	0,004	0,019	0,035	0,014	0,369	0,387
0,355	0,004	0,020	0,038	0,015	0,413	0,432
0,400	0,005	0,021	0,040	0,016	0,461	0,481
0,450	0,005	0,022	0,042	0,016	0,514	0,536
0,500	0,005	0,024	0,045	0,017	0,568	0,590
0,560	0,006	0,025	0,047	0,017	0,630	0,654
0,630	0,006	0,027	0,050	0,018	0,704	0,729
0,710	0,007	0,028	0,053	0,019	0,788	0,815
0,800	0,008	0,030	0,056	0,020	0,882	0,911
0,900	0,009	0,032	0,060	0,020	0,987	1,017
1,000	0,010	0,034	0,063	0,021	1,091	1,123
1,120	0,011	0,034	0,065	0,022	1,214	1,247
1,250	0,013	0,035	0,067	0,022	1,346	1,379
1,400	0,014	0,036	0,069	0,023	1,499	1,533
1,600	0,016	0,038	0,071	0,023	1,702	1,738
1,800	0,018	0,039	0,073	0,024	1,905	1,942
2,000	0,020	0,040	0,075	0,025	2,108	2,146

~~NOTE 1 – Les comités nationaux peuvent utiliser les exigences concernant le diamètre extérieur minimal, à condition qu'elles soient établies en fonction des accroissements minimaux.~~

~~NOTE 2 – Pour les diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs, il convient d'utiliser la valeur de l'accroissement minimal correspondant à celui du diamètre nominal immédiatement supérieur.~~

NOTE 3 Les dimensions des diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs pour la série R 40 sont données à l'Annexe A.

4.2 Ovalisation du conducteur

En chaque point, la différence entre les diamètres minimal et maximal ne doit pas être supérieure à la valeur donnée dans la deuxième colonne des Tableaux 1 ou 2.

4.3 Accroissement minimal de diamètre dû à l'isolant et à la couche adhérente

4.3.1 Fils émaillés sans couche adhérente

L'accroissement minimal de diamètre dû à l'isolant ne doit pas être inférieur aux valeurs données dans le Tableau 1.

4.3.2 Fils émaillés avec une couche adhérente

L'accroissement minimal de diamètre dû à l'isolant et comprenant la couche adhérente ne doit pas être inférieur aux valeurs données dans le Tableau 2.

4.4 Diamètre extérieur maximal

4.4.1 Fils émaillés sans couche adhérente

Le diamètre extérieur maximal ne doit pas dépasser les valeurs données dans le Tableau 1.

4.4.2 Fils émaillés avec une couche adhérente

Le diamètre extérieur maximal ne doit pas dépasser les valeurs données dans le Tableau 2.

5 Résistance électrique

Aucune valeur de résistance électrique n'est spécifiée.

Après accord entre l'acheteur et le fournisseur, des mesures de résistance électrique peuvent être réalisées pour les diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 1,000 mm. Dans le cas d'un tel accord, la résistance électrique à 20 °C doit être comprise entre les limites données dans l'Annexe C.

NOTE La résistance électrique nominale est donnée à l'Annexe C.

6 Allongement

L'allongement à la rupture et la charge à la rupture ne doivent pas être inférieurs aux valeurs données dans le Tableau 3.

Tableau 3 – Allongement

Diamètre nominal du conducteur mm		Allongement minimal	Charge minimale à la rupture
Supérieur à	Jusques et y compris	%	N·mm ⁻²
–	0,400	10	90
0,400	1,000	12	90
1,000	2,000	15	80
2,000	5,000	15	70

7 Effet ressort

L'essai est applicable, mais aucune exigence n'est spécifiée.

8 Souplesse et adhérence

8.1 Essai d'enroulement sur mandrin (diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 1,600 mm)

Le revêtement ne doit pas montrer de craquelures après enroulement du fil sur le mandrin comme spécifié dans le Tableau 4.

Tableau 4 – Enroulement sur mandrin

Diamètre nominal du conducteur mm		Diamètre du mandrin
Supérieur à	Jusques et y compris	
–	1,600	3d*
*d est le diamètre nominal du conducteur.		

8.2 Essai d'allongement (diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 1,000 mm)

Le revêtement ne doit pas montrer de craquelures après allongement du fil de 15 %.

8.3 Essai de traction brusque (diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 1,000 mm)

Le revêtement ne doit présenter ni craquelure ni perte d'adhérence.

8.4 Essai d'adhérence (diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 1,000 mm)

L'essai est applicable, mais aucune exigence n'est spécifiée.

9 Choc thermique

9.1 Diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 1,600 mm

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

Tableau 5 – Choc thermique

Diamètre nominal du conducteur mm		Diamètre du mandrin
Supérieur à	Jusques et y compris	
–	1,600	3 d*
*d est le diamètre nominal du conducteur.		

9.2 Diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 1,600 mm

Le revêtement ne doit présenter aucune craquelure après allongement de 15 %. La température de choc thermique minimale est donnée dans la feuille de spécification appropriée.

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

Solvant normalisé

Le revêtement ne doit pas être enlevé par un crayon de dureté «H».

13 Tension de claquage

13.1 Généralités

Le fil doit satisfaire aux exigences spécifiées en 13.2 et 13.3, respectivement, lorsqu'il est essayé à la température ambiante, et à la température élevée quand cela est demandé par l'acheteur.

La température élevée est donnée dans la feuille de spécification appropriée.

13.2 Diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 2,500 mm

Au moins quatre des cinq éprouvettes ne doivent pas subir de claquage à des tensions inférieures ou égales à celles qui sont données dans le Tableau 6.

Pour les diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs, la valeur correspondant au diamètre nominal immédiatement supérieur s'applique.

Tableau 6 – Tension de claquage

Diamètre nominal du conducteur mm	Tension minimale de claquage (valeur efficace) V					
	Grade 1 et grade 1B		Grade 2 et grade 2B		Grade 3	
	Température ambiante	Température élevée	Température ambiante	Température élevée	Température ambiante	Température élevée
0,250	2 100	1 600	3 900	2 900	5 500	4 100
0,280	2 200	1 700	4 000	3 000	5 800	4 400
0,315	2 200	1 700	4 100	3 100	6 100	4 600
0,355	2 300	1 700	4 300	3 200	6 400	4 800
0,400	2 300	1 700	4 400	3 300	6 600	5 000
0,450	2 300	1 700	4 400	3 300	6 800	5 100
0,500	2 400	1 800	4 600	3 500	7 000	5 300
0,560	2 500	1 900	4 600	3 500	7 100	5 300
0,630	2 600	2 000	4 800	3 600	7 100	5 300
0,710	2 600	2 000	4 800	3 600	7 200	5 400
0,800	2 600	2 000	4 900	3 700	7 400	5 600
0,900	2 700	2 000	5 000	3 800	7 600	5 700
1,000 jusques et y compris 2, 500	2 700	2 000	5 000	3 800	7 600	5 700

NOTE—Pour les diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs, il convient d'utiliser la valeur correspondant au diamètre nominal immédiatement supérieur.

13.3 Diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 2,500 mm

Au moins quatre des cinq éprouvettes ne doivent pas subir de claquage à des tensions inférieures ou égales à celles qui sont données dans le Tableau 7.

Tableau 7 – Tension de claquage

Diamètre nominal du conducteur mm	Tension minimale de claquage (valeur efficace) V					
	Grade 1 et grade 1B		Grade 2 et grade 2B		Grade 3	
	Température ambiante	Température élevée	Température ambiante	Température élevée	Température ambiante	Température élevée
Supérieur à 2 500	1 300	1 000	2 500	1 900	3 800	2 900

14 Continuité de l'isolant (diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 1,600 mm)

Le nombre de défauts pour 30 m de fil ne doit pas dépasser les valeurs du Tableau 8.

Tableau 8 – Continuité de l'isolant

Diamètre nominal du conducteur mm		Nombre maximal de défauts pour 30 m		
Supérieur à	Jusques et y compris	Grade 1 et grade 1B	Grade 2 et grade 2B	Grade 3
–	1,600	25	10	5

15 Indice de température

L'essai doit être réalisé conformément à la CEI 60172 ~~sur des éprouvettes non imprégnées dont le diamètre nominal du conducteur est de 1,000 mm, grade 2.~~

L'indice de température ne doit pas être inférieur à celui donné dans la feuille de spécification appropriée, et la durée de vie mesurée à la température d'essai la plus basse ne doit pas être inférieure à 5 000 h.

Si l'acheteur le demande, le fournisseur de fils émaillés doit fournir la preuve que le fil satisfait aux exigences pour l'indice de température.

NOTE Les exigences relatives à l'indice de température basées sur une durée de vie extrapolée de 20 000 h s'appliquent à des fils émaillés n'ayant pas reçu d'imprégnation et non pas comme à un élément d'un système d'isolation. La température en degrés Celsius correspondant à l'indice de température n'est pas nécessairement celle à laquelle il est recommandé d'utiliser le fil et cela dépendra de beaucoup de facteurs, y compris du type d'équipement considéré.

16 Résistance aux réfrigérants

Pour les exigences, voir la feuille de spécification appropriée.

17 Aptitude au brasage

L'essai ne s'applique pas.

18 Adhérence par chaleur ou par solvant

Pour les exigences, voir la feuille de spécification appropriée.

19 Facteur de dissipation diélectrique

Pour les exigences, voir la feuille de spécification appropriée.

20 Résistance à l'huile de transformateur

Pour les exigences, voir la feuille de spécification appropriée.

21 Perte de masse

Pour les exigences, voir la feuille de spécification appropriée.

23 Détection des microfissures en immersion

Exigences à l'étude.

30 Conditionnement

Le type de conditionnement peut avoir une influence sur certaines propriétés du fil, par exemple l'effet ressort. Par conséquent, le type de conditionnement, par exemple le type de la bobine de livraison, doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

Le fil doit être enroulé régulièrement et de façon compacte sur les bobines ou placé dans des fûts. Aucune bobine ou fût ne doit contenir plus d'une longueur de fil, sauf accord entre l'acheteur et le fournisseur. Quand il y a plus d'une longueur, l'identification portée sur l'étiquette et/ou le repérage des différentes longueurs doivent faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

Quand les fils sont fournis en couronnes, les dimensions et les poids maximaux de ces couronnes doivent faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur. Toute protection supplémentaire des couronnes doit également faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

Des étiquettes doivent être fixées à chaque unité d'emballage conformément à l'accord préalable entre l'utilisateur et le fournisseur et doivent indiquer les informations suivantes:

- a) le nom du fabricant et/ou la marque commerciale;
- b) le type de fil et d'isolant, par exemple le nom commercial et/ou le numéro de la spécification de la CEI;
- c) la masse nette de fil;
- d) la ou les dimensions nominales du fil et le grade de l'isolant;
- e) la date de fabrication.

Annexe A (informative)

Dimensions pour les diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs (R 40)

La présente annexe couvre les diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs qui peuvent être choisis par l'utilisateur pour des raisons techniques uniquement.

Les exigences concernant le diamètre extérieur minimal peuvent être utilisées à la place des diamètres extérieurs maximaux figurant dans le Tableau A.1 ou A.2, à condition d'être fondées sur les accroissements minimaux.

A.1 Fils émaillés sans couche adhérente

Tableau A.1 – Dimensions pour les fils émaillés (R 40)

Diamètre nominal du conducteur mm	Tolérance du conducteur ± mm	Accroissement minimal dû à l'isolant mm			Diamètre extérieur maximal mm		
		Grade 1	Grade 2	Grade 3	Grade 1	Grade 2	Grade 3
0,265	0,004	0,018	0,033	0,050	0,297	0,314	0,330
0,300	0,004	0,019	0,035	0,053	0,334	0,352	0,369
0,335	0,004	0,020	0,038	0,057	0,372	0,391	0,408
0,375	0,005	0,021	0,040	0,060	0,414	0,434	0,453
0,425	0,005	0,022	0,042	0,064	0,466	0,488	0,508
0,475	0,005	0,024	0,045	0,067	0,519	0,541	0,562
0,530	0,006	0,025	0,047	0,071	0,576	0,600	0,623
0,600	0,006	0,027	0,050	0,075	0,649	0,674	0,698
0,670	0,007	0,028	0,053	0,080	0,722	0,749	0,774
0,750	0,008	0,030	0,056	0,085	0,805	0,834	0,861
0,850	0,009	0,032	0,060	0,090	0,909	0,939	0,968
0,950	0,010	0,034	0,063	0,095	1,012	1,044	1,074
1,060	0,011	0,034	0,065	0,098	1,124	1,157	1,188
1,180	0,012	0,035	0,067	0,100	1,246	1,279	1,311
1,320	0,013	0,036	0,069	0,103	1,388	1,422	1,455
1,500	0,015	0,038	0,071	0,107	1,570	1,606	1,640
1,700	0,017	0,039	0,073	0,110	1,772	1,809	1,844
1,900	0,019	0,040	0,075	0,113	1,974	2,012	2,048
2,120	0,021	0,041	0,077	0,116	2,196	2,235	2,272
2,360	0,024	0,042	0,079	0,119	2,438	2,478	2,516
2,650	0,027	0,043	0,081	0,123	2,730	2,772	2,811
3,000	0,030	0,045	0,084	0,127	3,083	3,126	3,166
3,350	0,034	0,046	0,086	0,130	3,435	3,479	3,521
3,750	0,038	0,047	0,089	0,134	3,838	3,883	3,926
4,250	0,043	0,049	0,092	0,138	4,341	4,387	4,431
4,750	0,048	0,050	0,094	0,142	4,843	4,891	4,936

~~NOTE Les comités nationaux peuvent utiliser les exigences concernant le diamètre extérieur minimal, à condition qu'elles soient établies en fonction des accroissements minimaux.~~

A.2 Fils émaillés avec une couche adhérente

Tableau A.2 – Dimensions pour les fils émaillés avec une couche adhérente (R 40)

Diamètre nominal du conducteur mm	Tolérance du conducteur ± mm	Accroissement minimal de la sous-couche mm		Accroissement minimal de la couche adhérente mm	Diamètre extérieur maximal mm	
		Grade 1B	Grade 2B		Grade 1B	Grade 2B
0,265	0,004	0,018	0,033	0,013	0,316	0,333
0,300	0,004	0,019	0,035	0,014	0,354	0,372
0,335	0,004	0,020	0,038	0,015	0,393	0,412
0,375	0,005	0,021	0,040	0,016	0,436	0,456
0,425	0,005	0,022	0,042	0,016	0,489	0,511
0,475	0,005	0,024	0,045	0,017	0,543	0,565
0,530	0,006	0,025	0,047	0,017	0,600	0,624
0,600	0,006	0,027	0,050	0,018	0,674	0,699
0,670	0,007	0,028	0,053	0,019	0,748	0,775
0,750	0,008	0,030	0,056	0,020	0,832	0,861
0,850	0,009	0,032	0,060	0,020	0,937	0,967
0,950	0,010	0,034	0,063	0,021	1,041	1,073
1,060	0,011	0,034	0,065	0,022	1,154	1,187
1,180	0,012	0,035	0,067	0,022	1,276	1,309
1,320	0,013	0,036	0,069	0,023	1,419	1,453
1,500	0,015	0,038	0,071	0,023	1,602	1,638
1,700	0,017	0,039	0,073	0,024	1,805	1,842
1,900	0,019	0,040	0,075	0,025	2,008	2,046

~~NOTE Les comités nationaux peuvent utiliser les exigences concernant le diamètre extérieur minimal, à condition qu'elles soient établies en fonction des accroissements minimaux.~~

Annexe B (informative)

Méthode pour le calcul de la résistance linéique

Les valeurs limites de la résistance électrique sont calculées sur les bases suivantes:

B.1 Pour diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 1,000 mm

Les valeurs minimale et maximale de la résistance sont calculées respectivement à partir ~~des~~
~~valeurs minimale et maximale de la valeur nominale~~ de la résistivité en tenant compte pour
chaque diamètre du conducteur de la tolérance dimensionnelle sur ce diamètre.

La résistance linéique est calculée à partir de

$$R_{\min} = \rho_{\min} \times q_{\text{nom}}^{-1} (\Omega \cdot \text{m}^{-1})$$

$$R_{\max} = \rho_{\max} \times q_{\text{nom}}^{-1} (\Omega \cdot \text{m}^{-1})$$

où

$$\rho_{\min} = 1/36,2 \, \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1};$$

$$\rho_{\max} = 1/35,5 \, \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1};$$

q est la section droite du conducteur en millimètres carrés.

$$R_{\min} = \rho_{\min} \times q_{\max}^{-1} (\Omega \cdot \text{m}^{-1})$$

$$R_{\max} = \rho_{\max} \times q_{\min}^{-1} (\Omega \cdot \text{m}^{-1})$$

où:

$$\rho_{\min} = 1/36,2 \, \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1};$$

$$\rho_{\max} = 1/35,5 \, \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1};$$

q est la section droite du conducteur, en millimètres carrés.

où

$q_{\max}$ est la section droite maximale du conducteur, en millimètres carrés, calculée à partir du diamètre nominal du conducteur moins la tolérance dimensionnelle;

$q_{\min}$ est la section droite minimale du conducteur, en millimètres carrés, calculée à partir du diamètre nominal du conducteur plus la tolérance dimensionnelle.

Annexe C (informative)

Résistance

Les valeurs de la résistance nominale **figurant dans le Tableau C.1** sont données uniquement à titre d'information. Elles sont calculées sur le diamètre nominal du conducteur avec une résistivité nominale de $1/35,85 \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$.

Les valeurs minimale et maximale de la résistance pour les diamètres nominaux des conducteurs jusque et y compris 1,000 mm sont dérivées de calculs effectués conformément à l'Annexe B.

Tableau C.1 – Résistances électriques

Diamètre nominal du conducteur mm	Résistance à 20 °C Ω/m			Diamètre nominal du conducteur mm	Résistance nominale Ω/mm
	Minimale	Nominale	Maximale		
0,250	0,5452	0,5683	0,5927	1,120	0,02831
0,280	0,4361	0,4530	0,4708	1,250	0,02273
0,315	0,3456	0,3579	0,3708	1,400	0,01812
0,355	0,2729	0,2818	0,2911	1,600	0,01387
0,400	0,2144	0,2220	0,2299	1,800	0,01096
0,450	0,1699	0,1754	0,1811	2,000	0,008879
0,500	0,1379	0,1421	0,1464	2,240	0,007078
0,560	0,1098	0,1133	0,1169	2,500	0,005683
0,630	0,08695	0,08948	0,09211	2,800	0,004530
0,710	0,06842	0,07045	0,07257	3,150	0,003579
0,800	0,05387	0,05549	0,05718	3,550	0,002818
0,900	0,04257	0,04385	0,04518	4,000	0,002220
1,000	0,03448	0,03552	0,03659	4,500	0,001754
				5,000	0,001421

Bibliographie

~~CEI 60317-25, Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage — Partie 25: Fil de section circulaire en aluminium émaillé avec polyester ou polyesterimide et avec surcouche polyamide-imide, classe 200~~

FINAL VERSION

VERSION FINALE

**Specifications for particular types of winding wires –
Part 0-3: General requirements – Enamelled round aluminium wire**

**Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage –
Partie 0-3: Exigences générales – Fil de section circulaire en aluminium émaillé**

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references.....	7
3 Terms, definitions, general notes and appearance.....	7
3.1 Definitions	7
3.2 General notes.....	8
3.2.1 Methods of test.....	8
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	11
4.3 Minimum increase in diameter due to the insulation and the bonding layer.....	11
4.3.1 Enamelled wires without a bonding layer	11
4.3.2 Enamelled wires with a bonding layer	11
4.4 Maximum overall diameter	11
4.4.1 Enamelled wires without a bonding layer	11
4.4.2 Enamelled wires with a bonding layer	11
5 Electrical resistance.....	12
6 Elongation	12
7 Springiness.....	12
8 Flexibility and adherence	12
8.1 Mandrel winding test (nominal conductor diameters up to and including 1,600 mm).....	12
8.2 Stretching test (nominal conductor diameters over 1,000 mm).....	12
8.3 Jerk test (nominal conductor diameters up to and including 1,000 mm)	13
8.4 Peel test (nominal conductor diameters over 1,000 mm)	13
9 Heat shock	13
9.1 Nominal conductor diameters up to and including 1,600 mm	13
9.2 Nominal conductor diameters over 1,600 mm.....	13
10 Cut-through	13
11 Resistance to abrasion	13
12 Resistance to solvents	13
13 Breakdown voltage	13
13.1 General	13
13.2 Nominal conductor diameters up to and including 2,500 mm	14
13.3 Nominal conductor diameters over 2,500 mm.....	14
14 Continuity of insulation (nominal conductor diameters up to and including 1,600 mm).....	15
15 Temperature index.....	15
16 Resistance to refrigerants	15
17 Solderability.....	15

18	Heat or solvent bonding	15
19	Dielectric dissipation factor	15
20	Resistance to transformer oil	15
21	Loss of mass	16
23	Pin hole test	16
30	Packaging	16
Annex A (informative) Dimensions for intermediate nominal conductor diameter (R 40)		17
Annex B (informative) Method for the calculation of linear resistance		19
Annex C (informative) Resistance		20
Table 1 – Dimensions of enamelled wires (R 20)		10
Table 2 – Dimensions of enamelled wires with a bonding layer (R 20)		11
Table 3 – Elongation		12
Table 4 – Mandrel winding		12
Table 5 – Heat shock		13
Table 6 – Breakdown voltage		14
Table 7 – Breakdown voltage		14
Table 8 – Continuity of insulation		15
Table A.1 – Dimensions of enamelled wires (R 40)		17
Table A.2 – Dimensions of enamelled wires with a bonding layer (R 40)		18
Table C.1 – Electrical resistances		20

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SPECIFICATIONS FOR PARTICULAR TYPES OF WINDING WIRES –

**Part 0-3: General requirements –
Enamelled round aluminium 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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

This Consolidated version of IEC 60317-0-3 bears the edition number 3.1. It consists of the third edition (2008) [documents 55/1056/FDIS et 55/1068/RVD] and its amendment 1 (2012) [documents 55/1405/FDIS and 55/1426/RVD]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.

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

This publication has been prepared for user convenience.

International Standard IEC 60317-0-3 has been prepared by IEC technical committee 55: Winding wires.

Technical changes from the previous edition include clarification to appearance requirements, revisions to the wire size ranges applicable to the flexibility and adherence tests, and clarification that pin hole test requirements are under consideration.

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

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

This standard is to be read in conjunction with the IEC 60851 series. The clause numbers used in this part of IEC 60317 are identical with the respective test numbers of IEC 60851.

In case of inconsistencies between IEC 60851 and this part of IEC 60317, the latter shall prevail.

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

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

INTRODUCTION

This part of IEC 60317 is one of a series that deals with insulated wires used for windings in electrical equipment. The series has three groups describing

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

SPECIFICATIONS FOR PARTICULAR TYPES OF WINDING WIRES –

Part 0-3: General requirements – Enamelled round aluminium wire

1 Scope

This part of IEC 60317 specifies the general requirements of enamelled round aluminium winding wires with or without a bonding layer.

The range of nominal conductor diameters is given in the relevant specification sheet.

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

IEC 60317 (all parts), *Specifications for particular types of winding wires*

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

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

3 Terms, definitions, general notes and appearance

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

3.1 Definitions

3.1.1

bonding layer

material which is deposited on an enamelled wire and which has the specific function of bonding wires together

3.1.2

class

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

3.1.3

coating

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

3.1.4

conductor

the bare metal after removal of the insulation

3.1.5

crack

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

3.1.6

dual coating

insulation composed of two different materials, an underlying and a superimposed coating

3.1.7

enamelled wire

wire coated with an insulation of cured resin

3.1.8

grade

the range of thickness of the insulation of a wire

3.1.9

insulation

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

3.1.10

nominal conductor dimension

designation of the conductor size in accordance with the IEC 60317 series

3.1.11

normal vision

20/20 vision, with corrective lenses, if necessary

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

3.2 General notes

3.2.1 Methods of test

All methods of test to be used for this part of IEC 60317 are given in IEC 60851.

The clause numbers used in this standard are identical with the respective test numbers of IEC 60851.

In case of inconsistencies between the publication on methods of test and this standard, IEC 60317-0-3 shall prevail.

Where no specific range of nominal conductor diameters is given for a test, the test applies to all nominal conductor diameters covered by the specification sheet.

Unless otherwise specified, all tests shall be carried out at a temperature from 15 °C to 35 °C and a relative humidity from 45 % to 75 %. Before measurements are made, the specimens shall be preconditioned under these atmospheric conditions for a time sufficient to allow the specimens to reach stability.

The wire to be tested shall be removed from the packaging in such a way that the wire will not be subjected to tension or unnecessary bends. Before each test, sufficient wire should be discarded to ensure that any damaged wire is not included in the test specimens.

3.2.2 Winding wire

See the relevant specification sheet.

In addition, when reference is made to a winding wire according to a standard of the IEC 60317 series mentioned under Clause 2, the following information is given in the description:

- reference to IEC specification;
- nominal conductor diameter in millimetres;
- grade.

EXAMPLE IEC 60317-1 – 0,500 Grade 2

3.3 Appearance

The film coating shall be essentially smooth and continuous, free from streaks, blisters and foreign material 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 0,10 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 Tables 1 and 2.

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 Annex A.

The conductor diameter shall not differ from the nominal diameter by more than the limit given in Tables 1 or 2.

For intermediate nominal conductor diameters, the minimum increase figure corresponding to the next larger nominal conductor diameter applies.

Table 1 – Dimensions of enamelled wires (R 20)

Nominal conductor diameter mm	Conductor tolerance ± mm	Minimum increase due to the insulation mm			Maximum overall diameter mm		
		Grade 1	Grade 2	Grade 3	Grade 1	Grade 2	Grade 3
0,250	0,004	0,017	0,032	0,048	0,281	0,297	0,312
0,280	0,004	0,018	0,033	0,050	0,312	0,329	0,345
0,315	0,004	0,019	0,035	0,053	0,349	0,367	0,384
0,355	0,004	0,020	0,038	0,057	0,392	0,411	0,428
0,400	0,005	0,021	0,040	0,060	0,439	0,459	0,478
0,450	0,005	0,022	0,042	0,064	0,491	0,513	0,533
0,500	0,005	0,024	0,045	0,067	0,544	0,566	0,587
0,560	0,006	0,025	0,047	0,071	0,606	0,630	0,653
0,630	0,006	0,027	0,050	0,075	0,679	0,704	0,728
0,710	0,007	0,028	0,053	0,080	0,762	0,789	0,814
0,800	0,008	0,030	0,056	0,085	0,855	0,884	0,911
0,900	0,009	0,032	0,060	0,090	0,959	0,989	1,018
1,000	0,010	0,034	0,063	0,095	1,062	1,094	1,124
1,120	0,011	0,034	0,065	0,098	1,184	1,217	1,248
1,250	0,013	0,035	0,067	0,100	1,316	1,349	1,381
1,400	0,014	0,036	0,069	0,103	1,468	1,502	1,535
1,600	0,016	0,038	0,071	0,107	1,670	1,706	1,740
1,800	0,018	0,039	0,073	0,110	1,872	1,909	1,944
2,000	0,020	0,040	0,075	0,113	2,074	2,112	2,148
2,240	0,022	0,041	0,077	0,116	2,316	2,355	2,392
2,500	0,025	0,042	0,079	0,119	2,578	2,618	2,656
2,800	0,028	0,043	0,081	0,123	2,880	2,922	2,961
3,150	0,032	0,045	0,084	0,127	3,233	3,276	3,316
3,550	0,036	0,046	0,086	0,130	3,635	3,679	3,721
4,000	0,040	0,047	0,089	0,134	4,088	4,133	4,176
4,500	0,045	0,049	0,092	0,138	4,591	4,637	4,681
5,000	0,050	0,050	0,094	0,142	5,093	5,141	5,186
NOTE The dimensions of intermediate nominal conductor diameters for R 40 series are given in Annex A.							

Table 2 – Dimensions of enamelled wires with a bonding layer (R 20)

Nominal conductor diameter mm	Conductor tolerance ± mm	Minimum increase underlying coating mm		Minimum increase bonding layer mm	Maximum overall diameter mm	
		Grade 1B	Grade 2B		Grade 1B	Grade 2B
0,250	0,004	0,017	0,032	0,013	0,300	0,316
0,280	0,004	0,018	0,033	0,013	0,331	0,348
0,315	0,004	0,019	0,035	0,014	0,369	0,387
0,355	0,004	0,020	0,038	0,015	0,413	0,432
0,400	0,005	0,021	0,040	0,016	0,461	0,481
0,450	0,005	0,022	0,042	0,016	0,514	0,536
0,500	0,005	0,024	0,045	0,017	0,568	0,590
0,560	0,006	0,025	0,047	0,017	0,630	0,654
0,630	0,006	0,027	0,050	0,018	0,704	0,729
0,710	0,007	0,028	0,053	0,019	0,788	0,815
0,800	0,008	0,030	0,056	0,020	0,882	0,911
0,900	0,009	0,032	0,060	0,020	0,987	1,017
1,000	0,010	0,034	0,063	0,021	1,091	1,123
1,120	0,011	0,034	0,065	0,022	1,214	1,247
1,250	0,013	0,035	0,067	0,022	1,346	1,379
1,400	0,014	0,036	0,069	0,023	1,499	1,533
1,600	0,016	0,038	0,071	0,023	1,702	1,738
1,800	0,018	0,039	0,073	0,024	1,905	1,942
2,000	0,020	0,040	0,075	0,025	2,108	2,146

NOTE The dimensions of intermediate nominal conductor diameters for R 40 series are given in Annex A.

4.2 Out of roundness of conductor

The difference between the minimum and maximum diameter, at any one point, shall not be more than the figure given in column 2 of Table 1 or Table 2.

4.3 Minimum increase in diameter due to the insulation and the bonding layer

4.3.1 Enamelled wires without a bonding layer

The minimum increase in diameter due to the insulation shall not be less than the values given in Table 1.

4.3.2 Enamelled wires with a bonding layer

The minimum increase in diameter due to the insulation including the bonding layer shall not be less than the values given in Table 2.

4.4 Maximum overall diameter

4.4.1 Enamelled wires without a bonding layer

The maximum overall diameter shall not exceed the values given in Table 1.

4.4.2 Enamelled wires with a bonding layer

The maximum overall diameter shall not exceed the values given in Table 2.

5 Electrical resistance

No resistance values are specified.

By agreement between purchaser and supplier, resistance measurements may be made for nominal conductor diameters up to and including 1,000 mm. In case of such an agreement, the resistance at 20 °C shall be within the limits given in Annex C.

NOTE The nominal resistance is given in Annex C.

6 Elongation

The elongation at fracture and tensile strength shall not be less than the value given in Table 3.

Table 3 – Elongation

Nominal conductor diameter mm		Elongation minimum	Tensile strength minimum
Over	Up to and including	%	N·mm ⁻²
–	0,400	10	90
0,400	1,000	12	90
1,000	2,000	15	80
2,000	5,000	15	70

7 Springiness

Test appropriate but no requirements specified.

8 Flexibility and adherence

8.1 Mandrel winding test (nominal conductor diameters up to and including 1,600 mm)

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

Table 4 – Mandrel winding

Nominal conductor diameter mm		Mandrel diameter
Over	Up to and including	
–	1,600	3d*
*d is the nominal diameter of the wire.		

8.2 Stretching test (nominal conductor diameters over 1,000 mm)

The coating shall show no crack after the wire has been elongated 15 %.

8.3 Jerk test (nominal conductor diameters up to and including 1,000 mm)

The coating shall show no crack or loss of adhesion.

8.4 Peel test (nominal conductor diameters over 1,000 mm)

Test appropriate but no requirements specified.

9 Heat shock

9.1 Nominal conductor diameters up to and including 1,600 mm

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

Table 5 – Heat shock

Nominal conductor diameter mm		Mandrel diameter
Over	Up to and including	
–	1,600	3d*
*d is the nominal diameter of the wire.		

9.2 Nominal conductor diameters over 1,600 mm

The coating shall show no crack after having been elongated 15 %. The minimum heat shock temperature is given in the relevant specification sheet.

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

Standard solvent

Using a pencil of hardness "H" the coating shall not be removed.

13 Breakdown voltage

13.1 General

The wire shall meet the requirements given in 13.2 and 13.3, respectively, when tested at room temperature and at elevated temperature when this is required by the purchaser.

The elevated temperature is given in the relevant specification sheet.

13.2 Nominal conductor diameters up to and including 2,500 mm

At least four of the five specimens tested shall not break down at a voltage less than or equal to that given in Table 6.

For intermediate nominal conductor diameters, the figure of the next larger nominal conductor diameter applies.

Table 6 – Breakdown voltage

Nominal conductor diameter mm	Minimum breakdown voltage (r.m.s. value) V					
	Grade 1 and grade 1B		Grade 2 and grade 2B		Grade 3	
	Room temperature	Elevated temperature	Room temperature	Elevated temperature	Room temperature	Elevated temperature
0,250	2 100	1 600	3 900	2 900	5 500	4 100
0,280	2 200	1 700	4 000	3 000	5 800	4 400
0,315	2 200	1 700	4 100	3 100	6 100	4 600
0,355	2 300	1 700	4 300	3 200	6 400	4 800
0,400	2 300	1 700	4 400	3 300	6 600	5 000
0,450	2 300	1 700	4 400	3 300	6 800	5 100
0,500	2 400	1 800	4 600	3 500	7 000	5 300
0,560	2 500	1 900	4 600	3 500	7 100	5 300
0,630	2 600	2 000	4 800	3 600	7 100	5 300
0,710	2 600	2 000	4 800	3 600	7 200	5 400
0,800	2 600	2 000	4 900	3 700	7 400	5 600
0,900	2 700	2 000	5 000	3 800	7 600	5 700
1,000 up to and including 2,500	2 700	2 000	5 000	3 800	7 600	5 700

13.3 Nominal conductor diameters over 2,500 mm

At least four of the five specimens tested shall not break down at a voltage less than or equal to that given in Table 7.

Table 7 – Breakdown voltage

Nominal conductor diameter mm	Minimum breakdown voltage (r.m.s. value) V					
	Grade 1 and grade 1B		Grade 2 and grade 2B		Grade 3	
	Room temperature	Elevated temperature	Room temperature	Elevated temperature	Room temperature	Elevated temperature
Over 2 500	1 300	1 000	2 500	1 900	3 800	2 900

14 Continuity of insulation (nominal conductor diameters up to and including 1,600 mm)

The number of faults per 30 m of wire shall not exceed the values given in Table 8.

Table 8 – Continuity of insulation

Nominal conductor diameter mm		Maximum number of fault per 30 m		
Over	Up to and including	Grade 1 and grade 1B	Grade 2 and grade 2B	Grade 3
–	1,600	25	10	5

15 Temperature index

The test shall be carried out in accordance with IEC 60172.

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

When required by a purchaser, the supplier of the enamelled wire shall supply evidence that the wire meets the requirements for the temperature index.

NOTE The temperature index based on an extrapolated life of 20 000 h relates to enamelled wires tested unvarnished and not as part of an insulation system. The temperature in degrees Celsius corresponding to the temperature index is not necessarily that at which it is recommended that the wire be operated and this will depend on many factors, including the type of equipment involved.

16 Resistance to refrigerants

For requirements, see the relevant specification sheet.

17 Solderability

Test inappropriate.

18 Heat or solvent bonding

For requirements, see the relevant specification sheet.

19 Dielectric dissipation factor

For requirements, see the relevant specification sheet.

20 Resistance to transformer oil

For requirements, see the relevant specification sheet.

21 Loss of mass

For requirements, see the relevant specification sheet.

23 Pin hole test

Requirements under consideration.

30 Packaging

The kind of packaging may influence certain properties of the wire, for example springback. Therefore the kind of packaging, for example the type of spool, shall be agreed between purchaser 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 agreed to by purchaser and supplier. Marking of the label when there is more than one length and/or identification of the separate lengths in the package shall be agreed to by purchaser and supplier.

Where wires are delivered in coils, the dimensions and the maximum weights of such coils shall be agreed between purchaser and supplier. Any additional protection for coils shall also be agreed between purchaser and supplier.

Labels shall be attached to each packaging unit as agreed between supplier and user and shall include the following information:

- a) manufacturer's name and/or trade mark;
- b) type of wire and insulation, for instance trade name and/or IEC specification number;
- c) net mass of wire;
- d) nominal dimension(s) of wire and grade of insulation;
- e) date of manufacture.

Annex A (informative)

Dimensions for intermediate nominal conductor diameters (R 40)

This annex covers those intermediate nominal conductor diameters from which the user may select intermediate sizes only for technical reasons.

Minimum overall diameter requirements may be used in lieu of the maximum overall diameters in Table A.1 or A.2 provided they are based on the minimum increases.

A.1 Enamelled wires without a bonding layer

Table A.1 – Dimensions of enamelled wires (R 40)

Nominal conductor diameter mm	Conductor tolerance $\pm$ mm	Minimum increase due to the insulation mm			Maximum overall diameter mm		
		Grade 1	Grade 2	Grade 3	Grade 1	Grade 2	Grade 3
0,265	0,004	0,018	0,033	0,050	0,297	0,314	0,330
0,300	0,004	0,019	0,035	0,053	0,334	0,352	0,369
0,335	0,004	0,020	0,038	0,057	0,372	0,391	0,408
0,375	0,005	0,021	0,040	0,060	0,414	0,434	0,453
0,425	0,005	0,022	0,042	0,064	0,466	0,488	0,508
0,475	0,005	0,024	0,045	0,067	0,519	0,541	0,562
0,530	0,006	0,025	0,047	0,071	0,576	0,600	0,623
0,600	0,006	0,027	0,050	0,075	0,649	0,674	0,698
0,670	0,007	0,028	0,053	0,080	0,722	0,749	0,774
0,750	0,008	0,030	0,056	0,085	0,805	0,834	0,861
0,850	0,009	0,032	0,060	0,090	0,909	0,939	0,968
0,950	0,010	0,034	0,063	0,095	1,012	1,044	1,074
1,060	0,011	0,034	0,065	0,098	1,124	1,157	0,188
1,180	0,012	0,035	0,067	0,100	1,246	1,279	1,311
1,320	0,013	0,036	0,069	0,103	1,388	1,422	1,455
1,500	0,015	0,038	0,071	0,107	1,570	1,606	1,640
1,700	0,017	0,039	0,073	0,110	1,772	1,809	1,844
1,900	0,019	0,040	0,075	0,113	1,974	2,012	2,048
2,120	0,021	0,041	0,077	0,116	2,196	2,235	2,272
2,360	0,024	0,042	0,079	0,119	2,438	2,478	2,516
2,650	0,027	0,043	0,081	0,123	2,730	2,772	2,811
3,000	0,030	0,045	0,084	0,127	3,083	3,126	3,166
3,350	0,034	0,046	0,086	0,130	3,435	3,479	3,521
3,750	0,038	0,047	0,089	0,134	3,838	3,883	3,926
4,250	0,043	0,049	0,092	0,138	4,341	4,387	4,431
4,750	0,048	0,050	0,094	0,142	4,843	4,891	4,936

A.2 Enamelled wires with a bonding layer

Table A.2 – Dimensions of enamelled wires with a bonding layer (R 40)

Nominal conductor diameter mm	Conductor tolerance ± mm	Maximum increase underlying coating mm		Minimum increase bonding layer mm	Maximum overall diameter mm	
		Grade 1B	Grade 2B		Grade 1B	Grade 2B
0,265	0,004	0,018	0,033	0,013	0,316	0,333
0,300	0,004	0,019	0,035	0,014	0,354	0,372
0,335	0,004	0,020	0,038	0,015	0,393	0,412
0,375	0,005	0,021	0,040	0,016	0,436	0,456
0,425	0,005	0,022	0,042	0,016	0,489	0,511
0,475	0,005	0,024	0,045	0,017	0,543	0,565
0,530	0,006	0,025	0,047	0,017	0,600	0,624
0,600	0,006	0,027	0,050	0,018	0,674	0,699
0,670	0,007	0,028	0,053	0,019	0,748	0,775
0,750	0,008	0,030	0,056	0,020	0,832	0,861
0,850	0,009	0,032	0,060	0,020	0,937	0,967
0,950	0,010	0,034	0,063	0,021	1,041	1,073
1,060	0,011	0,034	0,065	0,022	1,154	1,187
1,180	0,012	0,035	0,067	0,022	1,276	1,309
1,320	0,013	0,036	0,069	0,023	1,419	1,453
1,500	0,015	0,038	0,071	0,023	1,602	1,638
1,700	0,017	0,039	0,073	0,024	1,805	1,842
1,900	0,019	0,040	0,075	0,025	2,008	2,046

Annex B (informative)

Method for the calculation of linear resistance

The limits of electrical resistance are calculated on the following basis:

B.1 For nominal conductor diameters up to and including 1,000 mm

The minimum and the maximum values of resistance are calculated from the nominal value of the resistivity by taking into account for each conductor diameter the relevant dimensional tolerance.

The linear resistance is calculated from

$$R_{\min} = \rho_{\min} \times q^{-1}_{\max} (\Omega \cdot \text{m}^{-1})$$

$$R_{\max} = \rho_{\max} \times q^{-1}_{\min} (\Omega \cdot \text{m}^{-1})$$

where:

$$\rho_{\min} = 1/36,2 \, \Omega \, \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1};$$

$$\rho_{\max} = 1/35,5 \, \Omega \, \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1};$$

q is the cross-section of the conductor, in square millimetres.

where

$q_{\max}$ is the maximum cross-section of the conductor in square millimetres, calculated from the nominal conductor diameter minus the dimensional tolerance;

$q_{\min}$ is the minimum cross-section of the conductor in square millimetres, calculated from the nominal conductor diameter plus the dimensional tolerance.

Annex C (informative)

Resistance

The figures for nominal resistance in Table C.1 are given for information only. They are calculated on the basis of the nominal conductor diameter and a nominal resistivity of $1/35,85 \, \Omega \, \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$.

The minimum and maximum resistance figures for nominal conductor diameter up to and including 1,000 mm are derived from calculations made according to Annex B.

Table C.1 – Electrical resistances

Nominal conductor diameter mm	Resistance at 20 °C Ω/m		
	Minimum	Nominal	Maximum
0,250	0,5452	0,5683	0,5927
0,280	0,4361	0,4530	0,4708
0,315	0,3456	0,3579	0,3708
0,355	0,2729	0,2818	0,2911
0,400	0,2144	0,2220	0,2299
0,450	0,1699	0,1754	0,1811
0,500	0,1379	0,1421	0,1464
0,560	0,1098	0,1133	0,1169
0,630	0,08695	0,08948	0,09211
0,710	0,06842	0,07045	0,07257
0,800	0,05387	0,05549	0,05718
0,900	0,04257	0,04385	0,04518
1,000	0,03448	0,03552	0,03659

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	24
INTRODUCTION.....	26
1 Domaine d'application.....	27
2 Références normatives	27
3 Termes, définitions, notes générales et aspect.....	27
3.1 Définitions	27
3.2 Notes générales	28
3.2.1 Méthodes d'essai	28
3.2.2 Fils de bobinage	29
3.3 Aspect.....	29
4 Dimensions.....	29
4.1 Diamètre du conducteur.....	29
4.2 Ovalisation du conducteur.....	31
4.3 Accroissement minimal de diamètre dû à l'isolant et à la couche adhérente.....	31
4.3.1 Fils émaillés sans couche adhérente.....	31
4.3.2 Fils émaillés avec une couche adhérente	31
4.4 Diamètre extérieur maximal	32
4.4.1 Fils émaillés sans couche adhérente.....	32
4.4.2 Fils émaillés avec une couche adhérente	32
5 Résistance électrique.....	32
6 Allongement	32
7 Effet ressort.....	32
8 Souplesse et adhérence.....	32
8.1 Essai d'enroulement sur mandrin (diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 1,600 mm)	32
8.2 Essai d'allongement (diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 1,000 mm)	33
8.3 Essai de traction brusque (diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 1,000 mm).....	33
8.4 Essai d'adhérence (diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 1,000 mm)	33
9 Choc thermique	33
9.1 Diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 1,600 mm	33
9.2 Diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 1,600 mm	33
10 Thermoplasticité	33
11 Résistance à l'abrasion.....	34
12 Résistance aux solvants	34
13 Tension de claquage.....	34
13.1 Généralités.....	34
13.2 Diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 2,500 mm	34
13.3 Diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 2,500 mm	35
14 Continuité de l'isolant (diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 1,600 mm)	35
15 Indice de température	35
16 Résistance aux réfrigérants	35

17	Aptitude au brasage	35
18	Adhérence par chaleur ou par solvant	36
19	Facteur de dissipation diélectrique	36
20	Résistance à l'huile de transformateur	36
21	Perte de masse	36
23	Détection des microfissures en immersion	36
30	Conditionnement	36
Annexe A (informative) Dimensions pour les diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs (R 40)		37
Annexe B (informative) Méthode pour le calcul de la résistance linéique		39
Annexe C (informative) Résistance		40
Tableau 1 – Dimensions pour les fils émaillés (R 20)		30
Tableau 2 – Dimensions pour les fils émaillés avec une couche adhérente (R 20)		31
Tableau 3 – Allongement		32
Tableau 4 – Enroulement sur mandrin		33
Tableau 5 – Choc thermique		33
Tableau 6 – Tension de claquage		34
Tableau 7 – Tension de claquage		35
Tableau 8 – Continuité de l'isolant		35
Tableau A.1 – Dimensions pour les fils émaillés (R 40)		37
Tableau A.2 – Dimensions pour les fils émaillés avec une couche adhérente (R 40)		38
Tableau C.1 – Résistances électriques		40

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SPÉCIFICATIONS POUR TYPES PARTICULIERS DE FILS DE BOBINAGE –

Partie 0-3: Exigences générales – Fil de section circulaire en aluminium émaillé

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

Cette version consolidée de la CEI 60317-0-3 porte le numéro d'édition 3.1. Elle comprend la troisième édition (2008) [documents 55/1056/FDIS et 55/1068/RVD] et son amendement 1 (2013) [documents 55/1405/FDIS et 55/1426/RVD]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à son amendement.

Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par l'amendement 1. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.

Cette publication a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

La Norme internationale CEI 60317-0-3 a été établie par le comité d'études 55 de la CEI: Fils de bobinage.

Les changements techniques par rapport à l'édition précédente comprennent une clarification concernant les exigences sur l'aspect, des révisions sur les gammes des dimensions des fils s'appliquant aux essais de souplesse et d'adhérence, et une clarification expliquant que les exigences relatives à la détection des microfissures en immersion sont à l'étude.

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

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

Cette norme doit être lue conjointement avec la série CEI 60851. Les numéros d'articles dans la présente partie de la CEI 60317 sont identiques aux numéros d'essais respectifs de la CEI 60851.

En cas de divergences entre la CEI 60851 et la présente partie de la CEI 60317, cette dernière prévaut.

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

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

INTRODUCTION

La présente partie de la CEI 60317 constitue l'un des éléments d'une série traitant des fils isolés utilisés dans les enroulements des appareils électriques. La série comporte trois groupes définissant respectivement

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

SPECIFICATIONS POUR TYPES PARTICULIERS DE FILS DE BOBINAGE –

Partie 0-3: Exigences générales – Fil de section circulaire en aluminium émaillé

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60317 spécifie les exigences générales pour les fils de bobinage de section circulaire en aluminium émaillé avec ou sans une couche adhérente.

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

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).

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

CEI 60317 (toutes les parties), *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage*

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

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

3 Termes, définitions, notes générales et aspect

Pour les besoins du présent document, les termes, définitions et notes générales suivants sont applicables:

3.1 Définitions

3.1.1

couche adhérente

matériau qui est déposé sur un fil émaillé et qui a la fonction particulière de coller les fils entre eux

3.1.2

classe

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

3.1.3

revêtement

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

3.1.4

conducteur

métal nu après enlèvement de l'isolant

3.1.5

craquelure

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

3.1.6

double revêtement

isolant constitué de deux matériaux différents, l'un en sous-couche et l'autre en surcouche

3.1.7

fil émaillé

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

3.1.8

grade

gamme d'épaisseurs d'isolant d'un fil

3.1.9

isolant

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

3.1.10

dimension nominale du conducteur

désignation de la taille du conducteur selon la série CEI 60317

3.1.11

vision normale

vision parfaite (20/20), avec si nécessaire des lentilles correctives

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

3.2 Notes générales

3.2.1 Méthodes d'essai

Toutes les méthodes d'essai utilisées dans cette partie de la CEI 60317 sont présentées dans la CEI 60851.

Les numéros d'articles utilisés dans la présente norme sont identiques aux numéros d'essais respectifs de la CEI 60851.

En cas de divergences entre la publication relative aux méthodes d'essai et la présente norme, la CEI 60317-0-3 prévaut.

Dans le cas où aucune gamme des diamètres nominaux des conducteurs n'est donnée pour un essai, l'essai s'applique à tous les diamètres nominaux des conducteurs couverts par la feuille de spécification.

Sauf spécification contraire, tous les essais doivent être effectués à une température comprise entre 15 °C et 35 °C et à une humidité relative de 45 % à 75 %. Les éprouvettes doivent, avant exécution des mesures, être préconditionnées dans ces conditions atmosphériques pendant un temps suffisant pour que les éprouvettes atteignent la stabilité.

Le fil à essayer doit être prélevé de son conditionnement de façon qu'il ne soit pas soumis à une traction ou à des pliages inutiles. Avant chaque essai, il convient d'éliminer une longueur de fil suffisante pour être sûr qu'aucun fil endommagé n'est inclus parmi les éprouvettes d'essai.

3.2.2 Fil de bobinage

Voir la feuille de spécification appropriée.

De plus, quand il est fait référence à un fil de bobinage conforme à la série CEI 60317 indiquée dans l'Article 2, les informations suivantes sont données dans la description:

- la référence à la spécification CEI;
- le diamètre nominal du conducteur en millimètres;
- le grade.

EXEMPLE CEI 60317-1 – 0,500 Grade 2

3.3 Aspect

Le film de revêtement doit être lisse et continu, exempt de rayures, de bulles ou de tout autre matériel étranger quand il est examiné avec une vision normale, lorsqu'il est enroulé sur la bobine d'origine.

En cas d'accord entre l'utilisateur et le fournisseur, un grossissement de 6× à 10× doit être utilisé pour examiner les fils ayant un diamètre nominal inférieur à 0,10 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 dans les Tableaux 1 et 2.

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 à l'Annexe A.

Le diamètre du conducteur ne doit pas s'écarter du diamètre nominal d'une valeur supérieure à la tolérance donnée dans les Tableaux 1 ou 2.

Pour les diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs, la valeur de l'accroissement minimal correspondant à celui du diamètre nominal immédiatement supérieur s'applique.

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

Diamètre nominal du conducteur mm	Tolérance du conducteur ± mm	Accroissement minimal dû à l'isolant mm			Diamètre extérieur maximal mm		
		Grade 1	Grade 2	Grade 3	Grade 1	Grade 2	Grade 3
0,250	0,004	0,017	0,032	0,048	0,281	0,297	0,312
0,280	0,004	0,018	0,033	0,050	0,312	0,329	0,345
0,315	0,004	0,019	0,035	0,053	0,349	0,367	0,384
0,355	0,004	0,020	0,038	0,057	0,392	0,411	0,428
0,400	0,005	0,021	0,040	0,060	0,439	0,459	0,478
0,450	0,005	0,022	0,042	0,064	0,491	0,513	0,533
0,500	0,005	0,024	0,045	0,067	0,544	0,566	0,587
0,560	0,006	0,025	0,047	0,071	0,606	0,630	0,653
0,630	0,006	0,027	0,050	0,075	0,679	0,704	0,728
0,710	0,007	0,028	0,053	0,080	0,762	0,789	0,814
0,800	0,008	0,030	0,056	0,085	0,855	0,884	0,911
0,900	0,009	0,032	0,060	0,090	0,959	0,989	1,018
1,000	0,010	0,034	0,063	0,095	1,062	1,094	1,124
1,120	0,011	0,034	0,065	0,098	1,184	1,217	1,248
1,250	0,013	0,035	0,067	0,100	1,316	1,349	1,381
1,400	0,014	0,036	0,069	0,103	1,468	1,502	1,535
1,600	0,016	0,038	0,071	0,107	1,670	1,706	1,740
1,800	0,018	0,039	0,073	0,110	1,872	1,909	1,944
2,000	0,020	0,040	0,075	0,113	2,074	2,112	2,148
2,240	0,022	0,041	0,077	0,116	2,316	2,355	2,392
2,500	0,025	0,042	0,079	0,119	2,578	2,618	2,656
2,800	0,028	0,043	0,081	0,123	2,880	2,922	2,961
3,150	0,032	0,045	0,084	0,127	3,233	3,276	3,316
3,550	0,036	0,046	0,086	0,130	3,635	3,679	3,721
4,000	0,040	0,047	0,089	0,134	4,088	4,133	4,176
4,500	0,045	0,049	0,092	0,138	4,591	4,637	4,681
5,000	0,050	0,050	0,094	0,142	5,093	5,141	5,186
NOTE Les dimensions des diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs pour la série R 40 sont données à l'Annexe A.							

Tableau 2 – Dimensions pour les fils émaillés avec une couche adhérente (R 20)

Diamètre nominal du conducteur mm	Tolérance du conducteur ± mm	Accroissement minimal de la sous-couche mm		Accroissement minimal de la couche adhérente mm	Diamètre extérieur maximal mm	
		Grade 1B	Grade 2B		Grade 1B	Grade 2B
0,250	0,004	0,017	0,032	0,013	0,300	0,316
0,280	0,004	0,018	0,033	0,013	0,331	0,348
0,315	0,004	0,019	0,035	0,014	0,369	0,387
0,355	0,004	0,020	0,038	0,015	0,413	0,432
0,400	0,005	0,021	0,040	0,016	0,461	0,481
0,450	0,005	0,022	0,042	0,016	0,514	0,536
0,500	0,005	0,024	0,045	0,017	0,568	0,590
0,560	0,006	0,025	0,047	0,017	0,630	0,654
0,630	0,006	0,027	0,050	0,018	0,704	0,729
0,710	0,007	0,028	0,053	0,019	0,788	0,815
0,800	0,008	0,030	0,056	0,020	0,882	0,911
0,900	0,009	0,032	0,060	0,020	0,987	1,017
1,000	0,010	0,034	0,063	0,021	1,091	1,123
1,120	0,011	0,034	0,065	0,022	1,214	1,247
1,250	0,013	0,035	0,067	0,022	1,346	1,379
1,400	0,014	0,036	0,069	0,023	1,499	1,533
1,600	0,016	0,038	0,071	0,023	1,702	1,738
1,800	0,018	0,039	0,073	0,024	1,905	1,942
2,000	0,020	0,040	0,075	0,025	2,108	2,146

NOTE Les dimensions des diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs pour la série R 40 sont données à l'Annexe A.

4.2 Ovalisation du conducteur

En chaque point, la différence entre les diamètres minimal et maximal ne doit pas être supérieure à la valeur donnée dans la deuxième colonne des Tableaux 1 ou 2.

4.3 Accroissement minimal de diamètre dû à l'isolant et à la couche adhérente

4.3.1 Fils émaillés sans couche adhérente

L'accroissement minimal de diamètre dû à l'isolant ne doit pas être inférieur aux valeurs données dans le Tableau 1.

4.3.2 Fils émaillés avec une couche adhérente

L'accroissement minimal de diamètre dû à l'isolant et comprenant la couche adhérente ne doit pas être inférieur aux valeurs données dans le Tableau 2.

4.4 Diamètre extérieur maximal

4.4.1 Fils émaillés sans couche adhérente

Le diamètre extérieur maximal ne doit pas dépasser les valeurs données dans le Tableau 1.

4.4.2 Fils émaillés avec une couche adhérente

Le diamètre extérieur maximal ne doit pas dépasser les valeurs données dans le Tableau 2.

5 Résistance électrique

Aucune valeur de résistance électrique n'est spécifiée.

Après accord entre l'acheteur et le fournisseur, des mesures de résistance électrique peuvent être réalisées pour les diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 1,000 mm. Dans le cas d'un tel accord, la résistance électrique à 20 °C doit être comprise entre les limites données dans l'Annexe C.

NOTE La résistance électrique nominale est donnée à l'Annexe C.

6 Allongement

L'allongement à la rupture et la charge à la rupture ne doivent pas être inférieurs aux valeurs données dans le Tableau 3.

Tableau 3 – Allongement

Diamètre nominal du conducteur mm		Allongement minimal	Charge minimale à la rupture
Supérieur à	Jusques et y compris	%	N·mm ⁻²
–	0,400	10	90
0,400	1,000	12	90
1,000	2,000	15	80
2,000	5,000	15	70

7 Effet ressort

L'essai est applicable, mais aucune exigence n'est spécifiée.

8 Souplesse et adhérence

8.1 Essai d'enroulement sur mandrin (diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 1,600 mm)

Le revêtement ne doit pas montrer de craquelures après enroulement du fil sur le mandrin comme spécifié dans le Tableau 4.

Tableau 4 – Enroulement sur mandrin

Diamètre nominal du conducteur mm		Diamètre du mandrin
Supérieur à	Jusques et y compris	
–	1,600	3d*
*d est le diamètre nominal du conducteur.		

8.2 Essai d'allongement (diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 1,000 mm)

Le revêtement ne doit pas montrer de craquelures après allongement du fil de 15 %.

8.3 Essai de traction brusque (diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 1,000 mm)

Le revêtement ne doit présenter ni craquelure ni perte d'adhérence.

8.4 Essai d'adhérence (diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 1,000 mm)

L'essai est applicable, mais aucune exigence n'est spécifiée.

9 Choc thermique

9.1 Diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 1,600 mm

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

Tableau 5 – Choc thermique

Diamètre nominal du conducteur mm		Diamètre du mandrin
Supérieur à	Jusques et y compris	
–	1,600	3 d*
*d est le diamètre nominal du conducteur.		

9.2 Diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 1,600 mm

Le revêtement ne doit présenter aucune craquelure après allongement de 15 %. La température de choc thermique minimale est donnée dans la feuille de spécification appropriée.

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

Solvant normalisé

Le revêtement ne doit pas être enlevé par un crayon de dureté «H».

13 Tension de claquage

13.1 Généralités

Le fil doit satisfaire aux exigences spécifiées en 13.2 et 13.3, respectivement, lorsqu'il est essayé à la température ambiante, et à la température élevée quand cela est demandé par l'acheteur.

La température élevée est donnée dans la feuille de spécification appropriée.

13.2 Diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 2,500 mm

Au moins quatre des cinq éprouvettes ne doivent pas subir de claquage à des tensions inférieures ou égales à celles qui sont données dans le Tableau 6.

Pour les diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs, la valeur correspondant au diamètre nominal immédiatement supérieur s'applique.

Tableau 6 – Tension de claquage

Diamètre nominal du conducteur mm	Tension minimale de claquage (valeur efficace) V					
	Grade 1 et grade 1B		Grade 2 et grade 2B		Grade 3	
	Température ambiante	Température élevée	Température ambiante	Température élevée	Température ambiante	Température élevée
0,250	2 100	1 600	3 900	2 900	5 500	4 100
0,280	2 200	1 700	4 000	3 000	5 800	4 400
0,315	2 200	1 700	4 100	3 100	6 100	4 600
0,355	2 300	1 700	4 300	3 200	6 400	4 800
0,400	2 300	1 700	4 400	3 300	6 600	5 000
0,450	2 300	1 700	4 400	3 300	6 800	5 100
0,500	2 400	1 800	4 600	3 500	7 000	5 300
0,560	2 500	1 900	4 600	3 500	7 100	5 300
0,630	2 600	2 000	4 800	3 600	7 100	5 300
0,710	2 600	2 000	4 800	3 600	7 200	5 400
0,800	2 600	2 000	4 900	3 700	7 400	5 600
0,900	2 700	2 000	5 000	3 800	7 600	5 700
1,000 jusques et y compris 2, 500	2 700	2 000	5 000	3 800	7 600	5 700

13.3 Diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 2,500 mm

Au moins quatre des cinq éprouvettes ne doivent pas subir de claquage à des tensions inférieures ou égales à celles qui sont données dans le Tableau 7.

Tableau 7 – Tension de claquage

Diamètre nominal du conducteur mm	Tension minimale de claquage (valeur efficace) V					
	Grade 1 et grade 1B		Grade 2 et grade 2B		Grade 3	
	Température ambiante	Température élevée	Température ambiante	Température élevée	Température ambiante	Température élevée
Supérieur à 2 500	1 300	1 000	2 500	1 900	3 800	2 900

14 Continuité de l'isolant (diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 1,600 mm)

Le nombre de défauts pour 30 m de fil ne doit pas dépasser les valeurs du Tableau 8.

Tableau 8 – Continuité de l'isolant

Diamètre nominal du conducteur mm		Nombre maximal de défauts pour 30 m		
Supérieur à	Jusques et y compris	Grade 1 et grade 1B	Grade 2 et grade 2B	Grade 3
–	1,600	25	10	5

15 Indice de température

L'essai doit être réalisé conformément à la CEI 60172.

L'indice de température ne doit pas être inférieur à celui donné dans la feuille de spécification appropriée, et la durée de vie mesurée à la température d'essai la plus basse ne doit pas être inférieure à 5 000 h.

Si l'acheteur le demande, le fournisseur de fils émaillés doit fournir la preuve que le fil satisfait aux exigences pour l'indice de température.

NOTE Les exigences relatives à l'indice de température basées sur une durée de vie extrapolée de 20 000 h s'appliquent à des fils émaillés n'ayant pas reçu d'imprégnation et non pas comme à un élément d'un système d'isolation. La température en degrés Celsius correspondant à l'indice de température n'est pas nécessairement celle à laquelle il est recommandé d'utiliser le fil et cela dépendra de beaucoup de facteurs, y compris du type d'équipement considéré.

16 Résistance aux réfrigérants

Pour les exigences, voir la feuille de spécification appropriée.

17 Aptitude au brasage

L'essai ne s'applique pas.

18 Adhérence par chaleur ou par solvant

Pour les exigences, voir la feuille de spécification appropriée.

19 Facteur de dissipation diélectrique

Pour les exigences, voir la feuille de spécification appropriée.

20 Résistance à l'huile de transformateur

Pour les exigences, voir la feuille de spécification appropriée.

21 Perte de masse

Pour les exigences, voir la feuille de spécification appropriée.

23 Détection des microfissures en immersion

Exigences à l'étude.

30 Conditionnement

Le type de conditionnement peut avoir une influence sur certaines propriétés du fil, par exemple l'effet ressort. Par conséquent, le type de conditionnement, par exemple le type de la bobine de livraison, doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

Le fil doit être enroulé régulièrement et de façon compacte sur les bobines ou placé dans des fûts. Aucune bobine ou fût ne doit contenir plus d'une longueur de fil, sauf accord entre l'acheteur et le fournisseur. Quand il y a plus d'une longueur, l'identification portée sur l'étiquette et/ou le repérage des différentes longueurs doivent faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

Quand les fils sont fournis en couronnes, les dimensions et les poids maximaux de ces couronnes doivent faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur. Toute protection supplémentaire des couronnes doit également faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

Des étiquettes doivent être fixées à chaque unité d'emballage conformément à l'accord préalable entre l'utilisateur et le fournisseur et doivent indiquer les informations suivantes:

- a) le nom du fabricant et/ou la marque commerciale;
- b) le type de fil et d'isolant, par exemple le nom commercial et/ou le numéro de la spécification de la CEI;
- c) la masse nette de fil;
- d) la ou les dimensions nominales du fil et le grade de l'isolant;
- e) la date de fabrication.

Annexe A (informative)

Dimensions pour les diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs (R 40)

La présente annexe couvre les diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs qui peuvent être choisis par l'utilisateur pour des raisons techniques uniquement.

Les exigences concernant le diamètre extérieur minimal peuvent être utilisées à la place des diamètres extérieurs maximaux figurant dans le Tableau A.1 ou A.2, à condition d'être fondées sur les accroissements minimaux.

A.1 Fils émaillés sans couche adhérente

Tableau A.1 – Dimensions pour les fils émaillés (R 40)

Diamètre nominal du conducteur mm	Tolérance du conducteur ± mm	Accroissement minimal dû à l'isolant mm			Diamètre extérieur maximal mm		
		Grade 1	Grade 2	Grade 3	Grade 1	Grade 2	Grade 3
0,265	0,004	0,018	0,033	0,050	0,297	0,314	0,330
0,300	0,004	0,019	0,035	0,053	0,334	0,352	0,369
0,335	0,004	0,020	0,038	0,057	0,372	0,391	0,408
0,375	0,005	0,021	0,040	0,060	0,414	0,434	0,453
0,425	0,005	0,022	0,042	0,064	0,466	0,488	0,508
0,475	0,005	0,024	0,045	0,067	0,519	0,541	0,562
0,530	0,006	0,025	0,047	0,071	0,576	0,600	0,623
0,600	0,006	0,027	0,050	0,075	0,649	0,674	0,698
0,670	0,007	0,028	0,053	0,080	0,722	0,749	0,774
0,750	0,008	0,030	0,056	0,085	0,805	0,834	0,861
0,850	0,009	0,032	0,060	0,090	0,909	0,939	0,968
0,950	0,010	0,034	0,063	0,095	1,012	1,044	1,074
1,060	0,011	0,034	0,065	0,098	1,124	1,157	1,188
1,180	0,012	0,035	0,067	0,100	1,246	1,279	1,311
1,320	0,013	0,036	0,069	0,103	1,388	1,422	1,455
1,500	0,015	0,038	0,071	0,107	1,570	1,606	1,640
1,700	0,017	0,039	0,073	0,110	1,772	1,809	1,844
1,900	0,019	0,040	0,075	0,113	1,974	2,012	2,048
2,120	0,021	0,041	0,077	0,116	2,196	2,235	2,272
2,360	0,024	0,042	0,079	0,119	2,438	2,478	2,516
2,650	0,027	0,043	0,081	0,123	2,730	2,772	2,811
3,000	0,030	0,045	0,084	0,127	3,083	3,126	3,166
3,350	0,034	0,046	0,086	0,130	3,435	3,479	3,521
3,750	0,038	0,047	0,089	0,134	3,838	3,883	3,926
4,250	0,043	0,049	0,092	0,138	4,341	4,387	4,431
4,750	0,048	0,050	0,094	0,142	4,843	4,891	4,936

A.2 Fils émaillés avec une couche adhérente

Tableau A.2 – Dimensions pour les fils émaillés avec une couche adhérente (R 40)

Diamètre nominal du conducteur mm	Tolérance du conducteur ± mm	Accroissement minimal de la sous-couche mm		Accroissement minimal de la couche adhérente mm	Diamètre extérieur maximal mm	
		Grade 1B	Grade 2B		Grade 1B	Grade 2B
0,265	0,004	0,018	0,033	0,013	0,316	0,333
0,300	0,004	0,019	0,035	0,014	0,354	0,372
0,335	0,004	0,020	0,038	0,015	0,393	0,412
0,375	0,005	0,021	0,040	0,016	0,436	0,456
0,425	0,005	0,022	0,042	0,016	0,489	0,511
0,475	0,005	0,024	0,045	0,017	0,543	0,565
0,530	0,006	0,025	0,047	0,017	0,600	0,624
0,600	0,006	0,027	0,050	0,018	0,674	0,699
0,670	0,007	0,028	0,053	0,019	0,748	0,775
0,750	0,008	0,030	0,056	0,020	0,832	0,861
0,850	0,009	0,032	0,060	0,020	0,937	0,967
0,950	0,010	0,034	0,063	0,021	1,041	1,073
1,060	0,011	0,034	0,065	0,022	1,154	1,187
1,180	0,012	0,035	0,067	0,022	1,276	1,309
1,320	0,013	0,036	0,069	0,023	1,419	1,453
1,500	0,015	0,038	0,071	0,023	1,602	1,638
1,700	0,017	0,039	0,073	0,024	1,805	1,842
1,900	0,019	0,040	0,075	0,025	2,008	2,046

Annexe B (informative)

Méthode pour le calcul de la résistance linéique

Les valeurs limites de la résistance électrique sont calculées sur les bases suivantes:

B.1 Pour diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 1,000 mm

Les valeurs minimale et maximale de la résistance sont calculées respectivement à partir de la valeur nominale de la résistivité en tenant compte pour chaque diamètre du conducteur de la tolérance dimensionnelle sur ce diamètre.

La résistance linéique est calculée à partir de

$$R_{\min} = \rho_{\min} \times q^{-1}_{\max} (\Omega \cdot \text{m}^{-1})$$

$$R_{\max} = \rho_{\max} \times q^{-1}_{\min} (\Omega \cdot \text{m}^{-1})$$

où:

$$\rho_{\min} = 1/36,2 \, \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1};$$

$$\rho_{\max} = 1/35,5 \, \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1};$$

q est la section droite du conducteur, en millimètres carrés.

où

$q_{\max}$ est la section droite maximale du conducteur, en millimètres carrés, calculée à partir du diamètre nominal du conducteur moins la tolérance dimensionnelle;

$q_{\min}$ est la section droite minimale du conducteur, en millimètres carrés, calculée à partir du diamètre nominal du conducteur plus la tolérance dimensionnelle.

Annexe C (informative)

Résistance

Les valeurs de la résistance nominale figurant dans le Tableau C.1 sont données uniquement à titre d'information. Elles sont calculées sur le diamètre nominal du conducteur avec une résistivité nominale de $1/35,85 \, \Omega \, \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$.

Les valeurs minimale et maximale de la résistance pour les diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 1,000 mm sont dérivées de calculs effectués conformément à l'Annexe B.

Tableau C.1 – Résistances électriques

Diamètre nominal du conducteur	Résistance à 20 °C Ω/m		
	Minimale	Nominale	Maximale
mm			
0,250	0,5452	0,5683	0,5927
0,280	0,4361	0,4530	0,4708
0,315	0,3456	0,3579	0,3708
0,355	0,2729	0,2818	0,2911
0,400	0,2144	0,2220	0,2299
0,450	0,1699	0,1754	0,1811
0,500	0,1379	0,1421	0,1464
0,560	0,1098	0,1133	0,1169
0,630	0,08695	0,08948	0,09211
0,710	0,06842	0,07045	0,07257
0,800	0,05387	0,05549	0,05718
0,900	0,04257	0,04385	0,04518
1,000	0,03448	0,03552	0,03659

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

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

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