

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

**Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage –
Partie 0-1: Exigences générales – Fil de section circulaire en cuivre 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It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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.



IEC 60317-0-1

Edition 4.0 2013-10

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 29.060.10

ISBN 978-2-8322-1150-2

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

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references.....	7
3 Terms, definitions, general notes and appearance.....	7
3.1 Terms and definitions	7
3.2 General notes	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 (nominal conductor diameters over 0,063 mm).....	13
4.3 Minimum increase in diameter due to the insulation and the bonding layer (nominal conductor diameters over 0,063 mm)	13
4.3.1 Enamelled wires without a bonding layer	13
4.3.2 Enamelled wires with a bonding layer	13
4.3.3 Intermediate nominal conductor diameters	13
4.4 Maximum overall diameter	13
4.4.1 Enamelled wires without a bonding layer	13
4.4.2 Enamelled wires with a bonding layer	14
5 Electrical resistance.....	14
6 Elongation	15
7 Springiness.....	15
7.1 Nominal conductor diameters from 0,080 mm up to and including 1,600 mm	15
7.2 Nominal conductor diameters over 1,600 mm.....	15
8 Flexibility and adherence	17
8.1 Mandrel winding test (nominal conductor diameters up to and including 1,600 mm)	17
8.2 Stretching test (nominal conductor diameters over 1,600 mm).....	17
8.3 Jerk test (nominal conductor diameters up to and including 1,000 mm)	17
8.4 Peel test (nominal conductor diameters over 1,000 mm)	17
9 Heat shock	18
9.1 Nominal conductor diameters up to and including 1,600 mm.....	18
9.2 Nominal conductor diameters over 1,600 mm	18
10 Cut-through	19
11 Resistance to abrasion	19
12 Resistance to solvents	19
13 Breakdown voltage	19
13.1 General	19
13.2 Nominal conductor diameters up to and including 0,100 mm.....	19
13.3 Nominal conductor diameters over 0,100 mm up to and including 2,500 mm.....	21
13.4 Nominal conductor diameters over 2,500 mm	23
14 Continuity of insulation (nominal conductor diameters up to and including 1,600 mm)	24
15 Temperature index.....	24

16 Resistance to refrigerants	24
17 Solderability	24
18 Heat or solvent bonding	24
19 Dielectric dissipation factor	24
20 Resistance to transformer oil	24
21 Loss of mass	24
23 Pin hole test	25
30 Packaging.....	25
Annex A (informative) Dimensions for intermediate nominal conductor diameters (R 40)	26
Annex B (informative) Method for the calculation of linear resistance	30
Annex C (informative) Resistance.....	32
Bibliography	34
 Table 1 – Dimensions of enamelled wires (R 20) – Preferred nominal conductor diameters (1 of 2).....	10
Table 2 – Dimensions of enamelled wires with a bonding layer (R 20) – Preferred nominal conductor diameters (1 of 2).....	12
Table 3 – Electrical resistance.....	14
Table 4 – Elongation	15
Table 5 – Springiness.....	16
Table 6 – Mandrel winding.....	17
Table 7 – Heat shock	18
Table 8 – Breakdown voltage – Preferred nominal conductor diameters (R 20) (0,018 mm up to and including 0,100 mm)	20
Table 9 – Breakdown voltage – Intermediate nominal conductor diameters (R 40) (0,019 mm up to and including 0,095 mm)	21
Table 10 – Breakdown voltage – Preferred nominal conductor diameters (R 20) (0,112 mm up to and including 2,500 mm)	22
Table 11 – Breakdown voltage – Intermediate nominal conductor diameters (R 40) (0,106 mm up to and including 0,950 mm)	23
Table 12 – Breakdown voltage – Nominal conductor diameters over 2,500 mm	23
Table 13 – Continuity of insulation	24
Table 14 – Maximum number of pin holes.....	25
Table A.1 – Dimensions of enamelled wires (R 40) – Intermediate nominal conductor diameters (1 of 2).....	26
Table A.2 – Dimensions of enamelled wires with a bonding layer (R 40) – Intermediate nominal conductor diameters (1 of 2).....	28
Table B.1 – Ratios.....	31
Table C.1 – Electrical resistances – Nominal conductor diameters over 0,063 mm up to and including 1,000 mm (1 of 2)	32

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SPECIFICATIONS FOR PARTICULAR TYPES OF WINDING WIRES –

Part 0-1: General requirements – Enamelled round copper wire

FOREWORD

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

International Standard IEC 60317-0-1 has been prepared by IEC technical committee 55: Winding wires.

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2008. This edition constitutes a technical revision.

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

- revision to the definition of nominal conductor dimension;
- new subclause containing general notes on winding wire, formerly a part of the scope;
- revision to elongation requirements in Table 4;
- revisions to Clause 13, Breakdown voltage, to include new requirements for intermediate wire diameters;

- revision to continuity of insulation requirements in Table 13;
- revision to the introduction of Annex A;
- revision to B.2 of Annex B;
- revision to Table C.1 of Annex C.

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 the IEC 60851 series.

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

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

FDIS	Report on voting
55/1409/FDIS	55/1430/RVD

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

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

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

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

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

INTRODUCTION

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

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

SPECIFICATIONS FOR PARTICULAR TYPES OF WINDING WIRES –

Part 0-1: General requirements – Enamelled round copper wire

1 Scope

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

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

2 Normative references

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

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

IEC 60851 (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 and definitions apply.

3.1 Terms and 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

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

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

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

sole coating

insulation composed of one material

3.1.13

winding wire

wire used for winding a coil to provide a magnetic field

3.1.14

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 the IEC 60851 series.

The clause numbers used in this standard are identical to the corresponding test numbers in the IEC 60851 series of standards.

In case of inconsistencies between the publication on methods of test and this standard, IEC 60317-0-1 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 0,1 mm.

4 Dimensions

4.1 Conductor diameter

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

**Table 1 – Dimensions of enamelled wires (R 20) –
Preferred nominal conductor diameters (1 of 2)**

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
0,018		0,002	0,004	0,006	0,022	0,024	0,026
0,020		0,002	0,004	0,007	0,024	0,027	0,030
0,022		0,002	0,005	0,008	0,027	0,030	0,033
0,025		0,003	0,005	0,008	0,031	0,034	0,037
0,028		0,003	0,006	0,009	0,034	0,038	0,042
0,032		0,003	0,007	0,010	0,039	0,043	0,047
0,036		0,004	0,008	0,011	0,044	0,049	0,053
0,040		0,004	0,008	0,012	0,049	0,054	0,058
0,045		0,005	0,009	0,013	0,055	0,061	0,066
0,050		0,005	0,010	0,014	0,060	0,066	0,072
0,056		0,006	0,011	0,015	0,067	0,074	0,081
0,063		0,006	0,012	0,017	0,076	0,083	0,090
0,071	0,003	0,007	0,012	0,018	0,084	0,091	0,098
0,080	0,003	0,007	0,014	0,020	0,094	0,101	0,108
0,090	0,003	0,008	0,015	0,022	0,105	0,113	0,120
0,100	0,003	0,008	0,016	0,023	0,117	0,125	0,132
0,112	0,003	0,009	0,017	0,026	0,130	0,139	0,147
0,125	0,003	0,010	0,019	0,028	0,144	0,154	0,163
0,140	0,003	0,011	0,021	0,030	0,160	0,171	0,181
0,160	0,003	0,012	0,023	0,033	0,182	0,194	0,205
0,180	0,003	0,013	0,025	0,036	0,204	0,217	0,229
0,200	0,003	0,014	0,027	0,039	0,226	0,239	0,252
0,224	0,003	0,015	0,029	0,043	0,252	0,266	0,280
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

Table 1 (2 of 2)

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
0,560	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 Minimum overall diameter up to and inclusive of 0,060 mm is calculated from the maximum resistance value for each corresponding diameter of Table 3, then adding the minimum increase due to the insulation.							

Table 2 – Dimensions of enamelled wires with a bonding layer (R 20) – Preferred nominal conductor diameters (1 of 2)

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
0,020		0,002	0,004	0,002	0,026	0,029
0,022		0,002	0,005	0,002	0,030	0,033
0,025		0,003	0,005	0,002	0,034	0,037
0,028		0,003	0,006	0,003	0,038	0,042
0,032		0,003	0,007	0,003	0,044	0,048
0,036		0,004	0,008	0,003	0,050	0,055
0,040		0,004	0,008	0,003	0,055	0,060
0,045		0,005	0,009	0,003	0,062	0,068
0,050		0,005	0,010	0,003	0,068	0,074
0,056		0,006	0,011	0,003	0,075	0,082
0,063		0,006	0,012	0,005	0,085	0,092
0,071	0,003	0,007	0,012	0,005	0,094	0,101
0,080	0,003	0,007	0,014	0,005	0,105	0,112
0,090	0,003	0,008	0,015	0,005	0,117	0,125
0,100	0,003	0,008	0,016	0,005	0,129	0,137
0,112	0,003	0,009	0,017	0,008	0,143	0,152
0,125	0,003	0,010	0,019	0,009	0,158	0,168
0,140	0,003	0,011	0,021	0,010	0,175	0,186
0,160	0,003	0,012	0,023	0,010	0,197	0,209
0,180	0,003	0,013	0,025	0,010	0,220	0,233
0,200	0,003	0,014	0,027	0,011	0,243	0,256
0,224	0,003	0,015	0,029	0,012	0,270	0,284
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

Table 2 (2 of 2)

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
0,630	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 Minimum overall diameter up to and inclusive of 0,060 mm is calculated from the maximum resistance value for each corresponding diameter of Table 3, then adding the minimum increase due to the insulation, plus minimum increase due to the bonding layer.

4.2 Out of roundness of conductor (nominal conductor diameters over 0,063 mm)

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 (nominal conductor diameters over 0,063 mm)

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.

4.3.3 Intermediate nominal conductor diameters

For intermediate nominal conductor diameters, the minimum increase figure corresponding to the next larger nominal conductor diameter in Table 1 or Table 2 shall apply.

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

For nominal conductor diameters up to and including 0,280 mm the resistance at 20 °C shall be within the limits given in Table 3.

By agreement between purchaser and supplier, resistance measurements may be made for nominal conductor diameters over 0,0280 mm. In case of such an agreement, the resistance at 20 °C shall be within the limits given in Annex C.

Table 3 – Electrical resistance

Nominal conductor diameter mm	Resistance Ω/m		
	Minimum	Nominal	Maximum
0,018	60,46	67,18	73,89
0,020	48,97	54,41	59,85
0,022	40,47	44,97	49,47
0,025	31,34	34,82	38,31
0,028	24,99	27,76	30,54
0,032	19,13	21,25	23,38
0,036	15,282	16,79	18,305
0,040	12,379	13,60	14,827
0,045	9,781	10,75	11,715
0,050	7,922	8,706	9,489
0,056	6,316	6,940	7,565
0,063	4,990	5,484	5,977
0,071	3,929	4,318	4,706
0,080	3,133	3,401	3,703
0,090	2,495	2,687	2,900
0,100	2,034	2,176	2,333
0,112	1,632	1,735	1,848
0,125	1,317	1,393	1,475
0,140	1,055	1,110	1,170
0,160	0,812 2	0,850 2	0,890 6
0,180	0,644 4	0,671 8	0,700 7
0,200	0,523 7	0,544 1	0,565 7
0,224	0,418 8	0,433 8	0,449 5
0,250	0,334 5	0,348 2	0,362 8
0,280	0,267 6	0,277 6	0,288 2
NOTE 1 Values for nominal conductor diameter up to and including 0,071 mm are calculated according to B.1 of Annex B.			
NOTE 2 Values for nominal conductor diameters above 0,071 mm are calculated according to B.2 of Annex B.			
NOTE 3 Nominal resistance values are provided for information only and are calculated according to Annex C.			

6 Elongation

The elongation at fracture shall not be less than the value given in Table 4.

Table 4 – Elongation

Nominal conductor diameter mm	Elongation minimum %	Nominal conductor diameter mm	Elongation minimum %	Nominal conductor diameter mm	Elongation minimum %
0,018	5	0,180	23	1,800	34
0,020	6	0,200	24	2,000	34
0,022	6	0,224	24	2,240	35
0,025	7	0,250	25	2,500	35
0,028	7	0,280	26	2,800	36
0,032	8	0,315	26	3,150	36
0,036	8	0,355	27	3,550	36
0,040	10	0,400	27	4,000	37
0,045	12	0,450	28	4,500	37
0,050	14	0,500	28	5,000	38
0,056	15	0,560	29		
0,063	16	0,630	29		
0,071	17	0,710	30		
0,080	17	0,800	30		
0,090	18	0,900	31		
0,100	19	1,000	32		
0,112	20	1,120	32		
0,125	20	1,250	33		
0,140	21	1,400	33		
0,160	22	1,600	33		

For intermediate nominal conductor diameters, the elongation value of the next larger nominal conductor diameter shall be taken.

7 Springiness

7.1 Nominal conductor diameters from 0,080 mm up to and including 1,600 mm

The wire shall not exceed the maximum springback as given in Table 5, when tested on the mandrel required using the specified tension.

7.2 Nominal conductor diameters over 1,600 mm

The wire shall not exceed the maximum springback of 5 degrees.

Table 5 – Springiness

Nominal conductor diameter mm	Mandrel diameter mm	Tension N	Maximum springback Degrees		
			Grade 1	Grade 2 and grade 1B	Grade 3 and grade 2B
0,080 0,090 0,100	5	0,25	70 67 64	80 77 73	100 94 90
0,112 0,125 0,140	7	0,50	64 62 59	73 70 67	88 84 79
0,160 0,180 0,200	10	1,0	59 57 54	67 65 62	78 75 72
0,224 0,250 0,280	12,5	2,0	51 49 47	59 56 53	68 65 61
0,315 0,355 0,400	19	4,0	50 48 45	55 53 50	62 59 55
0,450 0,500 0,560	25	8,0	44 43 41	48 47 44	53 51 48
0,630 0,710 0,800	37,5	12,0	46 44 41	50 47 43	53 50 46
0,900 1,000 1,120 1,250 1,400 1,600	50	15,0	45 42 39 35 32 28	48 45 41 37 34 30	51 47 43 39 36 32
For intermediate nominal conductor diameters, the springback figure of the next larger nominal diameter shall be taken.					

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 elongated as specified in Table 6 and wound on the appropriate mandrel.

Table 6 – Mandrel winding

Nominal conductor diameter mm		Elongation before winding on mandrel %	Mandrel diameter mm
Above	Up to and including		
–	0,050	20 ^a	0,150
0,050	0,063	15 ^a	0,150
0,063	0,080	10	0,150
0,080	0,112	5	0,150
0,112	0,140	0	0,150
0,140	1,600	0	d^b
^a Or to the breaking-point of copper, whichever is less.			
^b d = nominal conductor diameter of the wire.			

8.2 Stretching test (nominal conductor diameters over 1,600 mm)

The coating shall show no crack after the wire has been elongated 32 %.

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)

The coating shall show no loss of adhesion after the specimen has been subjected to the number of revolutions R required by its nominal conductor diameter d_{nom} :

$$R = \frac{K}{d_{\text{nom}}} \text{ rounded down to a whole number of revolutions.}$$

The constant K used for the calculation is given in the relevant specification sheet.

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 7. The minimum heat shock temperature is given in the relevant specification sheet.

Table 7 – Heat shock

Nominal conductor diameter mm	Mandrel diameter mm
0,160	0,250
0,180	0,280
0,200	0,315
0,224	0,355
0,250	0,400
0,280	0,630
0,315	0,710
0,355	0,800
0,400	0,900
0,450	1,000
0,500	1,120
0,560	1,250
0,630	1,400
0,710	1,600
0,800	1,800
0,900	2,000
1,000	2,240
1,120	3,550
1,250	4,000
1,400	4,500
1,600	5,000
For nominal conductor diameters up to and including 0,140 mm, Table 6 shall be applied.	
For intermediate nominal conductor diameters, the mandrel diameter of the next smaller nominal conductor diameter shall be taken.	

9.2 Nominal conductor diameters over 1,600 mm

The coating shall show no crack after having been elongated 25 %. The minimum heat shock temperature is given in the relevant specification sheet.

10 Cut-through

For requirements, the relevant specification sheet applies.

11 Resistance to abrasion

For requirements, the relevant specification sheet applies.

12 Resistance to solvents

Following immersion in standard solvent, the coating shall not be removed using a pencil of hardness "H".

13 Breakdown voltage

13.1 General

The wire shall meet the requirements given in 13.2, 13.3 and 13.4, 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 0,100 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 8 for preferred nominal conductor diameters corresponding to series R 20 and in Table 9 for intermediate nominal conductor diameters corresponding to series R 40.

For other intermediate nominal conductor diameters, the value of the next larger nominal conductor diameter shall apply.

**Table 8 – Breakdown voltage – Preferred nominal conductor diameters (R 20)
(0,018 mm up to and including 0,100 mm)**

Nominal conductor diameter mm	Minimum breakdown voltage at room temperature (r.m.s. value) V		
	Grade 1 and grade 1B	Grade 2 and grade 2B	Grade 3
0,018	110	225	350
0,020	120	250	410
0,022	130	275	470
0,025	150	300	470
0,028	170	325	530
0,032	190	375	590
0,036	225	425	650
0,040	250	475	710
0,045	275	550	710
0,050	300	600	830
0,056	325	650	890
0,063	375	700	1 020
0,071	425	700	1 100
0,080	425	850	1 200
0,090	500	900	1 300
0,100	500	950	1 400

**Table 9 – Breakdown voltage – Intermediate nominal conductor diameters (R 40)
(0,019 mm up to and including 0,095 mm)**

Nominal conductor diameter mm	Minimum breakdown voltage at room temperature (r.m.s. value) V		
	Grade 1 and grade 1B	Grade 2 and grade 2B	Grade 3
0,019	115	240	380
0,021	125	265	440
0,024	145	290	470
0,027	165	315	510
0,030	180	350	560
0,034	210	400	620
0,038	240	450	680
0,043	265	520	710
0,048	290	580	780
0,053	315	625	860
0,060	355	680	960
0,067	400	700	1 060
0,075	425	765	1 140
0,085	465	875	1 250
0,095	500	925	1 350

NOTE Values are derived through linear interpolation of the values in Table 8.

13.3 Nominal conductor diameters over 0,100 mm 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 10 for preferred nominal conductor diameters corresponding to series R 20, and in Table 11 for intermediate nominal conductor diameters corresponding to series R 40. For other intermediate nominal conductor diameters, the value of the next larger nominal conductor diameter shall apply.

**Table 10 – Breakdown voltage – Preferred nominal conductor diameters (R 20)
(0,112 mm up to and including 2,500 mm)**

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
0,112	1 300	1 000	2 700	2 000	3 900	2 900
0,125	1 500	1 100	2 800	2 100	4 100	3 100
0,140	1 600	1 200	3 000	2 300	4 200	3 200
0,160	1 700	1 300	3 200	2 400	4 400	3 300
0,180	1 700	1 300	3 300	2 500	4 700	3 500
0,200	1 800	1 400	3 500	2 600	5 100	3 800
0,224	1 900	1 400	3 700	2 800	5 200	3 900
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

**Table 11 – Breakdown voltage – Intermediate nominal conductor diameters (R 40)
(0,106 mm up to and including 0,950 mm)**

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
0,106	1 200	950	2 650	1 950	3 800	2 800
0,118	1 400	1 050	2 750	2 050	4 000	3 000
0,132	1 550	1 150	2 900	2 200	4 150	3 150
0,150	1 650	1 250	3 100	2 350	4 300	3 250
0,170	1 700	1 300	3 250	2 450	4 550	3 400
0,190	1 750	1 350	3 400	2 550	4 900	3 650
0,212	1 850	1 400	3 600	2 700	5 150	3 850
0,236	2 000	1 500	3 800	2 850	5 350	4 000
0,265	2 150	1 650	3 950	2 950	5 650	4 250
0,300	2 200	1 700	4 050	3 050	5 950	4 500
0,335	2 250	1 700	4 200	3 150	6 250	4 700
0,375	2 300	1 700	4 350	3 250	6 500	4 900
0,425	2 300	1 700	4 400	3 300	6 700	5 050
0,475	2 350	1 750	4 500	3 400	6 900	5 200
0,530	2 450	1 850	4 600	3 500	7 050	5 300
0,600	2 550	1 950	4 700	3 550	7 100	5 300
0,670	2 600	2 000	4 800	3 600	7 150	5 350
0,750	2 600	2 000	4 850	3 650	7 300	5 500
0,850	2 650	2 000	4 950	3 750	7 500	5 650
0,950	2 700	2 000	5 000	3 800	7 600	5 700
NOTE Values are derived through linear interpolation of the values in Table 10.						

13.4 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 12.

Table 12 – Breakdown voltage – Nominal conductor diameters over 2,500 mm

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 13.

Table 13 – Continuity of insulation

Nominal conductor diameter mm		Maximum number of faults per 30 m		
Over	Up to and including	Grade 1 and grade 1B	Grade 2 and grade 2B	Grade 3
–	0,050	40	10	–
0,050	0,080	40	5	3
0,080	0,125	30	5	3
0,125	1,600	10	5	3

15 Temperature index

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

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

16 Resistance to refrigerants

For requirements the relevant specification sheet applies.

17 Solderability

For requirements, the relevant specification sheet applies.

18 Heat or solvent bonding

For requirements, the relevant specification sheet applies.

19 Dielectric dissipation factor

For requirements, the relevant specification sheet applies.

20 Resistance to transformer oil

For requirements, the relevant specification sheet applies.

21 Loss of mass

For requirements, the relevant specification sheet applies.

23 Pin hole test

By agreement between purchaser and supplier, a pin hole test may be made.

In case of such an agreement, the number of pin holes present shall be within the limits given in Table 14.

Table 14 – Maximum number of pin holes

Enamel grade	Standard	Polyurethane
Grade 1	5	8
Grade 2	3	5
Grade 3	2	3
NOTE Polyurethane enamelled wires include those covered in IEC 60317-2, IEC 60317-4, IEC 60317-19, IEC 60317-20, IEC 60317-21, IEC 60317-23, IEC 60317-35, IEC 60317-36, IEC 60317-51 and IEC 60317-55.		

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:

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

Annex A (informative)

Dimensions for intermediate nominal conductor diameters (R 40)

This annex provides intermediate nominal conductor diameters from which the user may select intermediate sizes only for technical reasons. Table A.1 shows the dimensions of enamelled wires (R 40) without a bonding layer. Table A.2 shows the dimensions of enamelled wires (R 40) with a bonding layer.

**Table A.1 – Dimensions of enamelled wires (R 40) –
Intermediate nominal conductor diameters (1 of 2)**

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
0,019		0,002	0,004	0,007	0,023	0,026	0,028
0,021		0,002	0,004	0,007	0,026	0,028	0,031
0,024		0,002	0,005	0,008	0,029	0,032	0,035
0,027		0,003	0,005	0,009	0,033	0,036	0,040
0,030		0,003	0,006	0,009	0,037	0,041	0,044
0,034		0,003	0,006	0,010	0,041	0,046	0,050
0,038		0,004	0,008	0,011	0,046	0,051	0,055
0,043		0,004	0,009	0,012	0,052	0,058	0,063
0,048		0,005	0,010	0,014	0,059	0,064	0,069
0,053		0,005	0,010	0,015	0,064	0,070	0,076
0,060		0,006	0,011	0,016	0,072	0,079	0,085
0,067	0,003	0,007	0,012	0,018	0,080	0,088	0,095
0,075	0,003	0,007	0,013	0,020	0,089	0,095	0,102
0,085	0,003	0,008	0,014	0,021	0,100	0,107	0,114
0,095	0,003	0,008	0,016	0,023	0,111	0,119	0,126
0,106	0,003	0,009	0,017	0,026	0,123	0,132	0,140
0,118	0,003	0,010	0,019	0,028	0,136	0,145	0,154
0,132	0,003	0,011	0,021	0,030	0,152	0,162	0,171
0,150	0,003	0,012	0,023	0,033	0,171	0,182	0,193
0,170	0,003	0,013	0,025	0,036	0,194	0,205	0,217
0,190	0,003	0,014	0,027	0,039	0,216	0,228	0,240
0,212	0,003	0,015	0,029	0,043	0,240	0,254	0,268
0,236	0,004	0,017	0,032	0,048	0,267	0,283	0,298
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	0,360
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

Table A.1 (2 of 2)

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
0,600	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 Minimum overall diameter up to and inclusive of 0,060 mm is calculated from the maximum resistance value for each corresponding diameter of Table 3, then adding the minimum increase due to the insulation.							

**Table A.2 – Dimensions of enamelled wires with a bonding layer (R 40) –
Intermediate nominal conductor diameters (1 of 2)**

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		mm	mm
0,021		0,002	0,004	0,002	0,029	0,031
0,024		0,002	0,005	0,002	0,032	0,035
0,027		0,003	0,005	0,002	0,037	0,040
0,030		0,003	0,006	0,003	0,042	0,044
0,034		0,003	0,007	0,003	0,047	0,052
0,038		0,004	0,008	0,003	0,052	0,057
0,043		0,004	0,009	0,003	0,059	0,065
0,048		0,005	0,010	0,003	0,067	0,073
0,053		0,005	0,010	0,003	0,072	0,078
0,060		0,006	0,011	0,003	0,081	0,088
0,067	0,003	0,007	0,012	0,005	0,090	0,098
0,075	0,003	0,007	0,013	0,005	0,100	0,106
0,085	0,003	0,008	0,015	0,005	0,112	0,119
0,095	0,003	0,008	0,016	0,005	0,123	0,131
0,106	0,003	0,008	0,017	0,005	0,136	0,145
0,118	0,003	0,010	0,019	0,009	0,150	0,159
0,132	0,003	0,011	0,021	0,010	0,167	0,177
0,150	0,003	0,012	0,023	0,010	0,186	0,197
0,170	0,003	0,013	0,025	0,010	0,210	0,221
0,190	0,003	0,014	0,027	0,011	0,233	0,245
0,212	0,003	0,015	0,029	0,012	0,258	0,272
0,236	0,004	0,017	0,032	0,013	0,286	0,302
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

Table A.2 (2 of 2)

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
0,670	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 Minimum overall diameter up to and inclusive of 0,060 mm is calculated from the maximum resistance value for each corresponding diameter of Table 3, then adding the minimum increase due to the insulation, plus the minimum increase due to the bonding layer.						

Annex B (informative)

Method for the calculation of linear resistance

B.1 For nominal conductor diameters up to and including 0,071 mm

The values of the ratios:

$K_{\min}$ of the minimum resistance to the nominal resistance, and

$K_{\max}$ of the maximum resistance to the nominal resistance

are given for each nominal conductor diameter.

The linear resistance is calculated from:

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

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

where

$K_{\min}$ and $K_{\max}$ have the values given in Table B.1;

ρ_{nom} is $1/58,5 \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$;

q_{nom} is the cross-section of the conductor in square millimetres, calculated from d_{nom} by

$$q_{\text{nom}} = \frac{\pi}{4} \times d_{\text{nom}}^2$$

Table B.1 – Ratios

d_{nom} mm	K_{min}	K_{max}
0,018	0,900	1,100
0,020	0,900	1,100
0,022	0,900	1,100
0,025	0,900	1,100
0,028	0,900	1,100
0,032	0,900	1,100
0,036	0,910	1,090
0,040	0,910	1,090
0,045	0,910	1,090
0,050	0,910	1,090
0,056	0,910	1,090
0,063	0,910	1,090
0,071	0,910	1,090

B.2 For nominal conductor diameters over 0,071 mm up to and including 0,280 mm

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

The linear resistance is calculated from:

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

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

where

$$\rho_{\text{min}} = 1/59 \, \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1};$$

$$\rho_{\text{max}} = 1/58 \, \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1};$$

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 $1/58,5 \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$.

The minimum and maximum resistance limits for nominal conductor diameter over 0,071 mm up to and including 1,000 mm are derived from calculations made according to B.2 of Annex B.

**Table C.1 – Electrical resistances – Nominal conductor diameters
over 0,063 mm up to and including 1,000 mm (1 of 2)**

Nominal conductor diameter mm	Resistance at 20 °C Ω/m		
	Minimum	Nominal	Maximum
0,018		67,18	
0,020		54,41	
0,022		44,97	
0,025		34,82	
0,028		27,76	
0,032		21,25	
0,036		16,79	
0,040		13,60	
0,045		10,75	
0,050		8,706	
0,056		6,940	
0,063		5,484	
0,071		4,318	
0,080	3,133	3,401	3,703
0,090	2,495	2,687	2,900
0,100	2,034	2,176	2,333
0,112	1,632	1,735	1,848
0,125	1,317	1,393	1,475
0,140	1,055	1,110	1,170
0,160	0,812 2	0,850 2	0,880 6
0,180	0,644 4	0,671 8	0,700 7
0,200	0,523 7	0,544 1	0,565 7
0,224	0,418 8	0,433 8	0,449 5
0,250	0,334 5	0,348 2	0,362 8
0,280	0,267 6	0,277 6	0,288 2

Table C.1 (2 of 2)

Nominal conductor diameter mm	Resistance at 20 °C Ω/m		
	Minimum	Nominal	Maximum
0,315	0,212 1	0,219 3	0,227 0
0,355	0,167 4	0,172 7	0,178 2
0,400	0,131 6	0,136 0	0,140 7
0,450	0,104 2	0,107 5	0,110 9
0,500	0,084 62	0,087 06	0,089 59
0,560	0,067 36	0,069 40	0,071 53
0,630	0,053 35	0,054 84	0,056 38
0,710	0,041 98	0,043 18	0,044 42
0,800	0,033 05	0,034 01	0,035 00
0,900	0,026 12	0,026 87	0,027 65
1,000	0,021 16	0,021 76	0,022 40
1,120		0,017 35	
1,250		0,013 93	
1,400		0,011 10	
1,600		0,008 502	
1,800		0,006 718	
2,000		0,005 441	
2,240		0,004 338	
2,500		0,003 482	
2,800		0,002 776	
3,150		0,002 193	
3,550		0,001 727	
4,000		0,001 360	
4,500		0,001 075	
5,000		0,000 870 6	

Bibliography

IEC 60264 (all parts), *Packaging of winding wires*

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	39
INTRODUCTION.....	41
1 Domaine d'application.....	42
2 Références normatives	42
3 Termes, définitions, notes générales et aspect.....	42
3.1 Termes et définitions	42
3.2 Notes générales	43
3.2.1 Méthodes d'essai	43
3.2.2 Fil de bobinage	44
3.3 Aspect.....	44
4 Dimensions.....	44
4.1 Diamètre du conducteur.....	44
4.2 Faux-rond du conducteur (diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 0,063 mm)	48
4.3 Accroissement minimal de diamètre dû à l'isolant et à la couche adhérente (diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 0,063 mm).....	48
4.3.1 Fils émaillés sans couche adhérente	48
4.3.2 Fils émaillés avec une couche adhérente	48
4.3.3 Diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs	48
4.4 Diamètre extérieur maximal	49
4.4.1 Fils émaillés sans couche adhérente.....	49
4.4.2 Fils émaillés avec une couche adhérente	49
5 Résistance électrique.....	49
6 Allongement	51
7 Effet de ressort.....	51
7.1 Diamètres nominaux des conducteurs au moins égaux à 0,080 mm et inférieurs ou égaux à 1,600 mm	51
7.2 Diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 1,600 mm.....	51
8 Souplesse et adhérence.....	53
8.1 Essai d'enroulement sur mandrin (diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 1,600 mm).....	53
8.2 Essai d'allongement (diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 1,600 mm)	53
8.3 Essai de traction brusque (diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 1,000 mm).....	53
8.4 Essai de décollement (diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 1,000 mm)	54
9 Choc thermique	54
9.1 Diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 1,600 mm	54
9.2 Diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 1,600 mm.....	55
10 Thermoplasticité	55
11 Résistance à l'abrasion	55
12 Résistance aux solvants	55
13 Tension de claquage.....	55
13.1 Généralités.....	55
13.2 Diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 0,100 mm	55

13.3	Diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 0,100 mm et jusques et y compris 2,500 mm	57
13.4	Diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 2,500 mm.....	59
14	Continuité de l'isolant (diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 1,600 mm)	60
15	Indice de température	60
16	Résistance aux réfrigérants	60
17	Brasabilité	60
18	Adhérence par chaleur ou par solvant	60
19	Facteur de dissipation diélectrique	60
20	Résistance à l'huile de transformateur.....	60
21	Perte de masse	60
23	Détection des microfissures en immersion	61
30	Conditionnement.....	61
	Annexe A (informative) Dimensions pour les diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs (R 40).....	62
	Annexe B (informative) Méthode pour le calcul de la résistance linéique	66
	Annexe C (informative) Résistance.....	68
	Bibliographie	70
	Tableau 1 – Dimensions pour les fils émaillés (R 20) – Diamètres nominaux préférentiels des conducteurs (<i>1 sur 2</i>).....	45
	Tableau 2 – Dimensions pour les fils émaillés avec une couche adhérente (R 20)– Diamètres nominaux préférentiels des conducteurs (<i>1 sur 2</i>)	47
	Tableau 3 – Résistances électriques	50
	Tableau 4 – Allongement.....	51
	Tableau 5 – Effet de ressort (<i>1 sur 2</i>)	52
	Tableau 6 – Enroulement sur mandrin	53
	Tableau 7 – Choc thermique.....	54
	Tableau 8 – Tension de claquage – Diamètres nominaux préférentiels des conducteurs (R 20) (0,018 mm jusqu'à 0,100 mm compris)	56
	Tableau 9 – Tension de claquage – Diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs (R 40) (0,019 mm jusqu'à 0,095 mm compris).....	57
	Tableau 10 – Tension de claquage – Diamètres nominaux préférentiels des conducteurs (R 20) (0,112 mm jusqu'à 2,500 mm compris)	58
	Tableau 11 – Tension de claquage – Diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs (R 40) (0,106 mm jusqu'à 0,950 mm compris).....	59
	Tableau 12 – Tension de claquage – Diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 2,500 mm.....	59
	Tableau 13 – Continuité de l'isolant	60
	Tableau 14 – Nombre maximal de microfissures.....	61
	Tableau A.1 – Dimensions pour les fils émaillés (R 40) – Diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs (<i>1 sur 2</i>)	62
	Tableau A.2 – Dimensions pour les fils émaillés avec une couche adhérente (R 40) – Diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs (<i>1 sur 2</i>).....	64
	Tableau B.1 – Rapports.....	67

Tableau C.1 – Résistances électriques– Diamètres nominaux des conducteurs compris entre 0,063 mm et 1,000 mm (<i>1 sur 2</i>).....	68
---	----

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**SPÉCIFICATIONS POUR TYPES
PARTICULIERS DE FILS DE BOBINAGE –****Partie 0-1: Exigences générales –
Fil de section circulaire en cuivre 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 elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60317-0-1 a été établie par le comité d'études 55 de la CEI: Fils de bobinage.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 2008. Cette édition constitue une révision technique.

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

- la révision de la définition de la dimension nominale du conducteur;
- un nouveau paragraphe contenant des notes générales sur le fil de bobinage intégrées auparavant au domaine d'application;
- révision des exigences d'allongement dans le Tableau 4;

- révision de l'Article 13, Tension de claquage, pour inclure de nouvelles exigences pour les diamètres de fils intermédiaires;
- révision des exigences de continuité de l'isolant dans le Tableau 13;
- révision de l'introduction de l'Annexe A;
- révision du B.2 de l'Annexe B;
- révision du Tableau C.1 de l'Annexe C.

La présente 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 série CEI 60851.

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

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
55/1409/FDIS	55/1430/RVD

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

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

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

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. À 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. Cette série est composée de trois groupes définissant respectivement:

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

SPÉCIFICATIONS POUR TYPES PARTICULIERS DE FILS DE BOBINAGE –

Partie 0-1: Exigences générales – Fil de section circulaire en cuivre 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 cuivre émaillé avec ou sans couche adhérente.

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

2 Références normatives

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

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

CEI 60851 (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 et définitions suivants s'appliquent.

3.1 Termes et 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, avec si nécessaire des lentilles correctives

3.1.12**revêtement unique**

isolant constitué d'un seul matériau

3.1.13**fil de bobinage**

fil utilisé pour fabriquer un bobinage qui fournit un champ magnétique

3.1.14**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 la présente partie de la CEI 60317 sont présentées dans la série CEI 60851.

Les numéros d'articles dans la présente norme sont identiques aux numéros d'essais correspondants de la série de normes CEI 60851.

En cas de divergences entre la publication relative aux méthodes d'essai et la présente norme, la CEI 60317-0-1 doit prévaloir.

Dans le cas où aucune gamme de 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 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 soumettre à l'essai doit être prélevé de son conditionnement de façon qu'il ne soit pas soumis à une tension ou à des pliages inutiles. Avant chaque essai, il convient d'éliminer une longueur de fil suffisante pour être sûr que les éprouvettes d'essai ne comportent aucun fil endommagé.

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 une norme de la série CEI 60317 indiquée à 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 ou le touret 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 0,1 mm.

4 Dimensions

4.1 Diamètre du conducteur

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

**Tableau 1 – Dimensions pour les fils émaillés (R 20) –
Diamètres nominaux préférentiels des conducteurs (1 sur 2)**

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
0,018		0,002	0,004	0,006	0,022	0,024	0,026
0,020		0,002	0,004	0,007	0,024	0,027	0,030
0,022		0,002	0,005	0,008	0,027	0,030	0,033
0,025		0,003	0,005	0,008	0,031	0,034	0,037
0,028		0,003	0,006	0,009	0,034	0,038	0,042
0,032		0,003	0,007	0,010	0,039	0,043	0,047
0,036		0,004	0,008	0,011	0,044	0,049	0,053
0,040		0,004	0,008	0,012	0,049	0,054	0,058
0,045		0,005	0,009	0,013	0,055	0,061	0,066
0,050		0,005	0,010	0,014	0,060	0,066	0,072
0,056		0,006	0,011	0,015	0,067	0,074	0,081
0,063		0,006	0,012	0,017	0,076	0,083	0,090
0,071	0,003	0,007	0,012	0,018	0,084	0,091	0,098
0,080	0,003	0,007	0,014	0,020	0,094	0,101	0,108
0,090	0,003	0,008	0,015	0,022	0,105	0,113	0,120
0,100	0,003	0,008	0,016	0,023	0,117	0,125	0,132
0,112	0,003	0,009	0,017	0,026	0,130	0,139	0,147
0,125	0,003	0,010	0,019	0,028	0,144	0,154	0,163
0,140	0,003	0,011	0,021	0,030	0,160	0,171	0,181
0,160	0,003	0,012	0,023	0,033	0,182	0,194	0,205
0,180	0,003	0,013	0,025	0,036	0,204	0,217	0,229
0,200	0,003	0,014	0,027	0,039	0,226	0,239	0,252
0,224	0,003	0,015	0,029	0,043	0,252	0,266	0,280
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

Tableau 1 (2 sur 2)

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
0,560	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 Le diamètre extérieur minimal jusqu'à 0,060 mm inclus est calculé à partir de la valeur de la résistance maximale pour chaque diamètre correspondant du Tableau 3, en ajoutant ensuite l'accroissement minimal dû à l'isolant.							

**Tableau 2 – Dimensions pour les fils émaillés avec une couche adhérente (R 20)–
Diamètres nominaux préférentiels des conducteurs (1 sur 2)**

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
0,020		0,002	0,004	0,002	0,026	0,029
0,022		0,002	0,005	0,002	0,030	0,033
0,025		0,003	0,005	0,002	0,034	0,037
0,028		0,003	0,006	0,003	0,038	0,042
0,032		0,003	0,007	0,003	0,044	0,048
0,036		0,004	0,008	0,003	0,050	0,055
0,040		0,004	0,008	0,003	0,055	0,060
0,045		0,005	0,009	0,003	0,062	0,068
0,050		0,005	0,010	0,003	0,068	0,074
0,056		0,006	0,011	0,003	0,075	0,082
0,063		0,006	0,012	0,005	0,085	0,092
0,071	0,003	0,007	0,012	0,005	0,094	0,101
0,080	0,003	0,007	0,014	0,005	0,105	0,112
0,090	0,003	0,008	0,015	0,005	0,117	0,125
0,100	0,003	0,008	0,016	0,005	0,129	0,137
0,112	0,003	0,009	0,017	0,008	0,143	0,152
0,125	0,003	0,010	0,019	0,009	0,158	0,168
0,140	0,003	0,011	0,021	0,010	0,175	0,186
0,160	0,003	0,012	0,023	0,010	0,197	0,209
0,180	0,003	0,013	0,025	0,010	0,220	0,233
0,200	0,003	0,014	0,027	0,011	0,243	0,256
0,224	0,003	0,015	0,029	0,012	0,270	0,284
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

Tableau 2 (2 sur 2)

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
0,630	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 Le diamètre extérieur minimal jusqu'à 0,060 mm inclus est calculé à partir de la valeur de la résistance maximale pour chaque diamètre correspondant du Tableau 3, en ajoutant ensuite l'accroissement minimal dû à l'isolant et l'accroissement minimal dû à la couche adhérente.

4.2 Faux-rond du conducteur (diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 0,063 mm)

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

4.3 Accroissement minimal de diamètre dû à l'isolant et à la couche adhérente (diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 0,063 mm)

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.

4.3.3 Diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs

Pour les diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs, la valeur de l'accroissement minimal correspondant à celui du diamètre nominal immédiatement supérieur, figurant dans le Tableau 1 ou le Tableau 2, doit s'appliquer.

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

Pour les diamètres nominaux jusques et y compris 0,280 mm, la résistance électrique à 20 °C doit être comprise entre les limites données dans le Tableau 3.

Après accord entre l'acheteur et le fournisseur, des mesures de résistance électrique peuvent être réalisées pour les diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 0,028 mm. Dans le cas d'un tel accord, la résistance électrique à 20 °C doit être comprise dans les limites données à l'Annexe C.

Tableau 3 – Résistances électriques

Diamètre nominal du conducteur mm	Resistance Ω/m		
	Minimum	Nominal	Maximum
0,018	60,46	67,18	73,89
0,020	48,97	54,41	59,85
0,022	40,47	44,97	49,47
0,025	31,34	34,82	38,31
0,028	24,99	27,76	30,54
0,032	19,13	21,25	23,38
0,036	15,282	16,79	18,305
0,040	12,379	13,60	14,827
0,045	9,781	10,75	11,715
0,050	7,922	8,706	9,489
0,056	6,316	6,940	7,565
0,063	4,990	5,484	5,977
0,071	3,929	4,318	4,706
0,080	3,133	3,401	3,703
0,090	2,495	2,687	2,900
0,100	2,034	2,176	2,333
0,112	1,632	1,735	1,848
0,125	1,317	1,393	1,475
0,140	1,055	1,110	1,170
0,160	0,812 2	0,850 2	0,890 6
0,180	0,644 4	0,671 8	0,700 7
0,200	0,523 7	0,544 1	0,565 7
0,224	0,418 8	0,433 8	0,449 5
0,250	0,334 5	0,348 2	0,362 8
0,280	0,267 6	0,277 6	0,288 2
NOTE1 Les valeurs du diamètre nominal du conducteur inférieures ou égales à 0,071 mm sont calculées selon le B.1 de l'Annexe B.			
NOTE 2 Les valeurs des diamètres nominaux des conducteurs supérieures à 0,071 mm sont calculées selon le B.2 de l'Annexe B.			
NOTE 3 Les valeurs de la résistance nominale sont fournies à titre d'information uniquement et sont calculées conformément à l'Annexe C.			

6 Allongement

L'allongement à la rupture ne doit pas être inférieur aux valeurs données dans le Tableau 4.

Tableau 4 – Allongement

Diamètre nominal du conducteur mm	Allongement minimal %	Diamètre nominal du conducteur mm	Allongement minimal %	Diamètre nominal du conducteur mm	Allongement minimal %
0,018	5	0,180	23	1,800	34
0,020	6	0,200	24	2,000	34
0,022	6	0,224	24	2,240	35
0,025	7	0,250	25	2,500	35
0,028	7	0,280	26	2,800	36
0,032	8	0,315	26	3,150	36
0,036	8	0,355	27	3,550	36
0,040	10	0,400	27	4,000	37
0,045	12	0,450	28	4,500	37
0,050	14	0,500	28	5,000	38
0,056	15	0,560	29		
0,063	16	0,630	29		
0,071	17	0,710	30		
0,080	17	0,800	30		
0,090	18	0,900	31		
0,100	19	1,000	32		
0,112	20	1,120	32		
0,125	20	1,250	33		
0,140	21	1,400	33		
0,160	22	1,600	33		

Pour les diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs, la valeur de l'allongement du conducteur de diamètre nominal immédiatement supérieur doit être utilisée.

7 Effet de ressort

7.1 Diamètres nominaux des conducteurs au moins égaux à 0,080 mm et inférieurs ou égaux à 1,600 mm

Les valeurs de l'effet de ressort du fil ne doivent pas être supérieures à celles au Tableau 5 lorsque le fil est soumis à l'essai avec le mandrin et la traction spécifiés.

7.2 Diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 1,600 mm

Le fil ne doit pas présenter un effet de ressort maximal supérieur à 5 degrés.

Tableau 5 – Effet de ressort (1 sur 2)

Diamètre nominal du conducteur mm	Diamètre du mandrin mm	Traction N	Effet de ressort maximal		
			Degrés		
			Grade 1	Grade 2 et grade 1B	Grade 3 et grade 2B
0,080 0,090 0,100	5	0,25	70 67 64	80 77 73	100 94 90
0,112 0,125 0,140	7	0,50	64 62 59	73 70 67	88 84 79
0,160 0,180 0,200	10	1,0	59 57 54	67 65 62	78 75 72
0,224 0,250 0,280	12,5	2,0	51 49 47	59 56 53	68 65 61
0,315 0,355 0,400	19	4,0	50 48 45	55 53 50	62 59 55
0,450 0,500 0,560	25	8,0	44 43 41	48 47 44	53 51 48
0,630 0,710 0,800	37,5	12,0	46 44 41	50 47 43	53 50 46

Tableau 5 (2 sur 2)

Diamètre nominal du conducteur mm	Diamètre du mandrin mm	Traction N	Effet de ressort maximal		
			Degrés		
			Grade 1	Grade 2 et grade 1B	Grade 3 et grade 2B
0,900	50	15,0	45	48	51
1,000			42	45	47
1,120			39	41	43
1,250			35	37	39
1,400			32	34	36
1,600			28	30	32
Pour les diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs, la valeur de l'effet de ressort du conducteur de diamètre nominal immédiatement supérieur doit être utilisée.					

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 allongement du fil à la valeur spécifiée dans le Tableau 6 et enroulement sur le mandrin approprié.

Tableau 6 – Enroulement sur mandrin

Diamètre nominal du conducteur mm		Allongement avant enroulement sur mandrin %	Diamètre du mandrin mm
Supérieur à	Jusques et y compris		
–	0,050	20 ^a	0,150
0,050	0,063	15 ^a	0,150
0,063	0,080	10	0,150
0,080	0,112	5	0,150
0,112	0,140	0	0,150
0,140	1,600	0	<i>d</i> ^b
^a Ou jusqu'à la rupture du cuivre, la valeur la plus basse étant retenue.			
^b <i>d</i> = diamètre nominal du conducteur.			

8.2 Essai d'allongement (diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 1,600 mm)

Le revêtement ne doit pas montrer de craquelures après allongement du fil de 32 %.

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 de décollement (diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 1,000 mm)

Le revêtement ne doit présenter aucune perte d'adhérence après que l'éprouvette a été soumise au nombre de tours R exigé en fonction de son diamètre nominal d_{nom} :

$$R = \frac{K}{d_{\text{nom}}} \text{ arrondi au nombre entier immédiatement inférieur.}$$

Le nombre K utilisé pour le calcul est donné dans la feuille de spécification appropriée.

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 7. La température minimale de choc thermique est donnée dans la feuille de spécification appropriée.

Tableau 7 – Choc thermique

Diamètre nominal du conducteur mm	Diamètre du mandrin mm
0,160	0,250
0,180	0,280
0,200	0,315
0,224	0,355
0,250	0,400
0,280	0,630
0,315	0,710
0,355	0,800
0,400	0,900
0,450	1,000
0,500	1,120
0,560	1,250
0,630	1,400
0,710	1,600
0,800	1,800
0,900	2,000
1,000	2,240
1,120	3,550
1,250	4,000
1,400	4,500
1,600	5,000
Pour les diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 0,140 mm, le Tableau 6 doit être appliqué. Pour les diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs, le diamètre du mandrin correspondant au diamètre nominal de conducteur immédiatement inférieur doit être utilisé.	

9.2 Diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 1,600 mm

Le revêtement ne doit présenter aucune craquelure après allongement de 25 %. La température de choc thermique minimale est donnée dans la feuille de spécification appropriée.

10 Thermoplasticité

Pour les exigences, la feuille de spécification appropriée s'applique.

11 Résistance à l'abrasion

Pour les exigences, la feuille de spécification appropriée s'applique.

12 Résistance aux solvants

Après immersion dans le 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, 13.3 et 13.4, 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 0,100 mm

Au moins quatre des cinq éprouvettes soumises à essai ne doivent pas subir de claquage à des tensions inférieures ou égales à celles qui sont données dans le Tableau 8 pour les diamètres nominaux préférentiels des conducteurs correspondant à la série R 20 et dans le Tableau 9 pour les diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs correspondant à la série R 40.

Pour les autres diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs, la valeur donnée pour le diamètre nominal du conducteur immédiatement supérieur doit s'appliquer.

Tableau 8 – Tension de claquage – Diamètres nominaux préférentiels des conducteurs (R 20) (0,018 mm jusqu'à 0,100 mm compris)

Diamètre nominal du conducteur mm	Tension minimale de claquage à température ambiante (valeur efficace) V		
	Grade 1 et grade 1B	Grade 2 et grade 2B	Grade 3
0,018	110	225	350
0,020	120	250	410
0,022	130	275	470
0,025	150	300	470
0,028	170	325	530
0,032	190	375	590
0,036	225	425	650
0,040	250	475	710
0,045	275	550	710
0,050	300	600	830
0,056	325	650	890
0,063	375	700	1 020
0,071	425	700	1 100
0,080	425	850	1 200
0,090	500	900	1 300
0,100	500	950	1 400

Tableau 9 – Tension de claquage – Diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs (R 40) (0,019 mm jusqu'à 0,095 mm compris)

Diamètre nominal du conducteur mm	Tension minimale de claquage à température ambiante (valeur efficace) V		
	Grade 1 et grade 1B	Grade 2 et grade 2B	Grade 3
0,019	115	240	380
0,021	125	265	440
0,024	145	290	470
0,027	165	315	510
0,030	180	350	560
0,034	210	400	620
0,038	240	450	680
0,043	265	520	710
0,048	290	580	780
0,053	315	625	860
0,060	355	680	960
0,067	400	700	1 060
0,075	425	765	1 140
0,085	465	875	1 250
0,095	500	925	1 350

NOTE Les valeurs résultent de l'interpolation linéaire des valeurs figurant dans le Tableau 8.

13.3 Diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 0,100 mm et jusques et y compris 2,500 mm

Au moins quatre des cinq éprouvettes soumises à essai ne doivent pas subir de claquage à des tensions inférieures ou égales à celles qui sont données dans le Tableau 10 pour les diamètres nominaux préférentiels des conducteurs correspondant à la série R 20 et dans le Tableau 11 pour les diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs correspondant à la série R 40. Pour les autres diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs, la valeur donnée pour le diamètre nominal du conducteur immédiatement supérieur doit s'appliquer.

Tableau 10 – Tension de claquage – Diamètres nominaux préférentiels des conducteurs (R 20) (0,112 mm jusqu'à 2,500 mm compris)

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
0,112	1 300	1 000	2 700	2 000	3 900	2 900
0,125	1 500	1 100	2 800	2 100	4 100	3 100
0,140	1 600	1 200	3 000	2 300	4 200	3 200
0,160	1 700	1 300	3 200	2 400	4 400	3 300
0,180	1 700	1 300	3 300	2 500	4 700	3 500
0,200	1 800	1 400	3 500	2 600	5 100	3 800
0,224	1 900	1 400	3 700	2 800	5 200	3 900
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

Tableau 11 – Tension de claquage – Diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs (R 40) (0,106 mm jusqu'à 0,950 mm compris)

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
0,106	1 200	950	2 650	1 950	3 800	2 800
0,118	1 400	1 050	2 750	2 050	4 000	3 000
0,132	1 550	1 150	2 900	2 200	4 150	3 150
0,150	1 650	1 250	3 100	2 350	4 300	3 250
0,170	1 700	1 300	3 250	2 450	4 550	3 400
0,190	1 750	1 350	3 400	2 550	4 900	3 650
0,212	1 850	1 400	3 600	2 700	5 150	3 850
0,236	2 000	1 500	3 800	2 850	5 350	4 000
0,265	2 150	1 650	3 950	2 950	5 650	4 250
0,300	2 200	1 700	4 050	3 050	5 950	4 500
0,335	2 250	1 700	4 200	3 150	6 250	4 700
0,375	2 300	1 700	4 350	3 250	6 500	4 900
0,425	2 300	1 700	4 400	3 300	6 700	5 050
0,475	2 350	1 750	4 500	3 400	6 900	5 200
0,530	2 450	1 850	4 600	3 500	7 050	5 300
0,600	2 550	1 950	4 700	3 550	7 100	5 300
0,670	2 600	2 000	4 800	3 600	7 150	5 350
0,750	2 600	2 000	4 850	3 650	7 300	5 500
0,850	2 650	2 000	4 950	3 750	7 500	5 650
0,950	2 700	2 000	5 000	3 800	7 600	5 700
NOTE Les valeurs résultent de l'interpolation linéaire des valeurs figurant dans le Tableau 10.						

13.4 Diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 2,500 mm

Au moins quatre des cinq éprouvettes soumises à essai ne doivent pas subir de claquage à des tensions inférieures ou égales à celles qui sont données dans le Tableau 12.

**Tableau 12 – Tension de claquage –
Diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 2,500 mm**

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 13.

Tableau 13 – 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
–	0,050	40	10	–
0,050	0,080	40	5	3
0,080	0,125	30	5	3
0,125	1,600	10	5	3

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.

16 Résistance aux réfrigérants

Pour les exigences, la feuille de spécification s'applique.

17 Brasabilité

Pour les exigences, la feuille de spécification appropriée s'applique.

18 Adhérence par chaleur ou par solvant

Pour les exigences, la feuille de spécification appropriée s'applique.

19 Facteur de dissipation diélectrique

Pour les exigences, la feuille de spécification appropriée s'applique.

20 Résistance à l'huile de transformateur

Pour les exigences, la feuille de spécification appropriée s'applique.

21 Perte de masse

Pour les exigences, la feuille de spécification appropriée s'applique.

23 Détection des microfissures en immersion

Après accord entre le client et le fournisseur, une détection des microfissures en immersion peut être effectuée.

Dans le cas d'un tel accord, le nombre de microfissures présentes doit être compris dans les limites données au Tableau 14.

Tableau 14 – Nombre maximal de microfissures

Grade de l'émail	Type standard	Polyuréthane
Grade 1	5	8
Grade 2	3	5
Grade 3	2	3
NOTE Les fils émaillés avec polyuréthane comprennent ceux couverts par la CEI 60317-2, la CEI 60317-4, la CEI 60317-19, la CEI 60317-20, la CEI 60317-21, la CEI 60317-23, la CEI 60317-35, la CEI 60317-36, la CEI 60317-51 et la CEI 60317-55.		

30 Conditionnement

Le type de conditionnement peut avoir une influence sur certaines propriétés du fil, par exemple l'effet de 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:

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

Annexe A (informative)

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

La présente annexe fournit les diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs pouvant être choisis par l'utilisateur pour des raisons techniques uniquement. Le Tableau A.1 indique les dimensions pour les fils émaillés (R 40) sans couche adhérente. Le Tableau A.2 indique les dimensions pour les fils émaillés (R 40) avec couche adhérente.

**Tableau A.1 – Dimensions pour les fils émaillés (R 40) –
Diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs (1 sur 2)**

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
0,019		0,002	0,004	0,007	0,023	0,026	0,028
0,021		0,002	0,004	0,007	0,026	0,028	0,031
0,024		0,002	0,005	0,008	0,029	0,032	0,035
0,027		0,003	0,005	0,009	0,033	0,036	0,040
0,030		0,003	0,006	0,009	0,037	0,041	0,044
0,034		0,003	0,006	0,010	0,041	0,046	0,050
0,038		0,004	0,008	0,011	0,046	0,051	0,055
0,043		0,004	0,009	0,012	0,052	0,058	0,063
0,048		0,005	0,010	0,014	0,059	0,064	0,069
0,053		0,005	0,010	0,015	0,064	0,070	0,076
0,060		0,006	0,011	0,016	0,072	0,079	0,085
0,067	0,003	0,007	0,012	0,018	0,080	0,088	0,095
0,075	0,003	0,007	0,013	0,020	0,089	0,095	0,102
0,085	0,003	0,008	0,014	0,021	0,100	0,107	0,114
0,095	0,003	0,008	0,016	0,023	0,111	0,119	0,126
0,106	0,003	0,009	0,017	0,026	0,123	0,132	0,140
0,118	0,003	0,010	0,019	0,028	0,136	0,145	0,154
0,132	0,003	0,011	0,021	0,030	0,152	0,162	0,171
0,150	0,003	0,012	0,023	0,033	0,171	0,182	0,193
0,170	0,003	0,013	0,025	0,036	0,194	0,205	0,217
0,190	0,003	0,014	0,027	0,039	0,216	0,228	0,240
0,212	0,003	0,015	0,029	0,043	0,240	0,254	0,268
0,236	0,004	0,017	0,032	0,048	0,267	0,283	0,298
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	0,360

Tableau A.1 (2 sur 2)

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
0,335	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 Le diamètre extérieur minimal jusqu'à 0,060 mm inclus est calculé à partir de la valeur de la résistance maximale pour chaque diamètre correspondant du Tableau 3, en ajoutant ensuite l'accroissement minimal dû à l'isolant.

**Tableau A.2 – Dimensions pour les fils émaillés avec une couche adhérente (R 40) –
Diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs (1 sur 2)**

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
0,021		0,002	0,004	0,002	0,029	0,031
0,024		0,002	0,005	0,002	0,032	0,035
0,027		0,003	0,005	0,002	0,037	0,040
0,030		0,003	0,006	0,003	0,042	0,044
0,034		0,003	0,007	0,003	0,047	0,052
0,038		0,004	0,008	0,003	0,052	0,057
0,043		0,004	0,009	0,003	0,059	0,065
0,048		0,005	0,010	0,003	0,067	0,073
0,053		0,005	0,010	0,003	0,072	0,078
0,060		0,006	0,011	0,003	0,081	0,088
0,067	0,003	0,007	0,012	0,005	0,090	0,098
0,075	0,003	0,007	0,013	0,005	0,100	0,106
0,085	0,003	0,008	0,015	0,005	0,112	0,119
0,095	0,003	0,008	0,016	0,005	0,123	0,131
0,106	0,003	0,008	0,017	0,005	0,136	0,145
0,118	0,003	0,010	0,019	0,009	0,150	0,159
0,132	0,003	0,011	0,021	0,010	0,167	0,177
0,150	0,003	0,012	0,023	0,010	0,186	0,197
0,170	0,003	0,013	0,025	0,010	0,210	0,221
0,190	0,003	0,014	0,027	0,011	0,233	0,245
0,212	0,003	0,015	0,029	0,012	0,258	0,272
0,236	0,004	0,017	0,032	0,013	0,286	0,302
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

Tableau A.2 (2 sur 2)

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
0,670	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 Le diamètre extérieur minimal jusqu'à 0,060 mm inclus est calculé à partir de la valeur de la résistance maximale pour chaque diamètre correspondant du Tableau 3, en ajoutant ensuite l'accroissement minimal dû à l'isolant et l'accroissement minimal dû à la couche adhérente.

Annexe B (informative)

Méthode pour le calcul de la résistance linéique

B.1 Pour les diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 0,071 mm

Les valeurs des rapports:

$K_{\min}$ de la résistance minimale à la résistance nominale, et

$K_{\max}$ de la résistance maximale à la résistance nominale

sont données pour chaque diamètre nominal du conducteur.

La résistance linéique est calculée à partir de:

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

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

où

$K_{\min}$ et $K_{\max}$ ont les valeurs données dans le Tableau B.1;

ρ_{nom} est égale à $1/58,5 \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$;

q_{nom} est la section droite en millimètres carrés, calculée à partir de d_{nom} selon la relation

$$q_{\text{nom}} = \frac{\pi}{4} \times d_{\text{nom}}^2$$

Tableau B.1 – Rapports

d_{nom} mm	K_{min}	K_{max}
0,018	0,900	1,100
0,020	0,900	1,100
0,022	0,900	1,100
0,025	0,900	1,100
0,028	0,900	1,100
0,032	0,900	1,100
0,036	0,910	1,090
0,040	0,910	1,090
0,045	0,910	1,090
0,050	0,910	1,090
0,056	0,910	1,090
0,063	0,910	1,090
0,071	0,910	1,090

B.2 Pour les diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 0,071 mm et jusques et y compris 0,280 mm

Les valeurs minimale et maximale de la résistance sont calculées respectivement à partir de la valeur minimale et de la valeur maximale 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:

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

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

où

$$\rho_{\text{min}} = 1/59 \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1};$$

$$\rho_{\text{max}} = 1/58 \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1};$$

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

où

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

q_{min} est la section 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 $1/58,5 \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$.

Les limites minimale et maximale de la résistance pour les diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 0,063 mm jusques et y compris 1,000 mm sont dérivées de calculs effectués conformément au B.2 de l'Annexe B.

**Tableau C.1 – Résistances électriques– Diamètres nominaux
des conducteurs compris entre 0,063 mm et 1,000 mm (1 sur 2)**

Diamètre nominal du conducteur mm	Résistance à 20 °C Ω/m		
	Minimale	Nominale	Maximale
0,018		67,18	
0,020		54,41	
0,022		44,97	
0,025		34,82	
0,028		27,76	
0,032		21,25	
0,036		16,79	
0,040		13,60	
0,045		10,75	
0,050		8,706	
0,056		6,940	
0,063		5,484	
0,071		4,318	
0,080	3,133	3,401	3,703
0,090	2,495	2,687	2,900
0,100	2,034	2,176	2,333
0,112	1,632	1,735	1,848
0,125	1,317	1,393	1,475
0,140	1,055	1,110	1,170
0,160	0,812 2	0,850 2	0,880 6
0,180	0,644 4	0,671 8	0,700 7
0,200	0,523 7	0,544 1	0,565 7
0,224	0,418 8	0,433 8	0,449 5
0,250	0,334 5	0,348 2	0,362 8
0,280	0,267 6	0,277 6	0,288 2

Tableau C.1 (2 sur 2)

Diamètre nominal du conducteur mm	Résistance à 20 °C Ω/m		
	Minimale	Nominale	Maximale
0,315	0,212 1	0,219 3	0,227 0
0,355	0,167 4	0,172 7	0,178 2
0,400	0,131 6	0,136 0	0,140 7
0,450	0,104 2	0,107 5	0,110 9
0,500	0,084 62	0,087 06	0,089 59
0,560	0,067 36	0,069 40	0,071 53
0,630	0,053 35	0,054 84	0,056 38
0,710	0,041 98	0,043 18	0,044 42
0,800	0,033 05	0,034 01	0,035 00
0,900	0,026 12	0,026 87	0,027 65
1,000	0,021 16	0,021 76	0,022 40
1,120		0,017 35	
1,250		0,013 93	
1,400		0,011 10	
1,600		0,008 502	
1,800		0,006 718	
2,000		0,005 441	
2,240		0,004 338	
2,500		0,003 482	
2,800		0,002 776	
3,150		0,002 193	
3,550		0,001 727	
4,000		0,001 360	
4,500		0,001 075	
5,000		0,000 870 6	

Bibliographie

CEI 60264 (toutes les parties), *Conditionnement des fils de bobinage*

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

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