

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 © 2008 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 Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: 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.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

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.

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

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

U

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references.....	7
3 Terms, definitions and general notes on methods of test and appearance.....	7
3.1 Terms and definitions	7
3.2 General notes on methods of test	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)	12
4.3 Minimum increase in diameter due to the insulation and the bonding layer (nominal conductor diameters over 0,063 mm)	12
4.3.1 Enamelled wires without a bonding layer	12
4.3.2 Enamelled wires with a bonding layer	12
4.4 Maximum overall diameter	12
4.4.1 Enamelled wires without a bonding layer	12
4.4.2 Enamelled wires with a bonding layer	12
5 Electrical resistance.....	12
6 Elongation	13
7 Springiness.....	13
7.1 Nominal conductor diameters from 0,080 mm up to and including 1,600 mm	13
7.2 Nominal conductor diameters over 1,600 mm.....	13
8 Flexibility and adherence	15
8.1 Mandrel winding test (nominal conductor diameters up to and including 1,600 mm).....	15
8.2 Stretching test (nominal conductor diameters over 1,600 mm).....	15
8.3 Jerk test (nominal conductor diameters up to and including 1,000 mm)	15
8.4 Peel test (nominal conductor diameters over 1,000 mm)	15
9 Heat shock	15
9.1 Nominal conductor diameters up to and including 1,600 mm	15
9.2 Nominal conductor diameters over 1,600 mm.....	16
10 Cut-through	16
11 Resistance to abrasion	16
12 Resistance to solvents	16
13 Breakdown voltage	16
13.1 Nominal conductor diameters up to and including 0,100 mm	17
13.2 Nominal conductor diameters over 0,100 mm up to and including 2,500 mm.....	17
13.3 Nominal conductor diameters over 2,500 mm.....	18
14 Continuity of insulation (nominal conductor diameters up to and including 1,600 mm)	19
15 Temperature index.....	19
16 Resistance to refrigerants	19
17 Solderability.....	19

18	Heat or solvent bonding	19
19	Dielectric dissipation factor	19
20	Resistance to transformer oil	19
21	Loss of mass	19
23	Pin hole test	20
30	Packaging	20
Annex A (informative) Dimensions for intermediate nominal conductor diameters (R 40)		21
Annex B (informative) Method for the calculation of linear resistance		24
Annex C (informative) Resistance		26
Bibliography		28
Table 1 – Dimensions of enamelled wires (R 20)		10
Table 2 – Dimensions of enamelled wires with a bonding layer (R 20)		11
Table 3 – Electrical resistances		12
Table 4 – Elongation		13
Table 5 – Springiness		14
Table 6 – Mandrel winding		15
Table 7 – Heat shock		16
Table 8 – Breakdown voltage		17
Table 9 – Breakdown voltage		18
Table 10 – Breakdown voltage		18
Table 11 – Continuity of insulation		19
Table 12 – Maximum number of pin holes		20
Table A.1 – Dimensions of enamelled wires (R 40)		21
Table A.2 – Dimensions of enamelled wires with a bonding layer (R 40)		22
Table B.1 – Ratios		24
Table C.1 – Electrical resistances		26

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

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

This third edition cancels and replaces the second edition published in 1997, its amendment 1 (1999), and its amendment 2 (2005) and constitutes a technical revision.

The main changes with respect to the previous edition are listed below:

- addition of Grade 3 minimum insulation increases and maximum overall diameters for wires up to 0,071 mm nominal conductor diameter in Tables 1 and A.1;
- revisions to minimum increase in bonding layer for wires up to 0,100 mm nominal conductor diameter in Tables 2 and A.2;
- addition of Grade 3 dielectric breakdown requirements for wires up to 0,071 mm nominal conductor diameter;

- new pin hole test requirement for Grade 3 polyurethane wires.

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

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

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

CDV	Report on Voting
55/1033/CDV	55/1053A/RVC

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 of the IEC 60317 series, 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 maintenance result 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).

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60317-0-1:2008

Withdawn

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.

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

2 Normative references

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

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

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

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

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

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

3 Terms, definitions and general notes on methods of test 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 IEC 60317

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 on methods of test

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

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.

3.3 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.

NOTE For wires up to and including 0,063 mm nominal conductor diameter, see Table 3.

Table 1 – Dimensions of enamelled wires (R 20)

Nominal conductor diameter mm	Conductor tolerance ± mm	Minimum increase due to the insulation mm			Maximum overall diameter mm		
		Grade 1	Grade 2	Grade 3	Grade 1	Grade 2	Grade 3
0,018		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
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

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

NOTE 1 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.

NOTE 2 The dimensions of intermediate nominal conductor diameters for R 40 series are given in Annex A.

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

Nominal conductor diameter	Conductor tolerance	Minimum increase underlying coating		Minimum increase bonding layer	Maximum overall diameter	
		mm			mm	
	mm	± mm	Grade 1B	Grade 2B	mm	Grade 1B
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	0,049	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
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

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

NOTE 1 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 bondcoat.

NOTE 2 The dimensions of intermediate nominal conductor diameters for R 40 series are given in Annex A.

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.

4.4 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 0,063 mm the resistance at 20 °C shall be within the limits given in Table 3.

For nominal conductor diameters greater than 0,063 mm no resistance values are specified.

By agreement between purchaser and supplier, resistance measurements may be made for nominal conductor diameters over 0,063 mm up to and including 1,000 mm. In case of such an agreement, the resistance at 20 °C shall be within the limits given in Annex C.

Table 3 – Electrical resistances

Nominal conductor diameter	Resistance		Nominal conductor diameter	Resistance	
	Ω/m			Ω/m	
mm	Minimum	Maximum	mm	Minimum	Maximum
0,018	60,46	73,89	0,036	15,16	18,42
0,020	48,97	59,85	0,040	12,28	14,92
0,022	40,47	49,47	0,045	9,705	11,79
0,025	31,34	38,31	0,050	7,922	9,489
0,028	24,99	30,54	0,056	6,316	7,565
0,032	19,13	23,38	0,063	5,045	5,922

NOTE 1 The limits shown are derived from calculations made according to Annex B.

NOTE 2 For the nominal resistance, see 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	20	1,800	32
0,020	6	0,200	21	2,000	33
0,022	6	0,224	21	2,240	33
0,025	7	0,250	22	2,500	33
0,028	7	0,280	22	2,800	34
0,032	8	0,315	23	3,150	34
0,036	8	0,355	23	3,550	35
0,040	9	0,400	24	4,000	35
0,045	9	0,450	25	4,500	36
0,050	10	0,500	25	5,000	36
0,056	10	0,560	26		
0,063	12	0,630	27		
0,071	13	0,710	28		
0,080	14	0,800	28		
0,090	15	0,900	29		
0,100	16	1,000	30		
0,112	17	1,120	30		
0,125	17	1,250	31		
0,140	18	1,400	32		
0,160	19	1,600	32		

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
Above	Up to and including	%	mm
–	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 largest 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, see the relevant specification sheet.

11 Resistance to abrasion

For requirements, see the relevant specification sheet.

12 Resistance to solvents

Standard solvent

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

13 Breakdown voltage

The wire shall meet the requirements given in 13.1, 13.2 and 13.3, respectively, when tested at room temperature and at elevated temperature when this is required by the purchaser.

The elevated temperature is given in the relevant specification sheet.

13.1 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.

Table 8 – Breakdown voltage

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

13.2 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 9.

Table 9 – Breakdown voltage

Nominal conductor diameter mm	Minimum breakdown voltage (r.m.s. value) V					
	Grade 1 and grade 1B		Grade 2 and grade 2B		Grade 3	
	Room temperature	Elevated temperature	Room temperature	Elevated temperature	Room temperature	Elevated temperature
0,112	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

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

13.3 Nominal conductor diameters over 2,500 mm

At least four of the five specimens tested shall not break down at a voltage less than or equal to that given in Table 10.

Table 10 – Breakdown voltage

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

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

The number of faults per 30 m of wire shall not exceed the values given in Table 11.

Table 11 – 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	60	24	7
0,050	0,080	60	24	3
0,080	0,125	40	15	3
0,125	1,600	25	5	3

15 Temperature index

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

The temperature index shall not be less than 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 see the relevant specification sheet.

17 Solderability

For requirements see the relevant specification sheet.

18 Heat or solvent bonding

For requirements see the relevant specification sheet.

19 Dielectric dissipation factor

For requirements see the relevant specification sheet.

20 Resistance to transformer oil

For requirements see the relevant specification sheet.

21 Loss of mass

For requirements see the relevant specification sheet.

23 Pin hole test

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 12.

Table 12 – 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 60317-11, IEC 60317-19, IEC 60317-20, IEC 60317-21, IEC 60317-23, IEC 60317-35, IEC 60317-36 and IEC 60317-51		

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)

Intermediate nominal conductor diameters from which the user may select intermediate sizes only for technical reasons.

A.1 Enamelled wires without a bonding layer

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

Nominal conductor diameter mm	Conductor tolerance ± mm	Minimum increase due to the insulation mm			Maximum overall diameter mm		
		Grade 1	Grade 2	Grade 3	Grade 1	Grade 2	Grade 3
0,019		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
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

Table A.1 (continued)

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
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.

A.2 Enamelled wires with a bonding layer

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

Nominal conductor diameter mm	Conductor tolerance ± mm	Minimum increase underlying coating mm		Minimum increase bonding layer mm	Maximum overall diameter 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

Table A.2 (continued)

Nominal conductor diameter	Conductor tolerance	Minimum increase underlying coating		Minimum increase bonding layer	Maximum overall diameter	
		mm			mm	
	mm	± mm	Grade 1B	Grade 2B	mm	Grade 1B
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 bondcoat.

Annex B (informative)

Method for the calculation of linear resistance

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

B.1 For nominal conductor diameters up to and including 0,063 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:

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

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

where

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

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

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	0,903	1,097
0,040	0,903	1,097
0,045	0,903	1,097
0,050	0,910	1,090
0,056	0,910	1,090
0,063	0,920	1,080

B.2 For nominal conductor diameters over 0,063 mm up to and including 1,000 mm

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

The linear resistance is calculated from:

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

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

where

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

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

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

Annex C (informative)

Resistance

The figures for nominal resistance are given for information only. They are calculated on the basis of the nominal conductor diameter and a nominal resistivity of $1/58,5 \Omega \text{ mm}^2 \text{ m}^{-1}$.

The minimum and maximum resistance figures for nominal conductor diameter over 0,063 mm up to and including 1,000 mm are derived from calculations made according to Annex B.

Table C.1 – Electrical resistances

Nominal conductor diameter mm	Resistance Ω/m^{-1}		
	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	3,941	4,318	4,747
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	0,8122	0,8502	0,8906
0,180	0,6444	0,6718	0,7007
0,200	0,5237	0,5441	0,5657
0,224	0,4188	0,4338	0,4495
0,250	0,3345	0,3482	0,3628
0,280	0,2676	0,2776	0,2882
0,315	0,2121	0,2193	0,2270
0,355	0,1674	0,1727	0,1782
0,400	0,1316	0,1360	0,1407
0,450	0,1042	0,1075	0,1109
0,500	0,08462	0,08706	0,08959
0,560	0,06736	0,06940	0,07153
0,630	0,05335	0,05484	0,05638
0,710	0,04198	0,04318	0,04442
0,800	0,03305	0,03401	0,03500
0,900	0,02612	0,02687	0,02765
1,000	0,02116	0,02176	0,02240
1,120		0,01735	
1,250		0,01393	
1,400		0,01110	
1,600		0,008502	
1,800		0,006718	

Table C.1 (continued)

Nominal conductor diameter mm	Resistance Ω/m^{-1}		
	Minimum	Nominal	Maximum
2,000		0,005441	
2,240		0,004338	
2,500		0,003482	
2,800		0,002776	
3,150		0,002193	
3,550		0,001727	
4,000		0,001360	
4,500		0,001075	
5,000		0,0008706	

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60317-0-1:2008

Without watermark

Bibliography

IEC 60317-2, Specifications for particular types of winding wires – Part 2: Solderable polyurethane enamelled round copper wire, class 130, with a bonding layer

IEC 60317-4, Specifications for particular types of winding wires – Part 4: Solderable polyurethane enamelled round copper wire, class 130

IEC 60317-11, Specifications for particular types of winding wires – Part 11: Bunched solderable polyurethane enamelled round copper wires, class 130, with silk covering

IEC 60317-19, Specifications for particular types of winding wires – Part 19: Solderable polyurethane overcoated with polyamide enamelled round copper wire, class 130

IEC 60317-20, Specifications for particular types of winding wires – Part 20: Solderable polyurethane enamelled round copper wire, class 155

IEC 60317-21, Specifications for particular types of winding wires – Part 21: Solderable polyurethane overcoated with polyamide enamelled round copper wire, class 155

IEC 60317-23, Specifications for particular types of winding wires – Part 23: Solderable polyesterimide enamelled round copper wire, class 180

IEC 60317-35, Specifications for particular types of winding wires – Part 35: Solderable polyurethane enamelled round copper wire, class 155, with a bonding layer

IEC 60317-36, Specifications for particular types of winding wires – Part 36: Solderable polyesterimide enamelled round copper wire, class 180, with a bonding layer

IEC 60317-51, Specifications for particular types of winding wires – Part 51: Solderable polyurethane enamelled round copper wire, class 180

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60317-0-1:2008

Withdrawn

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	32
INTRODUCTION	34
1 Domaine d'application	35
2 Références normatives	35
3 Termes, définitions et notes générales concernant les méthodes d'essai et l'aspect	35
3.1 Termes et définitions	36
3.2 Notes générales concernant les méthodes d'essai	37
3.3 Aspect	37
4 Dimensions	37
4.1 Diamètre du conducteur	37
4.2 Faux-rond du conducteur (diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 0,063 mm)	40
4.3 Accroissement minimal de diamètre dû à l'isolant et à la couche adhérente (diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 0,063 mm)	40
4.3.1 Fils émaillés sans couche adhérente	40
4.3.2 Fils émaillés avec une couche adhérente	40
4.4 Diamètre extérieur maximal	40
4.4.1 Fils émaillés sans couche adhérente	40
4.4.2 Fils émaillés avec une couche adhérente	40
5 Résistance électrique	40
6 Allongement	41
7 Effet de ressort	41
7.1 Diamètres nominaux des conducteurs au moins égaux à 0,080 mm et inférieurs ou égaux à 1,600 mm	41
7.2 Diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 1,600 mm	41
8 Souplesse et adhérence	43
8.1 Essai d'enroulement sur mandrin (diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 1,600 mm)	43
8.2 Essai d'allongement (diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 1,600 mm)	43
8.3 Essai de traction brusque (diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 1,000 mm)	43
8.4 Essai de décollement (diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 1,000 mm)	43
9 Choc thermique	44
9.1 Diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 1,600 mm	44
9.2 Diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 1,600 mm	44
10 Thermoplasticité	44
11 Résistance à l'abrasion	44
12 Résistance aux solvants	45
13 Tension de claquage	45
13.1 Diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 0,100 mm	45
13.2 Diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 0,100 mm et inférieurs ou égaux à 2,500 mm	46
13.3 Diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 2,500 mm	46

14	Continuité de l'isolant (diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 1,600 mm)	47
15	Indice de température	47
16	Résistance aux réfrigérants	47
17	Brasabilité	47
18	Adhérence par chaleur ou par solvant	47
19	Facteur de dissipation diélectrique	47
20	Résistance à l'huile de transformateur.....	47
21	Perte de masse	48
23	Détection des microfissures en immersion	48
30	Conditionnement.....	48
Annexe A (informative) Dimensions pour les diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs (R 40).....		49
Annexe B (informative) Méthode pour le calcul de la résistance linéique		52
Annexe C (informative) Résistance.....		54
Bibliographie		56
Tableau 1 – Dimensions pour les fils émaillés (R 20).....		38
Tableau 2 – Dimensions pour les fils émaillés avec une couche adhérente (R 20).....		39
Tableau 3 – Résistances électriques		40
Tableau 4 – Allongement.....		41
Tableau 5 – Effet de ressort.....		42
Tableau 6 – Enroulement sur mandrin.....		43
Tableau 7 – Choc thermique		44
Tableau 8 – Tension de claquage.....		45
Tableau 9 – Tension de claquage		46
Tableau 10 – Tension de claquage		46
Tableau 11 – Continuité de l'isolant.....		47
Tableau 12 – Nombre maximal de microfissures.....		48
Tableau A.1 – Dimensions pour les fils émaillés (R 40).....		49
Tableau A.2 – Dimensions pour les fils émaillés avec une couche adhérente (R 40)		50
Tableau B.1 – Rapports.....		52
Tableau C.1 – Résistances électriques.....		54

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 n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

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

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 1997 et ses amendements 1 (1999) et 2 (2005), dont elle constitue une révision technique.

Les changements principaux par rapport à l'édition précédente sont les suivants :

- ajout, dans les Tableaux 1 et A.1, de l'accroissement minimal dû à l'isolant de Grade 3 et des diamètres extérieurs maximaux pour les fils de diamètre nominal du conducteur jusqu'à 0,071 mm ;
- révisions apportées à l'accroissement minimal de la couche adhérente pour les fils de diamètre nominal du conducteur jusqu'à 0,100 mm, dans les Tableaux 2 et A.2 ;

- ajout des exigences de claquage du diélectrique de Grade 3 pour les fils de diamètre nominal du conducteur jusqu'à 0,071 mm ;
- nouvelle exigence de détection des microfissures en immersion pour les fils émaillés avec polyuréthane de Grade 3.

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

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

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
55/1033/CDV	55/1053A/RVC

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, présentée 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 maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

INTRODUCTION

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

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60317-0-1:2008

Withdrawn

SPECIFICATIONS 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.

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

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

EXEMPLE IEC 60317-1 – 0,500 Grade 2

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

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

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

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

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

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

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

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

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 preconditionnées dans ces conditions atmosphériques pendant un temps suffisant pour que les éprouvettes atteignent la stabilité.

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

3.3 Aspect

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

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

NOTE Pour les fils de diamètre nominal du conducteur jusques et y compris 0,063 mm, voir le Tableau 3.

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

Diamètre nominal du conducteur mm	Tolérance du conducteur ± mm	Accroissement minimal dû à l'isolant mm			Diamètre extérieur maximal mm		
		Grade 1	Grade 2	Grade 3	Grade 1	Grade 2	Grade 3
0,018		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
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

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

NOTE 1 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.

NOTE 2 Les dimensions des diamètres nominaux des conducteurs intermédiaires pour la série R 40 sont données à l'Annexe A.

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

Diamètre nominal du conducteur mm	Tolérance du conducteur ± mm	Accroissement minimal de la sous-couche mm		Accroissement minimal de la couche adhérente mm	Diamètre extérieur maximal mm	
		Grade 1B	Grade 2B		Grade 1B	Grade 2B
0,020		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
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

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

NOTE 1 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.

NOTE 2 Les dimensions des diamètres nominaux des conducteurs intermédiaires pour la série R40 sont données à l'Annexe A.

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.

4.4 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 jusqu'à et y compris 0,063 mm, la résistance électrique à 20 °C doit être comprise entre les limites données dans le Tableau 3.

Pour les diamètres nominaux supérieurs à 0,063 mm, aucune valeur de résistance électrique n'est spécifiée.

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

Tableau 3 – Résistances électriques

Diamètre nominal du conducteur mm	Résistance Ω/m		Diamètre nominal du conducteur mm	Résistance Ω/m	
	Minimale	Maximale		Minimale	Maximale
0,018	60,46	73,89	0,036	15,16	18,42
0,020	48,97	59,85	0,040	12,28	14,92
0,022	40,47	49,47	0,045	9,705	11,79
0,025	31,34	38,31	0,050	7,922	9,489
0,028	24,99	30,54	0,056	6,316	7,565
0,032	19,13	23,38	0,063	5,045	5,922

NOTE 1 Les limites indiquées sont dérivées des calculs effectués conformément à l'Annexe B.

NOTE 2 Pour la résistance électrique nominale, voir 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	20	1,800	32
0,020	6	0,200	21	2,000	33
0,022	6	0,224	21	2,240	33
0,025	7	0,250	22	2,500	33
0,028	7	0,280	22	2,800	34
0,032	8	0,315	23	3,150	34
0,036	8	0,355	23	3,550	35
0,040	9	0,400	24	4,000	35
0,045	9	0,450	25	4,500	36
0,050	10	0,500	25	5,000	36
0,056	10	0,560	26		
0,063	12	0,630	27		
0,071	13	0,710	28		
0,080	14	0,800	28		
0,090	15	0,900	29		
0,100	16	1,000	30		
0,112	17	1,120	30		
0,125	17	1,250	31		
0,140	18	1,400	32		
0,160	19	1,600	32		

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 essayé 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

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
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
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	d^b

^a Ou jusqu'à la rupture du cuivre, la valeur la plus basse étant retenue.
^b d = 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 supérieur 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, voir la feuille de spécification appropriée.

11 Résistance à l'abrasion

Pour les exigences, voir la feuille de spécification appropriée.

12 Résistance aux solvants

Solvant normalisé

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

13 Tension de claquage

Le fil doit satisfaire aux exigences spécifiées en 13.1, 13.2 et 13.3, respectivement, lorsqu'il est essayé à la température ambiante, et à la température élevée quand cela est demandé par l'acheteur.

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

13.1 Diamètres nominaux des conducteurs jusques et y compris 0,100 mm

Au moins quatre des cinq éprouvettes ne doivent pas subir de claquage à des tensions inférieures ou égales à celles qui sont données dans le Tableau 8.

Tableau 8 – Tension de claquage

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

Pour les diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs, la valeur correspondante au diamètre nominal immédiatement supérieur doit être utilisée.

13.2 Diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 0,100 mm et inférieurs ou égaux à 2,500 mm

Au moins quatre des cinq éprouvettes ne doivent pas subir de claquage à des tensions inférieures ou égales à celles qui sont données dans le Tableau 9.

Tableau 9 – Tension de claquage

Diamètre nominal du conducteur mm	Tension minimale de claquage (valeur efficace) V					
	Grade 1 et grade 1B		Grade 2 et grade 2B		Grade 3	
	Température ambiante	Température élevée	Température ambiante	Température élevée	Température ambiante	Température élevée
0,112	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

Pour les diamètres nominaux intermédiaires des conducteurs, la valeur correspondante au diamètre nominal immédiatement supérieur doit être utilisée.

13.3 Diamètres nominaux des conducteurs supérieurs à 2,500 mm

Au moins quatre des cinq éprouvettes ne doivent pas subir de claquage à des tensions inférieures ou égales à celles qui sont données dans le Tableau 10.

Tableau 10 – Tension de claquage

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