

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Electrical installations in ships –
Part 350: General construction and test methods of power, control and
instrumentation cables for shipboard and offshore applications**

**Installations électriques à bord des navires –
Partie 350: Construction générale et méthodes d'essai des câbles d'énergie, de
commande et d'instrumentation des navires et des unités mobiles et fixes
en mer**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

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

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 55 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

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 l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

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

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

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne 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 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Electrical installations in ships –
Part 350: General construction and test methods of power, control and
instrumentation cables for shipboard and offshore applications**

**Installations électriques à bord des navires –
Partie 350: Construction générale et méthodes d'essai des câbles d'énergie, de
commande et d'instrumentation des navires et des unités mobiles et fixes
en mer**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.060.20; 47.020.60

ISBN 978-2-8322-1786-3

**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.....	7
1 Scope.....	9
2 Normative references	9
3 Terms and definitions	11
4 Construction requirements.....	16
4.1 General requirements	16
4.1.1 General	16
4.1.2 Voltage designation	16
4.1.3 Cable marking	16
4.1.4 Core identification.....	17
4.1.5 Halogen-free cables	17
4.2 Conductors	17
4.2.1 Material	17
4.2.2 Metal coating and separator	17
4.2.3 Class and form	18
4.2.4 Resistance	18
4.3 Insulation system.....	19
4.3.1 Material	19
4.3.2 Application.....	19
4.3.3 Insulation thickness	19
4.4 Screens	19
4.4.1 Conductor and insulation screens for high-voltage cables.....	19
4.4.2 Screens (shields) for low voltage cables	20
4.5 Cabling.....	20
4.5.1 Multi-core cables	20
4.5.2 Multi-unit cables	20
4.6 Inner coverings, fillers and binders	21
4.7 Inner sheath.....	21
4.7.1 Material.....	21
4.7.2 Application.....	21
4.7.3 Thickness of inner sheath.....	21
4.8 Metal braid armour.....	21
4.8.1 Material	21
4.8.2 Application.....	22
4.9 Outer sheath.....	22
4.9.1 Material	22
4.9.2 Application.....	22
4.9.3 Thickness of outer sheath.....	22
5 Test methods.....	23
5.1 Test conditions	23
5.1.1 Ambient temperature	23
5.1.2 Frequency, waveform and magnitude of power-frequency test voltages	23
5.2 Routine tests	23
5.2.1 General	23
5.2.2 Measurement of the electrical resistance of the conductors	23
5.2.3 Voltage test	24

5.2.4	Partial discharge test.....	25
6	Sample tests	26
6.1	General.....	26
6.2	Frequency of sample tests	26
6.3	Repetition of tests.....	26
6.4	Conductor examination	26
6.5	Measurement of thickness of insulation.....	27
6.5.1	General	27
6.5.2	Procedure.....	27
6.5.3	Requirements	27
6.6	Measurements of thickness of non-metallic sheaths.....	27
6.6.1	General	27
6.6.2	Procedure.....	27
6.6.3	Requirements	27
6.7	Measurement of external diameter	27
6.8	Hot-set test for insulations and sheaths	27
6.8.1	General procedure.....	27
6.8.2	Requirements	28
6.9	Insulation resistance test (volume resistivity determination).....	28
7	Type tests, electrical	29
7.1	General.....	29
7.2	Insulation resistance measurement.....	29
7.2.1	Measurement at ambient temperature.....	29
7.2.2	Measurement at maximum rated temperature	29
7.3	Increase in a.c. capacitance after immersion in water	30
7.3.1	General	30
7.3.2	Preparation of test specimens	30
7.3.3	Apparatus.....	30
7.3.4	Procedure.....	30
7.3.5	Requirements.....	30
7.4	High-voltage test for 4 h up to 1,8/3 kV	31
7.4.1	General.....	31
7.4.2	Requirement.....	31
7.5	Mutual capacitance (control and instrumentation cables only).....	31
7.6	Inductance to resistance ratio (control and instrumentation cables only)	31
7.7	High voltage sequence test (cables having a voltage rating higher than 3,6/6 (7,2) kV)	31
7.7.1	General	31
7.7.2	Special provisions	31
7.7.3	Partial discharge test.....	32
7.7.4	Bending test	32
7.7.5	Tan δ measurement as a function of the voltage	32
7.7.6	Tan δ measurement as a function of the temperature.....	32
7.7.7	Heating cycle test plus partial discharge test	33
7.7.8	Impulse withstand test, followed by a power-frequency voltage test	33
7.7.9	High-voltage test for 4h	33
8	Type tests, non-electrical.....	33
8.1	General.....	33
8.2	Measurement of thickness of insulation.....	33

8.3	Measurement of thickness of non-metallic sheaths (excluding inner coverings)	33
8.4	Tests for determining the mechanical properties of insulation before and after ageing	34
8.4.1	Sampling	34
8.4.2	Ageing treatments	34
8.4.3	Conditioning and mechanical tests	34
8.4.4	Requirements	34
8.5	Tests for determining the mechanical properties of sheaths before and after ageing	34
8.5.1	Sampling	34
8.5.2	Ageing treatments	34
8.5.3	Conditioning and mechanical tests	34
8.5.4	Requirements	34
8.6	Additional ageing test on pieces of completed cables (compatibility test)	34
8.6.1	General	34
8.6.2	Sampling	35
8.6.3	Ageing treatment	35
8.6.4	Mechanical tests	35
8.6.5	Requirements	35
8.7	Loss of mass test on PVC ST2 sheath	35
8.7.1	Procedure	35
8.7.2	Requirements	35
8.8	Test for the behaviour of PVC ST2 and halogen-free SHF 1 sheaths at high temperature (hot pressure test)	35
8.8.1	Procedure	35
8.8.2	Requirements	35
8.9	Test for the behaviour of PVC sheath ST2 and halogen-free SHF 1 and SHF 2 sheaths at low temperature	35
8.9.1	Procedure	35
8.9.2	Requirements	36
8.10	Special test for low temperature behaviour (when required)	36
8.11	Test of the metal coating of copper wires	36
8.12	Galvanizing test	36
8.13	Test for resistance of PVC ST2 and halogen-free SHF1 sheaths to cracking (heat shock test)	36
8.13.1	Procedure	36
8.13.2	Requirements	36
8.14	Ozone resistance test for insulation and for sheaths	36
8.14.1	Procedure	36
8.14.2	Requirements	36
8.15	Hot oil immersion test and enhanced hot oil immersion test for sheaths	36
8.15.1	Hot oil immersion test	36
8.15.2	Enhanced hot oil immersion test (when required)	37
8.16	Mud drilling fluid test (when required)	37
8.17	Fire tests	37
8.17.1	Flame-spread test on single cables	37
8.17.2	Flame-spread test on bunched cables	37
8.17.3	Smoke emission test	37
8.17.4	Acid gas emission test	37

8.17.5	pH and conductivity test	37
8.17.6	Fluorine content test	37
8.17.7	Fire-resistance test (test for circuit integrity cables)	38
8.18	Determination of hardness for HEPR	38
8.19	Determination of elastic modulus for HEPR	38
8.20	Durability of print	38
Annex A (normative) Fictitious calculation method for determination of dimensions of protective coverings		39
A.1	Overview	39
A.2	General	39
A.3	Method	39
A.3.1	Conductors	39
A.3.2	Cores	40
A.3.3	Diameter over laid-up cores	41
A.3.4	Inner coverings	43
A.3.5	Sheath	43
A.3.6	Braid armour	43
Annex B (informative) Recommended minimum spark test voltage levels (according to IEC 62230)		45
B.1	General	45
B.2	Test voltages	45
B.2.1	General	45
B.2.2	Contact electrodes	45
B.2.3	Non-contact electrodes	46
Annex C (normative) Rounding of numbers		47
C.1	Rounding of numbers for the purpose of the fictitious calculation method	47
C.1.1	Rules	47
C.1.2	Illustrations	47
C.2	Rounding of numbers for other purposes	47
Annex D (normative) Calculation of the lower and upper limits for the outer dimensions of cables with circular copper conductors		49
D.1	General	49
D.2	Lower limit for the outer diameter	49
D.3	Upper limit for the outer diameter	49
D.4	Thickness of the mandatory or optional coverings other than the insulation and the sheath(s)	50
Annex E (normative) Cold bend test and impact test for low temperature behaviour		52
E.1	Cold bend test at any specified low temperature	52
E.1.1	Method No. 1	52
E.1.2	Method No. 2	52
E.1.3	Examination and Requirements	53
E.2	Impact test at any specified low temperature	53
E.2.1	Apparatus	53
E.2.2	Procedures	53
E.2.3	Requirements	53
Bibliography		54
Table 1 – Minimum size of conductors		18
Table 2 – Routine test voltage		25

Table 3 – Number of samples according to cable length	26
Table 4 – Tan δ versus voltage	32
Table 5 – Tan δ versus temperature	32
Table 6 – Impulse withstand voltages	33
Table 7 – Test methods and requirements for halogen-free components	38
Table A.1 – Fictitious diameter of conductor	40
Table A.2 – Increase of diameter for concentric conductors and metallic screens made of tape or wire	40
Table A.3 – Assembly coefficient k for laid-up	42
Table A.4 – Coefficient c_f	43
Table B.1 – Recommended minimum spark-test voltages for cables having rated voltage (U_0) between 150 V and 1 800 V	45
Table D.1 – Lower and upper limits of circular copper conductors for cables for fixed installations	51
Table E.1 – Details of low temperature bending test	52

Withd 2014
IECNORM.COM Click to view the full PDF of IEC 60092-350:2014

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTRICAL INSTALLATIONS IN SHIPS –

Part 350: General construction and test methods of power, control and instrumentation cables for shipboard and offshore applications

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 60092-350 has been prepared by subcommittee 18A: Electric cables for ships and mobile and fixed offshore units, of IEC technical committee 18: Electrical installations of ships and of mobile and fixed offshore units.

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

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

- a) reference to IEC 60092-360 for both the insulating and sheathing compounds;
- b) partial discharge tests have been transferred from IEC 60092-354 to align it with IEC 60092-353;
- c) requirements for oil and drilling-fluid resistance (former Annexes F and G) have been transferred to IEC 60092-360;

- d) requirements for cold bending and shocks have been improved;
- e) the document reflects the changes of material types that have been introduced during the development of IEC 60092-353 and IEC 60092-360.

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

FDIS	Report on voting
18A/374/FDIS	18A/378/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.

The list of all the parts of the IEC 60092 series, under the general title *Electrical installations in ships*, 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.

The contents of the corrigendum of November 2018 have been included in this copy.

ELECTRICAL INSTALLATIONS IN SHIPS –

Part 350: General construction and test methods of power, control and instrumentation cables for shipboard and offshore applications

1 Scope

This part of IEC 60092 provides the general constructional requirements and test methods for use in the manufacture of electric power, control and instrumentation cables with copper conductors intended for fixed electrical systems at voltages up to and including 18/30(36) kV on board ships and offshore (mobile and fixed) units.

The reference to fixed systems includes those that are subjected to vibration (due to the movement of the ship or installation) or movement (due to motion of the ship or installation) and not to those that are intended for frequent flexing. Cables suitable for frequent or continual flexing use are detailed in other IEC standards, for example IEC 60227 and IEC 60245, and their uses are restricted to those situations which do not directly involve exposure to a marine environment, for example, portable tools and domestic appliances.

The following types of cables are not included:

- optical fibre;
- sub-sea and umbilical cables;
- data and communication cables;
- coaxial cables.

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 60050-461, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 461: Electric cables*

IEC 60092-353, *Electrical installations in ships – Part 353: Power cables for rated voltages 1 kV and 3 kV*

IEC 60092-360:2014, *Electrical installations in ships – Part 360: Insulating and sheathing materials for shipboard and offshore units, power, control, instrumentation, telecommunication and data cables*

IEC 60228, *Conductors of insulated cables*

IEC 60230, *Impulse tests on cables and their accessories*

IEC 60331-1, *Tests for electric cables under fire conditions – Circuit integrity – Part 1: Test method for fire with shock at a temperature of at least 830 °C for cables of rated voltage up to and including 0,6/1,0 kV and with an overall diameter exceeding 20 mm*

IEC 60331-2, *Tests for electric cables under fire conditions – Circuit integrity – Part 2: Test method for fire with shock at a temperature of at least 830 °C for cables of rated voltage up to and including 0,6/1,0 kV and with an overall diameter not exceeding 20 mm*

IEC 60331-11, *Tests for electric cables under fire conditions – Circuit integrity – Part 11: Apparatus – Fire alone at a flame temperature of at least 750 °C*

IEC 60331-21, *Tests for electric cables under fire conditions – Circuit integrity – Part 21: Procedures and requirements – Cables of rated voltage up to and including 0,6/1,0 kV*

IEC 60332-1-2, *Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions – Part 1-2: Test for vertical flame propagation for a single insulated wire or cable – Procedure for 1 kW pre-mixed flame*

IEC 60332-3-22, *Tests on electric cables under fire conditions – Part 3-22: Test for vertical flame spread of vertically-mounted bunched wires or cables – Category A*

IEC 60684-2, *Flexible insulating sleeving – Part 2: Methods of test*

IEC 60754-1, *Test on gases evolved during combustion of materials from cables – Part 1: Determination of the halogen acid gas content*

IEC 60754-2, *Test on gases evolved during combustion of materials from cables – Part 2: Determination of acidity (by pH measurement) and conductivity*

IEC 60811-201, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 201: General tests – Measurement of insulation thickness*

IEC 60811-202, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 202: General tests – Measurement of thickness of non-metallic sheath*

IEC 60811-203, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 203: General tests – Measurement of overall dimensions*

IEC 60811-401, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 401: Miscellaneous tests – Thermal ageing methods – Ageing in an air oven*

IEC 60811-403, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 403: Miscellaneous tests – Ozone resistance test on cross-linked compounds*

IEC 60811-404, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 404: Miscellaneous tests – Mineral oil immersion tests for sheaths*

IEC 60811-409, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 409: Miscellaneous tests – Loss of mass test for thermoplastic insulations and sheaths*

IEC 60811-501, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 501: Mechanical tests – Tests for determining the mechanical properties of insulating and sheathing compounds*

IEC 60811-504, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 505: Mechanical tests – Bending tests at low temperature for insulations and sheaths*

IEC 60811-505, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 505: Mechanical tests – Elongation at low temperature for insulations and sheaths*

IEC 60811-506, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 505: Mechanical tests – Impact test at low temperature for insulations and sheaths*

IEC 60811-507, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 507: Mechanical tests – Hot set test for cross-linked materials*

IEC 60811-508, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 508: Mechanical tests – Pressure test at high temperature for insulation and sheaths*

IEC 60811-509, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 509: Mechanical tests – Test for resistance of insulations and sheaths to cracking (heat shock test)*

IEC 60885-2, *Electrical test methods for electric cables. Part 2: Partial discharge tests*

IEC 61034-1, *Measurement of smoke density of cables burning under defined conditions – Part 1: Test apparatus*

IEC 61034-2, *Measurement of smoke density of cables burning under defined conditions – Part 2: Test procedure and requirements*

ISO 7989-2:2007, *Steel wire and wire products – Non-ferrous metallic coatings on steel wire – Part 2: Zinc or zinc-alloy coating*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-461 as well as the following terms and definitions apply.

3.1

approximate value

value which is neither guaranteed nor checked

Note 1 to entry: It is used, for example, for the calculation of other dimensional values.

3.2

braid

covering formed from braided metallic or non-metallic material

[SOURCE: IEC 60050-461:2008, 461-05-10, modified ("plaited" replaced by "braided")]

3.3

braid armour

covering formed from braided metal wires used to protect a cable from external mechanical effects

Note 1 to entry: Where the rules of the applicable national, regulatory or approval body permit the practice, it is also possible to use the braid armour as an earth conductor.

Note 2 to entry: Copper-wire braid armour may also provide a limited function of an electrostatic collective screen, provided it is effectively earthed.

3.4

compatibility test

test intended to check that the insulation and sheath are not liable to deteriorate in operation due to contact either with each other or with other components in the cable

3.5

conductor (of a cable)

part of a cable which has the specific function of carrying current

[SOURCE: IEC 60050-461:2008, 461-01-01]

3.6

conductor screen

non-metallic conducting layer applied between the conductor and insulation to equalise the electrical stress between these components

Note 1 to entry: It may also provide smooth surfaces at the boundaries of the insulation and assist in the elimination of spaces at these boundaries

3.7

core-insulated conductor (North America)

assembly comprising a conductor and its own insulation (and screens, if any)

Note 1 to entry: In North American usage, the core of a cable has been defined as the assembly of components of a cable lying under a common covering such as the sheath (jacket).

3.8

drain wire

un-insulated wire laid in contact with an electrical screen or an electrical shield which has the specific function of earthing an electrostatic screen by ensuring a low resistive path throughout the length of the cable

[SOURCE: IEC 60050-461:2008, 461-03-07, modified (addition of text from "... which has ...")]

3.9

electrostatic screen

electrostatic shield (North America)

earthed metallic layer surrounding a cable which confines the electric field generated by the cable within the cable cores, pair(s), triples(s) or quad(s), and/or protects the core(s), pair(s), triple(s) or quad(s) from external influence

Note 1 to entry: Metallic sheaths, foils, braids, armours and earthed concentric conductors may also serve as an electrostatic screen, provided they are effectively grounded or earthed.

3.10

fictitious value

value calculated according to the "fictitious method" described in Annex A

[SOURCE: IEC 60502-2:2005, definition 3.1.4]

3.11

filler

material used to fill the interstices between the cores of a multi-conductor cable

[SOURCE: IEC 60050-461:2008, 461-04-05]

3.12

fire resistance (circuit integrity)

ability to continue to operate in the designated manner whilst subject to a specified flame source for a specified period of time

[SOURCE: IEC 60331-11:2009, definition 3.1, modified (addition of "fire resistance")]

3.13**flexible cable**

cable which is required to be capable of being flexed while in service and of which the structure and materials are such as to fulfil this requirement

[SOURCE: IEC 60050-461:2008, 461-06-14]

3.14**individually screened cable****radial field cable**

cable in which each core is covered with an individual screen

[SOURCE: IEC 60050-461:2008, 461-06-12]

3.15**inner covering**

non-metallic covering which surrounds the assembly of the cores (and fillers, if any) of a multi-conductor cable and over which further layers are applied and which has no mechanical or electrical functions

Note 1 to entry: The inner covering can be either extruded or taped, and in either case forms a continuous layer, which has only an approximate value of thickness and no defined mechanical requirements.

Note 2 to entry: Taped inner coverings are also sometimes called lapped beddings.

[SOURCE: IEC 60050-461:2008, 461-05-02, modified (addition of "further layers ..." and Notes 1 and 2 to entry)]

3.16**inner sheath****inner jacket (North America)**

non-metallic sheath generally applied under a metallic sheath, reinforcement or armour. It should be extruded.

Note 1 to entry: The inner sheath shall have the following properties:

It shall be extruded;

It may be used to fill the interstices;

It shall be of a material listed in IEC 60092-360;

It shall have a defined nominal thickness (value).

3.17**insulated cable**

assembly consisting of

- one or more cores;
- their individual covering(s) (if any);
- assembly protection (if any);
- protective covering(s) (if any).

Note 1 to entry: Additional un-insulated conductor(s) may be included in the cable.

Note 2 to entry: The assembly protection may consist of fillers, binders or inner coverings.

Note 3 to entry: The protective covering(s) consists of one or more "constituent elements" such as a metallic braid, wire or a metallic screen, thermosetting or thermoplastic sheaths, (impregnated) fibrous braid or woven tape, bedding for metal armour or paint for metal armour.

[SOURCE: IEC 60050-461:2008, 461-06-01, modified (addition of Notes 2 and 3 to entry)]

3.18

insulation screen

core screen

electrical screen of non-metallic semi-conducting layer in combination with a metallic layer

[SOURCE: IEC 60050-461:2008, 461-03-03, modified definition]

3.19

length of lay

axial length of one complete turn of the helix formed by one cable component in a twisted construction

[SOURCE: IEC 60050-461:2008, 461-04-01, modified (addition of "in a twisted construction")]

3.20

median value

middle value, when several results have been obtained and ordered in increasing (or decreasing) succession, if the number of available values is odd, and the mean of the two middle values if the number is even

[SOURCE: IEC 60502-2:2005, 3.1.3]

3.21

multi-unit cable

cable consisting of more than one pair, triple or quad unit either unscreened or with an individual electrostatic screen around each unit or having an electrostatic screen applied around the assembly of units (a collective screen) in a twisted construction

3.22

nominal value

value by which quantity is designated, and which is often used in tables

Note 1 to entry: Usually, in this standard, nominal values refer to values which are to be checked by measurements, taking into account specified tolerances.

3.23

oversheath

outer sheath

protective (overall) jacket (North America)

non metallic sheath applied over a covering, generally metallic, ensuring the protection of the cable from the outside

Note 1 to entry: The outer sheath shall have the following properties:

- It shall be extruded;
- It may be used to fill the interstices;
- It shall be of a material listed in IEC 60092-360;
- It shall have a defined nominal thickness (value).

Note 2 to entry: In North-America, the term sheath is generally used for metallic coverings, whereas the term jacket is used only for non-metallic coverings.

3.24

pair unit

two cores laid up with or without interstitial fillers or binder tape(s)

3.25

quad unit

four cores laid up with or without interstitial fillers or binder tape(s)

3.26**separator**

thin layer used as a barrier to prevent mutually detrimental effects between different components of a cable, such as between the conductor and insulation or between insulation and sheath

[SOURCE: IEC 60050-461:2008, 461-05-01]

3.27**single unit cable**

cable consisting of either one pair, triple or quad unit, either unscreened or with an individual electrostatic screen

3.28**stranded conductor**

conductor consisting of a number of individual wires all or some of which generally have a helical form

Note 1 to entry: The cross section of a stranded conductor may be circular or otherwise shaped.

Note 2 to entry: The term “strand” is also used to designate a single wire

[SOURCE: IEC 60050-461:2008, 461-01-07]

3.29**SZ cabling**

method of cabling in which the direction of lay of the cable components is periodically reversed

[SOURCE: IEC 60050-461:2008, 461-04-07]

3.30**triple unit**

three cores laid up with or without interstitial fillers or binder(s)

3.31**tests****3.31.1****routine test**

test made by the manufacturer on each manufactured length of cable to check that each length meets the specified requirements

[SOURCE: IEC 60502-2, definition 3.2.1]

3.31.2**sample test**

test made by the manufacturer on samples of completed cable or components taken from a completed cable, at a specified frequency, so as to verify that the finished product meets the specified requirements

[SOURCE: IEC 60502-2, definition 3.2.2]

3.31.3**type test**

test made before supplying, on a general commercial basis, a type of cable covered by this standard, in order to demonstrate satisfactory performance characteristics to meet the intended application

Note 1 to entry: These tests are of such a nature that, after they have been made, they need not be repeated unless changes are made in the cable materials or design or manufacturing process which might change the performance characteristics.

[SOURCE: IEC 60502-2, definition 3.2.3]

4 Construction requirements

4.1 General requirements

4.1.1 General

The construction of the cable is given in the applicable product standard.

4.1.2 Voltage designation

The standard method of designating the rated voltages of cables covered by this standard shall take the form $U_0/U (U_m)$ where

U_0 is the rated power-frequency voltage between phase conductor and earth or metallic screen, for which the cable is designed;

U is the rated power-frequency voltage between phase conductors for which the cable is designed;

U_m is the maximum value of the "highest system voltage" for which the equipment may be used.

All voltages are given as r.m.s. values.

4.1.3 Cable marking

4.1.3.1 Indication of origin

Cables shall be provided with a continuous indication of origin (manufacturer's name and/or trade mark) by one or more of the following methods:

- printing, indenting or embossing on the outer sheath;
- a printed tape within the cable;
- the inclusion of identification threads within the cable;
- printing on the insulation of at least one core.

The marking shall be legible.

Spacing and dimensions of the indication of origin shall be as given in the applicable product standard.

Conformity shall be checked by visual examination, and the durability of the print, where applicable, shall be in accordance with the test given in 8.20.

NOTE National or regulatory authorities or approval bodies might request the method of marking according to their applicable rules.

4.1.3.2 Rated voltage and cable construction

When specified in the applicable product standard, the rated voltage (U_0/U) and the construction (number of cores and cross-sectional area of the conductors) shall be printed, indented or embossed on the outer sheath.

The marking shall be legible.

Spacing and dimensions shall be as given in the applicable product standard.

Conformity shall be checked by visual examination, and the durability of the print where applicable shall be in accordance with the test as given in 8.20.

4.1.3.3 Optional cable designation/external markings

When agreed between the manufacturer and purchaser, cables may, in addition, be marked with a code designation that signifies the type of insulation/screening/armouring and sheathing materials used in their construction.

The marking shall be by embossing, indenting or printing on the outer sheath.

The marking shall be legible.

Spacing and dimensions shall be as given in the applicable product standard.

Conformity shall be checked by visual examination, and the durability of the print where applicable shall be in accordance with the test as given in 8.20.

4.1.4 Core identification

All cores shall be clearly identified.

The cores of multi-core cables or cores within pair, triple or quad unit(s) shall be identified by colour or numbering as given in the applicable product standard.

The colour or numbering shall be clearly identifiable and durable.

Spacing and dimensions of any numbering shall be as given in the applicable product standard.

Conformity shall be checked by visual examination, and the durability of the print where applicable shall be in accordance with the test as given in 8.20.

4.1.5 Halogen-free cables

For halogen-free cables, the non-metallic components shall meet the requirements given in Table 7.

4.2 Conductors

4.2.1 Material

The conductors shall consist of plain or metal-coated annealed copper.

4.2.2 Metal coating and separator

The component copper wires shall be metal-coated when used for conductors having a cross-linked insulation, unless a separator between the conductor and the insulation is provided, or suitable compatibility type tests are carried out to demonstrate that no harmful effects occur with uncoated copper wires. The metal coating shall be considered as satisfactory if, on visual inspection, the wire surface appears smooth, uniform and bright, and the insulation does not adhere to the conductor.

If a compatibility test is required, it shall be carried out using the method and requirements specified in 8.6.

4.2.3 Class and form

The conductors considered in this standard are intended only for fixed installations and shall comply with class 2 or class 5 of IEC 60228. The minimum nominal conductor size depends on the voltage rating of the cable and shall be in accordance with Table 1.

Stranded copper class 2 conductors are recommended for general fixed-installation systems.

To aid installation, a conductor of class 5 may be used. Cables using class 5 conductors should not be regarded as suitable for repeated flexing in service.

Stranded circular non-compacted or compacted conductors are permitted for all cross-sections. Sector-shaped conductors are permitted for cross-sections of 10 mm² and above.

Table 1 – Minimum size of conductors

<i>U</i>	Nominal cross-sectional area (Minimum) mm ²
250 V	0,5
1 000 V	1,0
3 kV	10
6 kV	10
10 kV	16
15 kV	25
20 kV	35
30 kV	50

The nominal size of the conductors shall be limited to 630 mm² in accordance with the values specified in IEC 60228.

All conductors shall have a regular shape and shall be free from sharp projections and other defects liable to damage the insulation.

4.2.4 Resistance

Unless specified in the applicable standard, the d.c. resistance of the conductors shall not exceed the applicable maximum value given in IEC 60228.

The d.c. resistance of conductors used in multi-unit (pairs, triples or quads) cables shall not exceed the maximum value given in the applicable product standard.

The d.c. resistance of drain wires shall not exceed the maximum value given in the applicable product standard.

Braids, including an optional earth lead underneath and in continuous contact with the braid, and armours, when used as earthing conductors, should have a value of conductance at least equal to that of the value for phase conductors for cross-sections up to and including 16 mm² and 50 % of the value for phase conductors with cross-sections greater than 16 mm².

The use of braids or armours as earthing conductors may not be permitted in some countries or by some approval authorities.

4.3 Insulation system

4.3.1 Material

The insulation system shall consist of at least one of the following:

- a) one of the insulation compounds listed in IEC 60092-360;
- b) a combination of two or more layer(s) of the insulation compounds listed in IEC 60092-360 that complies with the full requirements of one type;
- c) a combination of one or more layers of inorganic tape(s), and one or more layer(s) of the insulation compounds listed in IEC 60092-360 that complies with the full requirements of one type.

4.3.2 Application

The insulation shall be extruded in one or more closely adherent layers. The insulation system shall form a compact and homogeneous body and shall be so applied that it fits closely onto the conductor or tape(s), if any.

It shall be possible to remove the insulation without damaging the conductor or the metal coating, if any.

Compliance shall be checked by visual inspection.

4.3.3 Insulation thickness

The thickness of insulation is specified for each size and type of cable in the applicable product standard.

For single core or multi-core cables, the thickness at any point may be less than the specified value, provided the difference does not exceed $0,1\text{mm} + 10\%$ of the specified value.

For single-unit or multi-unit cables, the thickness at any point may be less than the specified value, provided the difference does not exceed $0,1\text{mm} + 20\%$ of the specified value.

The thickness of any separator, screen or inorganic tape(s) applied over the conductor or over the insulation shall not be included in the thickness of insulation.

4.4 Screens

4.4.1 Conductor and insulation screens for high-voltage cables

4.4.1.1 Conductor screen

The conductor screen shall consist of an extruded semi-conducting compound which may be applied over a semi-conducting tape.

The extruded semi-conducting compound shall be firmly bonded to the insulation.

4.4.1.2 Insulation screen

The insulation screen shall consist of a non-metallic semi-conducting layer in combination with a metallic layer. The non-metallic layer shall be extruded directly upon the insulation of each core and consist of either a bonded or strippable semi-conducting compound.

A layer of semi-conducting tape or compound may then be applied over the individual cores or core assembly.

The metallic layer shall be applied over the individual cores.

The metallic layer shall consist of one or more tapes, or a braid, or a concentric layer of wires, or a combination of tape(s) and wires.

The dimensional, physical and electrical requirements of the metallic layer shall be determined taking into account any other requirements (for example, national or approval authority regulations and standards), including the value of current to be carried in the case of fault.

4.4.2 Screens (shields) for low voltage cables

4.4.2.1 Construction

The screen shall consist of one of the following:

- a) a metal/polyester laminated electrostatic screening tape applied with the metallic side in contact with a drain wire or a metallic screening tape with an appropriate overlap.

The metal/polyester tape shall be either aluminium-bonded to polyester or copper-bonded to polyester. The thickness of the tape is specified in the applicable product standard. The metal/polyester tape shall be in contact with a drain wire which shall be composed of metal-coated annealed copper wires in the case of aluminium laminate tape and either plain or tinned annealed copper wires in the case of copper laminate tape. The maximum resistance of the drain wire is specified in the applicable product standard.

- b) The metallic screening tape shall be a plain or metal-coated tape. The thickness of the tape is specified in the applicable product standard; or,
- c) a plain copper or metal-coated copper braid with a drain wire if necessary applied in accordance with the formula given in 4.8.2, or
- d) a combination of a) and c) or b) and c) above. Using this option, the drain wire may be omitted.

4.4.2.2 Application

The screen may be applied either over a single unit as an individual screen or over a formation of multi-cores or multi-units as a collective screen.

NOTE The electrostatic screens may also serve as an electromagnetic screen, in which case the requirements need to be verified with the customer.

In multi-unit cables, the individual electrostatic screens shall be electrically isolated both from each other and the collective screen, if any.

4.5 Cabling

4.5.1 Multi-core cables

The individual cores shall be twisted together in concentric layers with either a right- or left-hand lay. The use of reversed lay (S/Z) formations is permitted. When necessary, filler(s) or extruded layers as detailed in 4.6 may be used to obtain a circular cable.

A non-hygroscopic binder tape or tapes may be applied over each layer.

4.5.2 Multi-unit cables

The formation of the individual units and then the assembly of the units shall be in accordance with the applicable product standard.

4.6 Inner coverings, fillers and binders

The inner covering, if any, may be extruded or lapped, as specified in the relevant standard of the cable. The inner covering shall be extruded in case of a braid armour of galvanised steel wires.

It shall be possible to remove the inner covering without damaging the underlying components.

Taped inner coverings shall be applied in one or more overlapping layers.

An open helix of suitable tape is permitted as a binder before application of an extruded inner covering. The thickness of the binder tape is optional.

The inner covering, fillers and binders, if any, shall be of non-hygroscopic material. The material selected shall be compatible with cable components with which it is in contact and compatible with the operating temperature of the cable.

NOTE In hazardous locations, inner coverings used instead of an inner sheath will not prevent the migration of combustible gas or dust particles through the cable. This is normally prevented by hazardous location rated cable glands dependent upon an impervious inner sheath on which to effect a seal.

4.7 Inner sheath

4.7.1 Material

The inner sheath material shall be selected from one of those listed in IEC 60092-360. The sheathing compound selected shall be compatible with the cable components with which it is in contact and compatible with the operating temperature of the cable.

4.7.2 Application

The inner sheath shall be extruded in one or more closely adherent layers. The inner sheath shall form a compact and homogeneous body and shall be so applied that it fits closely onto the underlying components.

It shall be possible to remove the inner sheath without damaging the underlying insulation and/or screen(s).

4.7.3 Thickness of inner sheath

The thickness of the inner sheath for each size and type of cable shall be as specified in the applicable product standard.

Unless specified in the applicable product standard, the thickness at any point may be less than the specified value, providing the difference does not exceed 0,1 mm + 15 % of the specified value for sheaths applied on a smooth cylindrical surface, or 0,2 mm + 20 % of the specified value for sheaths applied on an irregular cylindrical surface.

The thickness of any tape(s) under or over the inner sheath shall not be included in the measurement of the thickness of the inner sheath.

4.8 Metal braid armour

4.8.1 Material

The metal braid armour shall be made of zinc-coated (galvanized) steel wires complying with the galvanizing test specified in 8.12 and ISO 7989-2, or copper, metal-coated copper or copper-alloy wires.

For high voltage cables described in IEC 60092-354, the use of double steel tape armour and round or flat steel wire armour are permitted. For further guidance on construction, see IEC 60502-2.

4.8.2 Application

The "coverage density" of the braid shall be such that the weight of the braid is at least 90 % of the weight of a tube of the same metal, having an internal diameter equal to the calculated internal diameter under the braid and a thickness equal to the nominal diameter of the wires forming the braid.

The diameter under the braid is calculated with the fictitious method given in Annex A.

NOTE An alternative method for evaluating the "coverage density" of symmetrical braids is given by the following formula giving the "filling factor", F :

$$F = \frac{NPd}{\sin \alpha} \quad \text{or} \quad (mnd/2\pi D) (1 + \pi^2 D^2/L^2)^{1/2}$$

Where

α : is the slope angle between the cable axis and the braid wires;

d : is the diameter of braid wire;

N : is the number of wires per carrier;

P : is the number of picks per millimetre;

m : is the total number of spindles;

n : is the total number of ends per spindle;

D is the mean diameter of the braid;

L is the lay length of the braiding wire.

The corresponding "coverage density", expressed as a percentage, is given by the formula:

$$G = \frac{\pi}{2} \cdot F \cdot 100$$

The coverage density G of (90 %) is reached for a value of filling factor F of 0,573.

4.9 Outer sheath

4.9.1 Material

The sheath shall be selected from one of those listed in IEC 60092-360. The sheathing compound selected shall be compatible with the cable components with which it is in contact and compatible with the operating temperature of the cable.

4.9.2 Application

The outer sheath shall be extruded in one or more closely adherent layers. The outer sheath shall form a compact and homogeneous body and shall be so applied that it fits closely onto the underlying components.

It shall be possible to remove the outer sheath without damaging the underlying insulation and/or screen(s).

4.9.3 Thickness of outer sheath

The thickness of sheath for each size and type of cable shall be as specified in the applicable product standard.

Unless specified in the applicable product standard, the thickness at any point may be less than the specified value if any, providing the difference does not exceed 0,1 mm + 15 % of the specified value for sheaths applied on a smooth cylindrical surface, or 0,2 mm + 20 % of the specified value for sheaths applied on an irregular cylindrical surface.

5 Test methods

5.1 Test conditions

5.1.1 Ambient temperature

Unless otherwise specified in the details for the particular test, tests shall be made at an ambient temperature of $(20 \pm 15) ^\circ\text{C}$.

5.1.2 Frequency, waveform and magnitude of power-frequency test voltages

The frequency of the alternating test voltages shall be in the range 49 Hz to 61 Hz. The waveform shall be substantially sinusoidal. The power-frequency test voltages given in this standard are r.m.s. values.

5.2 Routine tests

5.2.1 General

The routine tests required by this standard are:

- Measurement of the electrical resistance of conductors (see 5.2.2);
- Voltage test (see 5.2.3);
- Partial discharge test for rated voltages 6 kV up to 30 kV (see 5.2.4).

The routine tests are normally carried out on each manufactured cable length and may be carried out, at the manufacturer's option, either on delivery lengths or on manufactured lengths before they are cut into delivery lengths.

5.2.2 Measurement of the electrical resistance of the conductors

Resistance measurements shall be made on all conductors of each cable length submitted to the routine test.

The completed cable length, or a sample from it, shall be placed in the test room, which shall be maintained at a reasonably constant temperature for at least 12 h before the test. In the case of doubt as to whether the conductor temperature is the same as the room temperature, the resistance shall be measured after the cable has been in the test room for 24 h. As an alternative, the resistance shall be measured on a sample of conductor conditioned for at least 1 h in a temperature-controlled liquid bath.

The measured value of resistance shall be corrected to a temperature of 20 °C and 1 km in length in accordance with the formulae and factors given in IEC 60228.

Unless otherwise stated in the applicable product standard, the d.c. resistance of each conductor at 20 °C shall not exceed the appropriate maximum value specified for the applicable class of conductor in IEC 60228.

5.2.3 Voltage test

5.2.3.1 General

The voltage test shall be made at ambient temperature using, at the manufacturer's option, alternating voltage at power frequency, direct voltage or, where applicable, spark testing (high-frequency or other forms of voltage).

5.2.3.2 Single-core cable without metallic layer

If the single-core cable has no metallic layer, the cable as delivered shall be immersed in water at ambient temperature for a minimum period of 1 h.

A voltage shall be applied between the conductor and the water.

The voltage and the duration of its application shall be as given in Table 2.

Alternatively the whole length of the completed cable as delivered shall be spark-tested (see 5.2.3.7).

5.2.3.3 Multi-core cable and cables with one or more metallic layers

A voltage shall be applied in turn between each conductor and each of the other conductors and the metallic layer, if any. The conductors may be suitably connected for successive applications of the test voltage to limit the total testing time, provided that the sequence of connections ensures that the voltage is applied for at least 5 min without interruption between each conductor and each other conductor and between each conductor and the metallic layer, if any.

In radial field cables, the voltage shall be applied between the conductor and the core screen.

The voltage and the duration of its application shall be as given in Table 2.

5.2.3.4 Voltage test on sheath

The test shall be made on sheathed cable where there is a metallic layer under the sheath.

The whole length of the completed cable as delivered shall be spark-tested (see 5.2.3.7).

5.2.3.5 Test voltage

Unless otherwise stated in the applicable product standard for the cable, the values of the test voltage for the standard rated voltages are given in Table 2.

Table 2 – Routine test voltage

Rated voltage of cable U_0/U kV	Test voltage for 5 min	
	alternating current (a.c.) kV	direct current (d.c.) ^a kV
0,15/0,25	1,5	3,6
0,6/1	3,5	8,4
1,8/3	6,5	15,6
3,6/6	12,5	–
6/10	21	–
8,7/15	30,5	–
12/20	42	–
18/30	63	–

NOTE The values for enhanced insulation thickness are given in the product standard.

^a DC testing is not recommended for cables with rated voltages > 1,8/3 kV.

5.2.3.6 Requirement

The test voltage shall be increased gradually to the specified value and no breakdown of the insulation shall occur.

5.2.3.7 Spark test

When specified, this test shall be carried out in the final stage of manufacture.

The cable shall withstand the test voltage specified without failure of the insulation or sheath as appropriate. The spark test equipment used shall detect a puncture in the insulation or sheath having a diameter equal to or greater than, half the specified insulation or sheath thickness. The recovery time of the spark tester shall be not greater than 1 s.

The magnitude and presence of the voltage shall be such that, with the electrode system used and at the speed used for the passage of the cable through the spark tester, the test requirements are met.

Unless otherwise stated in the applicable product standard for the cable, the values of the test voltage for insulation shall be:

- a.c. (50 Hz) 3,0 kV + (5 × tabulated insulation thickness in mm) kV
- d.c. V a.c. × 1,5
- H.F. V a.c. + 1,0 kV

Unless otherwise stated in the applicable product standard for the cable, the values of the test voltage for sheath shall be:

- a.c. (50 Hz) 3,0 kV
- d.c. V a.c. × 1,5

NOTE The adoption of IEC 62230 is under consideration (see Annex B).

5.2.4 Partial discharge test

The partial discharge test shall be carried out in accordance with IEC 60885-2.

The magnitude of the discharge at 1,73 U_0 shall not exceed 5 pC.

6 Sample tests

6.1 General

The sample tests required by this standard are:

- a) Conductor examination (see 6.4);
- b) Check of dimensions (see 6.5 to 6.7);
- c) Hot-set test for insulations and sheaths (see 6.8);
- d) Insulation resistance test (volume resistivity determination see 6.9).

6.2 Frequency of sample tests

- a) Conductor examination and check of dimensions

Conductor examination, measurement of the thickness of insulation and sheath and measurement of the overall diameter, if required by the purchaser, shall be made on one length from each manufactured series of the same type and size of cable, but shall be limited to not more than 10 % of the number of lengths in any one contract.

- b) Physical tests

By agreement between the purchaser and manufacturer, the test specified shall be made on samples taken from cables manufactured for the contract, provided that the total length in the contract exceeds 2 km of multi-core cables or 4 km of single-core cables. The number of samples to be tested is given in Table 3.

Table 3 – Number of samples according to cable length

Cable length				Number of samples
Multi-core cables		Single-core cables		
Above km	Up to and including km	Above km	Up to and including km	
2	10	4	20	1
10	20	20	40	2
20	30	40	60	3
> 30	–	> 60	–	a b
NOTE				
a For multicore cable lengths >30 km, add one sample for each additional 10 km				
b For single core cable lengths >60 km, add one sample for each additional 20 km				

6.3 Repetition of tests

If any sample fails any of the tests of 6.2, two further samples shall be taken from the same batch and submitted to the same test or tests in which the original sample failed. If both additional samples pass the tests, all the cables in the batch from which they were taken shall be regarded as complying with the requirements of this standard. If either of the additional samples fails, the batch from which they were taken shall be regarded as failing to comply.

6.4 Conductor examination

Compliance with the requirements of IEC 60228 for conductor construction shall be checked by inspection and by measurement when applicable.

6.5 Measurement of thickness of insulation

6.5.1 General

Each cable length selected for the test shall be represented by two pieces of cable, one taken from each end, any portion which may have suffered damage being discarded.

For cables having more than three cores of equal nominal cross-section, the number of cores on which the measurements are to be made shall be limited to either three cores, or 10 % of the cores, whichever number is greater.

6.5.2 Procedure

The test procedure shall be in accordance with the IEC 60811-201.

6.5.3 Requirements

For each piece of core, the smallest value, rounded off to the nearest 0,01 mm (see Annex C) shall not be less than specified in the applicable product standard.

If the measured value on either of the two pieces fails to meet the requirements specified in 4.3.3, two further pieces shall be checked. If both of these further pieces meet the specified requirements, the cable is deemed to comply, but if one of them does not meet the requirements, the cable is deemed not to comply.

6.6 Measurements of thickness of non-metallic sheaths

6.6.1 General

Each cable length selected for the test shall be represented by two pieces of cable, one taken from each end, any portion which may have suffered damage having been discarded.

6.6.2 Procedure

The test procedure shall be in accordance with IEC 60811-202.

6.6.3 Requirements

For each piece of sheath, the smallest value, rounded off to the nearest 0,01 mm (see Annex C) shall not be less than specified in the applicable product standard.

If the measured value on either of the two pieces fails to meet the requirements specified in 4.7.3 or 4.9.3, two further pieces shall be checked. If both of these further pieces meet the specified requirements, the cable is deemed to comply, but if one of them does not meet the requirements, the cable is deemed not to comply.

6.7 Measurement of external diameter

If the measurement of the external diameter of the cable is required as a sample test, it shall be carried out in accordance with IEC 60811-203.

6.8 Hot-set test for insulations and sheaths

6.8.1 General procedure

The sampling and test procedure shall be carried out in accordance with IEC 60811-507 employing the conditions given in IEC 60092-360 for the insulation and for the sheath.

6.8.2 Requirements

The test results shall comply with the requirements given in IEC 60092-360 for the insulation and for the sheath.

6.9 Insulation resistance test (volume resistivity determination)

The insulation resistance shall be measured at ambient temperature using a d.c. voltage of 80 V to 500 V, after any a.c. high-voltage test has been carried out, but before any d.c. high-voltage test is carried out.

The measurement shall in general be effected 1 min after application of the voltage. In certain cases, however, in order to reach a substantial steady-state condition, the time of application may be prolonged up to a maximum of 5 min.

The connection procedure in carrying out the test on different types of cables shall be as follows.

- For single-core cables with a metallic layer, the insulation resistance measurement shall be performed between the conductor and the metallic covering.
- For single-core cables without a metallic layer, the insulation resistance measurement shall be performed between the conductor and the water in which the cable shall be immersed at least 1 h before the test.
- For cables having two to five conductors, with or without metallic layer, the insulation resistance measurement shall be performed in turn between each conductor and all other conductors connected together and to the metallic covering, if any.
- For cables having more than five conductors, the insulation resistance measurement test shall be performed: first, between all conductors of uneven number in all layers and all conductors of even number in all layers; second, between all conductors of even layers and all conductors of uneven layers; third, if necessary, between the first and the last conductor of each layer having an uneven number of conductors.
- For cables with individually screened units, an additional insulation resistance test shall be performed in turn between each screen and all other screens connected together and to the metallic armour, if any.

The measurement values of the insulation resistance shall be corrected to the reference temperature of 20 °C by using an appropriate temperature correction factor based on experimental results obtained on the insulation material concerned.

Volume resistivity (ρ) shall be calculated from the measured insulation resistance by the formula:

$$\rho = 2 \pi LR / \ln(D/d)$$

where

ρ : is the volume resistivity in ohms centimetre;

R : is the measured insulation resistance, corrected to 20 °C, in ohms;

L : is the length of the cable, in centimetres;

D : is the outer diameter of the insulation, in millimetres;

d : is the inner diameter of the insulation, in millimetres.

The calculated value of volume resistivity (ρ) shall be not less than the value specified for the applicable insulating material in IEC 60092-360.

NOTE 1 In some instances, the value for the volume resistivity is given in the form of the "insulation resistance constant K_i " value (expressed in M Ω ·km) which is equivalent to $0,367 \times 10^{-11} \rho$ (ρ expressed in Ω ·cm).

NOTE 2 For the core of shaped conductors, the ratio D/d is the ratio of the perimeter over the insulation to the perimeter over the conductors.

7 Type tests, electrical

7.1 General

The type tests defined by this standard, and to be applied on samples of completed cable, 10 m to 15 m long unless otherwise specified, are the following:

- a) Insulation resistance measurement at ambient temperature (see 7.2.1);
- b) Insulation resistance measurement at the maximum rated temperature (see 7.2.2);
- c) Increase of the a.c. capacitance after immersion in water when required (see 7.3);
- d) High-voltage test for 4 h (see 7.4);
- e) Mutual capacitance (see 7.5);
- f) Inductance (see 7.6).

7.2 Insulation resistance measurement

7.2.1 Measurement at ambient temperature

7.2.1.1 General

This test shall be made on the sample length before any other electrical test. All outer coverings shall be removed and the cores shall be immersed in deionised water at ambient temperature at least 1 h before the test. The measurement shall be made between the conductor and the water (see 7.4).

The d.c. test voltage shall be in the range 80 V to 500 V and shall be applied for not less than 1 min and not more than 5 min. If requested, the measurement may be confirmed at $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

7.2.1.2 Calculations

Volume resistivity (ρ) shall be calculated by the method given in 6.9.

NOTE In some instances, the value for the volume resistivity is given in the form of the "insulation resistance constant K_i " value (expressed in $\text{M}\Omega\cdot\text{km}$) which is equivalent to $0,367 \cdot 10^{-11} \rho$ (ρ expressed in $\Omega\cdot\text{cm}$).

7.2.1.3 Requirements

The calculated value of volume resistivity (ρ) shall be not less than the value specified for the applicable insulating material in IEC 60092-360.

7.2.2 Measurement at maximum rated temperature

7.2.2.1 General

The cores of the cable sample with all outer coverings removed shall be immersed in water, which shall be heated at the specified temperature for at least 1 h before test.

The d.c. test voltage shall be in the range 80 V to 500 V and shall be applied for not less than 1 min and not more than 5 min.

7.2.2.2 Calculations

Volume resistivity (ρ) shall be calculated by the method given in 6.9.

NOTE In some instances, the value for the volume resistivity is given in the form of the "insulation resistance constant K_i " value (expressed in $M\Omega \cdot km$) which is equivalent to $0,367 \cdot 10^{-11} \rho$ (ρ expressed in $\Omega \cdot cm$).

7.2.2.3 Requirements

The calculated value of volume resistivity (ρ) shall be not less than the value specified for the applicable insulating material in IEC 60092-360.

7.3 Increase in a.c. capacitance after immersion in water

7.3.1 General

The increase in a.c. capacitance test shall be carried out in accordance with the following method.

7.3.2 Preparation of test specimens

Every test specimen shall consist of a core sample 4,5 m long in which any covering of the insulation (including vulcanization tape, if any) has been removed.

7.3.3 Apparatus

A water tank shall be used so that the central portion of the test specimen is immersed over a length of 3 m whilst a length of 0,7 m is maintained above the water level at each end.

The water shall be thermostatically maintained at a temperature of $(50 \pm 2) ^\circ C$.

The water level shall be maintained constant.

7.3.4 Procedure

The test specimen shall first be dried for 24 h in an oven, the air of which is maintained between $70 ^\circ C$ and $75 ^\circ C$.

As soon as the test specimen is removed from the oven, the specimen shall be immersed, as indicated above, in tap water which has been previously heated to $50 ^\circ C$.

The immersion shall be maintained at this temperature for 14 days.

The capacitance between the conductor and the water shall be measured with low-voltage a.c. at a frequency of $900 \text{ Hz} \pm 100 \text{ Hz}$. Three measurements shall be carried out:

- at the end of the first day: C1;
- at the end of the seventh day: C7;
- at the end of the fourteenth day: C14.

Precaution must be taken to ensure that the temperature and the water level are the same for all measurements.

The increase in a.c. capacitance shall be calculated and expressed in a percentage:

- a) between the end of the first day and the end of the fourteenth day: $(C14-C1)/C1$;
- b) between the end of the seventh day and the end of the fourteenth day: $(C14-C7)/C7$.

7.3.5 Requirements

The values calculated from the measurements shall be not more than those specified in IEC 60092-360.

7.4 High-voltage test for 4 h up to 1,8/3 kV

7.4.1 General

The cores of the cable sample with all outer coverings removed shall be immersed in deionised water at room temperature for at least 1 h.

A power-frequency voltage equal to three times the rated voltage U_0 shall be gradually applied and maintained continuously for 4 h between the conductor and the water.

7.4.2 Requirement

No breakdown of the insulation shall occur.

7.5 Mutual capacitance (control and instrumentation cables only)

The mutual capacitance shall be measured at 1 kHz on a total of at least two pairs, triples or quads that have been selected at random from the inner and outer layers. The values obtained shall be recorded in the cable type-test report.

7.6 Inductance to resistance ratio (control and instrumentation cables only)

The inductance-to-resistance ratio (L/R ratio) shall be calculated from measurements of inductance (L) made at 1 kHz on a total of at least two pairs, triples or quads that have been selected at random from the inner and outer layers and the d.c. resistance measured at 20 °C. The values obtained shall be recorded in the cable type-test report.

7.7 High voltage sequence test (cables having a voltage rating higher than 3,6/6 (7,2) kV)

7.7.1 General

The electrical type tests listed in clause 7.7 shall be performed on a sample of completed cable 10 m to 15 m in length between the test accessories.

With the exception of the provisions in 7.7.2, all the tests listed in 7.7.1 shall be applied successively to the same sample.

In the three-core cables, each test or measurement shall be carried out on all the cores.

The normal sequence of tests shall be:

- Partial discharge test (see 7.7.3).
- Bending test, plus partial discharge test. The magnitude of the discharge at $1,73 U_0$ shall be recorded (see 7.7.4).
- Tan δ measurement as a function of the voltage (see 7.7.5).
- Tan δ measurement as a function of the temperature (see 7.7.6).
- Heating cycle test plus partial discharge test. The magnitude of the discharge at $1,73 U_0$ shall be recorded (see 7.7.7).
- Impulse withstand test, followed by a power-frequency voltage test (see 7.7.8).
- Voltage test for 4 h (see 7.7.9).

7.7.2 Special provisions

Tests c) and d) in 7.7.1 may be carried out on a different sample from the sample used for the normal sequence of tests listed.

7.7.3 Partial discharge test

The partial discharge test shall be carried out as described in IEC 60885-2.

The magnitude of discharge at $1,73 U_0$ shall be measured and recorded. This value shall not be higher than 5 pC.

7.7.4 Bending test

- a) The sample shall be bent around a test cylinder (for example the hub of a drum) at room temperature for at least one complete turn. It shall then be unwound, and the process repeated, except that the bending of the sample shall be in the reverse direction.

This cycle of operations shall be carried out three times.

- b) The diameter of the cylinder shall be:

- for single-core cables: $20 (d + D) \pm 5 \%$;
- for three-core cables: $15 (d + D) \pm 5 \%$;

where:

D is the actual external diameter of the cable sample, in millimetres;

d is the actual diameter of the conductor, in millimetres.

- c) On completion of this test, the sample shall be subjected to a partial discharge measurement and shall comply with the requirements given in 7.7.3 above.

7.7.5 Tan δ measurement as a function of the voltage

- a) The power factor of the sample mechanically conditioned, as described in a) and b) of 7.7.4, shall be measured at ambient temperature with a power-frequency voltage of $0,5 U_0$, U_0 and $2 U_0$.
- b) The measurement value shall not exceed those given in Table 4.

Table 4 – Tan δ versus voltage

	EPR, HEPR	XLPE
Maximum tan δ at U_0	200×10^{-4}	40×10^{-4}
Maximum increment of tan δ between $0,5 U_0$ and $2 U_0$	25×10^{-4}	20×10^{-4}

7.7.6 Tan δ measurement as a function of the temperature

- a) The sample of completed cables shall be heated by one of the methods described below; in each method the temperature of the conductor shall be determined either by measuring the conductor resistance, or by a thermometer in the bath or oven or on the surface of the screen.

The sample shall be placed either in a tank of liquid or in an oven, or heating current shall be passed through the metallic insulation screen.

The temperature shall be raised gradually, until the conductor has reached the highest rated temperature given in IEC 60092-360.

- b) The power factor shall be measured with a power-frequency voltage of 2 kV at the temperature specified above.
- c) The measured values shall comply with the requirements given in Table 5.

Table 5 – Tan δ versus temperature

	EPR, HEPR	XLPE
Maximum tan δ at ambient temperature	200×10^{-4}	40×10^{-4}
Maximum tan δ at rated temperature (90 °C)	400×10^{-4}	80×10^{-4}

7.7.7 Heating cycle test plus partial discharge test

- a) The sample, which has been subjected to the previous tests, shall be laid out on the floor of the test room, and heated by passing alternating current through the conductor, until the conductor reaches a steady temperature 10 °C above the maximum rated temperature of the insulation in normal operation.

For multicore cables, the heating current shall be passed through all conductors.

This heating current shall be applied for at least 2 h, followed by at least 4 h of natural cooling in air.

This cycle shall be repeated twice more.

- b) After the third cycle, the sample shall be subjected to the partial discharge measurement described in 7.7.3 and shall comply with the requirements of that subclause.

7.7.8 Impulse withstand test, followed by a power-frequency voltage test

- a) This test shall be performed on the sample at a conductor temperature 5 °C above the maximum rated operating temperature of the insulation.

The impulse voltage shall be applied according to the procedure given in IEC 60230.

- b) The cable shall withstand without failure 10 positive and 10 negative voltage impulses, of the appropriate value given in Table 6.

Table 6 – Impulse withstand voltages

Rated voltage U_0	kV	3,6	6,0	8,7	12	18
Test voltage	kVp	60	75	95	125	170

- c) After the test given in items a) and b), the cable sample shall be subjected, at room temperature, to a power-frequency voltage test for 15 min (on each core).

The values of the test voltage shall be those specified in Table 2.

No breakdown of the insulation shall occur.

7.7.9 High-voltage test for 4h

The test shall be carried out on a sample of completed cable at least 5 m in length between the test terminations.

A power-frequency voltage of 4 U_0 shall be applied for 4 h at room temperature between each conductor and metallic screen(s).

The test voltage shall be increased gradually to the specified value, and maintained for 4 h. No breakdown of the insulation shall occur.

8 Type tests, non-electrical

8.1 General

The non-electrical type tests required by this standard are the following.

8.2 Measurement of thickness of insulation

See sample test of 6.5.

8.3 Measurement of thickness of non-metallic sheaths (excluding inner coverings)

See sample test of 6.6.

8.4 Tests for determining the mechanical properties of insulation before and after ageing

8.4.1 Sampling

Sampling and the preparation of the test pieces shall be carried out as described in IEC 60811-501.

8.4.2 Ageing treatments

Ageing treatments shall be carried out as described in IEC 60811-401 under the conditions specified in IEC 60092-360.

Tensile tests before and after ageing with copper conductor are not applicable for cables with a voltage rating above 0,6/1,0 (1,2) kV.

8.4.3 Conditioning and mechanical tests

Conditioning and the measurement of mechanical properties shall be carried out as described in IEC 60811-501.

8.4.4 Requirements

The test results for unaged and aged pieces shall comply with the requirements given in IEC 60092-360.

8.5 Tests for determining the mechanical properties of sheaths before and after ageing

8.5.1 Sampling

Sampling and the preparation of the test pieces shall be carried out as described in IEC 60811-501.

8.5.2 Ageing treatments

Ageing treatments shall be carried out as described in IEC 60811-401 under the conditions specified in IEC 60092-360.

8.5.3 Conditioning and mechanical tests

Conditioning and measurement of mechanical properties shall be carried out as described in IEC 60811-501.

8.5.4 Requirements

The test results for unaged and aged test pieces shall comply with the requirements given in IEC 60092-360.

8.6 Additional ageing test on pieces of completed cables (compatibility test)

8.6.1 General

This test is intended to check that the insulation and sheath are not liable to deteriorate in operation due to contact with each other or with other components in the cable.

The test is applicable to cables of all types.

8.6.2 Sampling

Samples shall be taken from the completed cable as described in IEC 60811-401.

8.6.3 Ageing treatment

Ageing treatment of the pieces of cable shall be carried out in an air oven, as described in IEC 60811-401 under the following conditions.

- Temperature: (10 ± 2) °C above the rated operating conductor temperature of the cable or, if the operating temperature of the cable is not known, (10 ± 2) °C above the highest rated temperature for the insulating material (see Table 2 of IEC 60092-360:2014).
- Duration: 7×24 h.

8.6.4 Mechanical tests

Test pieces of insulation and sheath from the aged pieces of cables shall be prepared as described in IEC 60811-501 and subjected to mechanical tests

8.6.5 Requirements

The variations between the median values of tensile strength and elongation at break before and after ageing shall not exceed the corresponding values applying to the test for ageing in an air oven specified in IEC 60092-360 for the insulation and for the sheath.

8.7 Loss of mass test on PVC ST2 sheath

8.7.1 Procedure

The sampling and test procedure shall be in accordance with IEC 60811-409.

8.7.2 Requirements

The test results shall comply with the requirements given in IEC 60092-360 for ST2 sheaths.

8.8 Test for the behaviour of PVC ST2 and halogen-free SHF 1 sheaths at high temperature (hot pressure test)

8.8.1 Procedure

The sampling and test procedure shall be in accordance with IEC 60811-508 employing the test conditions given in the test method and in IEC 60092-360.

8.8.2 Requirements

The test results shall comply with the requirements given in IEC 60092-360 for ST2 and SHF1 sheaths.

8.9 Test for the behaviour of PVC sheath ST2 and halogen-free SHF 1 and SHF 2 sheaths at low temperature

8.9.1 Procedure

The sampling and test procedure shall be in accordance with IEC 60811-506 for cold impact and IEC 60811-504 for cold bending or IEC 60811-505 for elongation at break when the cable is not subjected to bending test.

The tests shall be carried out at a test temperature of (-15 ± 2) °C.

8.9.2 Requirements

The test results shall comply with the requirements given in IEC 60092-360.

8.10 Special test for low temperature behaviour (when required)

The test procedures and requirements for low temperature behaviour are defined in Annex E.

The tests shall be carried out at a test temperature of $(-40 \pm 2) ^\circ\text{C}$ for the cold bending and at $(-35 \pm 2) ^\circ\text{C}$ for the cold impact test.

8.11 Test of the metal coating of copper wires

The metal coating shall be considered satisfactory, if, on visual inspection (see 6.4), the wire surface appears smooth, uniform and bright, and the insulation is not adherent to the conductor.

8.12 Galvanizing test

When a galvanizing test is required for checking the resistance of steel wires against rusting, the immersion test specified in 5.3 of ISO 7989-2:2007 shall be carried out on wire specimens taken from the cable sample.

8.13 Test for resistance of PVC ST2 and halogen-free SHF1 sheaths to cracking (heat shock test)

8.13.1 Procedure

The sampling and test procedure shall be in accordance with IEC 60811-509.

The test temperature and period of heating shall be in accordance with IEC 60092-360.

8.13.2 Requirements

The test results shall comply with the requirements given in IEC 60811-509.

8.14 Ozone resistance test for insulation and for sheaths

8.14.1 Procedure

The sampling and test procedure shall be carried out in accordance with IEC 60811-403.

The ozone concentration and test period shall be in accordance with IEC 60092-360.

8.14.2 Requirements

The test results shall comply with the requirements given in IEC 60811-403.

8.15 Hot oil immersion test and enhanced hot oil immersion test for sheaths

8.15.1 Hot oil immersion test

8.15.1.1 Procedure

The sampling and test procedure shall be carried out in accordance with IEC 60811-404, employing the conditions given in IEC 60092-360.

8.15.1.2 Requirements

The test results shall comply with the requirements given in IEC 60092-360.

8.15.2 Enhanced hot oil immersion test (when required)

The test procedures and requirements shall be in accordance with IEC 60092-360.

8.16 Mud drilling fluid test (when required)

Drilling fluid resistance test procedures and requirements shall be in accordance with IEC 60092-360.

8.17 Fire tests

8.17.1 Flame-spread test on single cables

This test shall be carried out on samples of completed cables.

The test method and requirements shall be in accordance with IEC 60332-1-2.

8.17.2 Flame-spread test on bunched cables

The cables shall be tested according to IEC 60332-3-22. However, the touching configuration (in one or more layers) and the standard 300 mm wide ladder shall be used for all conductor sizes.

8.17.3 Smoke emission test

This test shall be carried out on samples of completed cables claimed to have low smoke emission.

The test method and requirements shall be those specified in IEC 61034-1 and IEC 61034-2.

8.17.4 Acid gas emission test

This test shall be carried out on the non-metallic components of cables claimed to be halogen free.

The test method shall be that specified in IEC 60754-1.

The results of the test shall comply with the requirements of Table 7.

8.17.5 pH and conductivity test

This test shall be carried out on the non-metallic components of cables claimed to be halogen free.

The test method shall be that specified in IEC 60754-2.

The results of the test shall comply with the requirements of Table 7.

8.17.6 Fluorine content test

This test shall be carried out on the non-metallic components of cables claimed to be halogen-free.

The test method shall be that specified in IEC 60684-2.

The results of the test shall comply with the requirements of Table 7.

Table 7 – Test methods and requirements for halogen-free components

Test method	Unit	Requirement
Halogen gas emission test (IEC 60754-1) Bromine and chlorine content (expressed as HCl), maximum	%	0,5
Fluorine content test (IEC 60684-2) Fluorine content, maximum	%	0,1
pH and conductivity test (IEC 60754-2) pH, minimum Conductivity, maximum	$\mu\text{S}/\text{mm}$	4,3 10

8.17.7 Fire-resistance test (test for circuit integrity cables)

The test shall be carried out in accordance with IEC 60331-11 and IEC 60331-21 or IEC 60331-1 or IEC 60331-2 as required in the relevant cable specification. The minimum time to failure shall be 90 minutes.

8.18 Determination of hardness for HEPR

The sampling and test procedure shall be carried out in accordance with Annex A of IEC 60092-360:2014.

The results of the test shall comply with the requirements given in IEC 60092-360.

8.19 Determination of elastic modulus for HEPR

The sampling and test procedure shall be carried out in accordance with Annex B of IEC 60092-360:2014.

The results of the test shall comply with the requirements given in IEC 60092-360.

8.20 Durability of print

A portion of the marking shall be rubbed lightly 10 times with a piece of cotton wool or cloth soaked in water. The marking shall remain legible.

Annex A (normative)

Fictitious calculation method for determination of dimensions of protective coverings

A.1 Overview

The thickness of cable coverings, such as sheaths and armour, has usually been related to nominal cable diameters by means of "step tables".

This sometimes causes problems. The calculated nominal diameters are not necessarily the same as the actual values achieved in production. In borderline cases, queries can arise if the thickness of a covering does not correspond to the actual diameter because the calculated diameter is slightly different. Variations in shaped conductor dimensions between manufacturers and different methods of calculation are the cause of differences in nominal diameters and may therefore lead to variations in the thickness of coverings used on the same basic design of cable.

To avoid these difficulties, the fictitious calculation method was invented. The idea is to ignore the shape and degree of compaction of conductors and to calculate fictitious diameters from formulae based on the cross-sectional area of conductors, insulation thickness and number of cores. The thickness of the sheaths and other coverings are then related to the fictitious diameters by formulae or by tables. The method of calculating fictitious diameters is precisely specified and there is no ambiguity about the thicknesses of coverings to be used, which are independent of slight differences in manufacturing practices. This standardizes cable designs, thickness being pre-calculated and specified for each size of cable.

The fictitious calculation is used only to determine dimensions of sheaths and cable coverings. It is not a replacement for the calculation of normal diameters required for practical purposes, which should be calculated separately.

A.2 General

The following fictitious method of calculating thicknesses of various coverings in a cable has been adopted to ensure that any differences which can arise in independent calculations, for example, due to the assumption of conductor dimensions and the unavoidable differences between nominal and actually achieved diameter, are eliminated.

All thickness values and diameters shall be rounded, according to the rules given in Annex C, to the first decimal figure.

Holding strips, for example counter-helix over armour, if not thicker than 0,3 mm, are neglected in this calculation method.

A.3 Method

A.3.1 Conductors

The fictitious diameter (d_L) of a conductor, irrespective of shape or compactness, is given for each nominal cross-section in Table A.1.

Table A.1 – Fictitious diameter of conductor

Nominal cross-section of conductors mm ²	d_L mm	Nominal cross-section of conductors mm ²	d_L mm
0,5	0,8	50	8,0
0,75	0,95	70	9,4
1	1,1	95	11,0
1,5	1,4	120	12,4
2,5	1,8	150	13,8
4	2,3	185	15,3
6	2,8	240	17,5
10	3,6	300	19,5
16	4,5	400	22,6
25	5,6	500	25,2
35	6,7	630	28,3

A.3.2 Cores

The fictitious diameter D_c of any core is given by

- a) for cables having cores without semi-conducting layers:

$$D_c = d_L + 2 t_i \text{ in mm}$$

- b) for cables having cores with semi-conducting layers:

$$D_c = d_L + 2 t_i + 3,0 \text{ in mm}$$

Where t_i is the nominal thickness of insulation.

If a metallic screen or a concentric conductor is applied, a further addition shall be made according to Table A.2 or clause A.3.2.c (braid screen).

Table A.2 – Increase of diameter for concentric conductors and metallic screens made of tape or wire

Nominal cross-section of concentric conductor or metallic screen mm ²	Increase in diameter mm	Nominal cross-section of concentric conductor or metallic screen mm ²	Increase in diameter mm
1,5	0,5	50	1,7
2,5	0,5	70	2,0
4	0,5	95	2,4
6	0,6	120	2,7
10	0,8	150	3,0
16	1,1	185	4,0
25	1,2	240	5,0
35	1,4	300	6,0

If the cross-section of the concentric conductor or metallic screen lies between two of the values given in the table above, then the increase in diameter is that given for the larger of the two cross-sections.

If a metallic screen is applied, the cross-sectional area of the screen to be used in the table above shall be calculated in the following manner:

a) tape screen

$$\text{cross-sectional area} = n_t \times t_t \times w_t$$

where

n_t is the number of tapes;

t_t is the nominal thickness of an individual tape, in mm;

w_t is the nominal width of an individual tape, in mm.

where the total thickness of the screen is less than 0,15 mm then the increase in diameter shall be zero:

- for a lapped tape screen made of either two tapes or one tape with overlap, the total thickness is twice the thickness of one tape;
- for a longitudinally applied tape screen:
 - if the overlap is below 30 %, the total thickness is the thickness of the tape;
 - if the overlap is greater than, or equal to, 30 %, the total thickness is twice the thickness of the tape.

b) wire screen (with a counter-helix, if any)

$$\text{cross-sectional area} = \frac{n_w \times d_w^2 \times \pi}{4} + n_h \times t_h \times w_h$$

where

n_w is the number of wires;

d_w is the diameter of an individual wire, in mm;

n_h is the number of a counter-helix;

t_h is the thickness of a counter-helix, in mm, if greater than 0,3 mm;

w_h is the width of a counter-helix, in mm.

c) braid screen

If a metallic braid screen is applied, the fictitious diameter over the screen is given by:

$$D_c = 5 + d_w$$

where:

D_c is the fictitious diameter of the core

d_w is the nominal diameter of the braid

A.3.3 Diameter over laid-up cores

The fictitious diameter over laid-up cores (D_f) is given by

a) for cables having all conductors of the same nominal cross-sectional area:

$$D_f = k D_c, \text{ in mm}$$

where the coefficient k is given in Table A.3.

Table A.3 – Assembly coefficient k for laid-up

Number of cores	Assembly coefficient k	Number of cores	Assembly coefficient k
2	2,00	25	6,00
3	2,16	26	6,00
4	2,42	27	6,15
5	2,70	28	6,41
6	3,00	29	6,41
7	3,00	30	6,41
7 ^a	3,35	31	6,70
8	3,45	32	6,70
8*	3,66	33	6,70
9	3,80	34	7,00
9 ^a	4,00	35	7,00
10	4,00	36	7,00
10 ^a	4,40	37	7,00
11	4,00	38	7,33
12	4,16	39	7,33
12 ^a	5,00	40	7,33
13	4,41	41	7,67
14	4,41	42	7,67
15	4,70	43	7,67
16	4,70	44	8,00
17	5,00	45	8,00
18	5,00	46	8,00
18 ^a	7,00	47	8,00
19	5,00	48	8,15
20	5,33	52	8,41
21	5,33	61	9,00
22	5,67		
23	5,67		
24	6,00		

^a Cores assembled in one layer.

b) for four-core cables with one insulated conductor with reduced cross-section:

$$D_f = \frac{2,42 (3 D_{c1} + D_{c2})}{4} \text{ in mm}$$

where

D_{c1} is the fictitious diameter of the insulated phase conductor, including metallic layer, if any;

D_{c2} is the fictitious diameter of the insulated conductor with reduced cross-section – if required.

c) for control and instrumentation cables, the formulae are as follows:

a) diameter over laid-up cores:

use the method given in Table A.3

b) diameter over a pair (D_p) a triple (D_t) or a quad (D_q):

$$d_p = D_c \times 2, \text{ in mm}$$

or

$$d_t = D_c \times 2,16, \text{ in mm}$$

or

$$d_q = D_c \times 2,42, \text{ in mm}$$

Where D_c is the diameter of a single core.

c) diameter over laid-up pairs (D_p), triples (D_t) or quads (D_q):

$$D_p = d_p \times k \times c_f, \text{ in mm}$$

or

$$D_t = d_t \times k \times c_f, \text{ in mm}$$

or

$$D_q = d_q \times k \times c_f, \text{ in mm}$$

Where the coefficient k is as given in Table A.3.

The coefficient c_f is as given in Table A.4.

Table A.4 – Coefficient c_f

Cable type	Coefficient c_f
Individual screened pairs	0,89
Collectively screened pairs	0,82
Individually screened triples	0,94
Collectively screened triples	0,87
Individually screened quads	1,0
Collectively screened quads	1,0

A.3.4 Inner coverings

The fictitious diameter over the inner covering D_B is given by

$$D_B = D_f + 2t_B$$

where

t_B is the fictitious value specified in the standard of the applicable cable.

For control and instrumentation cables use D_p , D_t or D_q as D_f value in the formula for D_B

A.3.5 Sheath

The fictitious diameter over the sheath D_s is given by

$$D_s = D_u + 2t_s, \text{ in mm}$$

where

D_u is the fictitious diameter under the sheath;

t_s is the thickness specified in the standard of the applicable cable.

A.3.6 Braid armour

For braid armour, the fictitious diameter over the armour D_x is given by

$$D_x = D_A + 5d_w, \text{ in mm}$$

where

D_A is the fictitious diameter under the armour;

d_w is the nominal diameter of the braid wire.

IECNORM.COM Click to view the full PDF of IEC 60092-350:2014

Annex B (informative)

Recommended minimum spark test voltage levels (according to IEC 62230)

B.1 General

The levels of test voltages given below are from IEC 62230 and are those for use where no alternative voltages are specified in the product standard. Details of the test method are given in IEC 62230.

B.2 Test voltages

B.2.1 General

The voltages given in this annex are recommended as the minimum levels to be used to locate defects in the layer under test. The applicability of these levels should be confirmed by the manufacturer and will depend upon the type of material being tested.

NOTE Some countries have established higher test levels in their national standards.

B.2.2 Contact electrodes

The high-voltage supply to the test electrode may be a.c., d.c., HF or pulsed voltage, as specified in Table B.1.

Table B.1 gives test voltages which are recommended for cables having a rated voltage (U_0) between 150 V and 1 800 V.

**Table B.1 – Recommended minimum spark-test voltages for cables
having rated voltage (U_0) between 150 V and 1 800 V**

Tabulated radial thickness of layer under test mm		Test voltage kV			
From	Up to	a.c.	d.c.	HF	Pulse
0	0,25	3	5	4	5
0,26	0,50	5	7	6	7
0,51	0,75	6	9	7	9
0,76	1,00	7	11	8	11
1,01	1,25	9	13	10 ^a	13
1,26	1,50	10	15	11 ^a	15
1,51	1,75	12	17	13 ^a	17
1,76	2,00	13	20	14 ^a	20
2,01	2,25	14	22	15 ^a	
2,26	2,50	16	24	17 ^a	
2,51	2,75	17	26	18 ^a	
2,76	3,00	19	28	20 ^a	

^a HF voltage testing for layer thicknesses greater than 1,0 mm should be limited to frequencies between 500 Hz and 4 kHz.

Pulsed voltage testing is not recommended for layer thicknesses greater than 2,0 mm.

If the spark test replaces the traditional voltage test in water for single-core cables without any outer metallic layer, the recommendations in Table B.1 only apply for thicknesses up to 2,0 mm and for a.c. or d.c. waveforms.

When testing laid-up core assemblies, i.e. cables without sheath, the test voltage level shall be that for the lowest individual insulation thickness in the assembly.

NOTE Particular cable standards may, in exceptional circumstances (for example, for sheathing materials known to exhibit low insulation resistance characteristics, i.e. K_i less than 100 M Ω ·km), recommend or require a reduction in the test voltage to ensure that excessive leakage current does not flow and give rise to spurious faults. In no instance will the reduction be in excess of a factor of two and the fault detection system will be verified under the alternative test conditions.

B.2.3 Non-contact electrodes

The high-voltage supply to the test electrode shall be d.c. only. The conductor of the core or the metallic layer under the sheath shall be continuously earthed and the potential difference between the electrode and the conductor or the metallic layer shall be 18 kV.

Annex C (normative)

Rounding of numbers

C.1 Rounding of numbers for the purpose of the fictitious calculation method

C.1.1 Rules

The following rules apply when rounding numbers in calculating fictitious diameters and determining dimensions of component layers in accordance with Annex A.

When the calculated value at any stage has more than one decimal place, the value shall be rounded to one decimal place, i.e. to the nearest 0,1 mm. The fictitious diameter at each stage shall be rounded to 0,1 mm and, when used to determine the thickness or dimension of an overlying layer, it shall be rounded before being used in the appropriate formula or table. The thickness calculated from the rounded value of the fictitious diameter should in turn be rounded to 0,1 mm as required in Annex A.

C.1.2 Illustrations

To illustrate these rules, the following practical examples are given.

- a) When the figure in the second decimal place before rounding is 0, 1, 2, 3 or 4, then the figure retained in the first decimal place remains unchanged (rounding down).

Examples: 2,12 $\approx$ 2,1
 2,449 $\approx$ 2,4
 25,0478 $\approx$ 25,0

- b) When the figure in the second decimal place before rounding is 9, 8, 7, 6 or 5, then the figure in the first decimal place is increased by one (rounding up).

Examples: 2,17 $\approx$ 2,2
 2,453 $\approx$ 2,5
 30,050 $\approx$ 30,1

C.2 Rounding of numbers for other purposes

For purposes other than those considered under C.1.1, it may be required that values be rounded to more than one decimal place. This may occur, for instance, in calculating the value of several measurement results or the minimum value by applying a percentage tolerance to a given nominal value. In these cases, rounding shall be carried out to the number of decimal places specified in the applicable clauses.

The method of rounding shall then be

- if the last figure to be retained is followed, before rounding, by 0, 1, 2, 3 or 4, it shall remain unchanged (rounding down);
- if the last figure to be retained is followed, before rounding, by 9, 8, 7, 6 or 5, it shall be increased by one (rounding up).

Examples:	2,449	≈	2,45	rounded to two decimal places
	2,449	≈	2,4	rounded to one decimal place
	25,0478	≈	25,048	rounded to three decimal places
	25,0478	≈	25,05	rounded to two decimal places
	25,0478	≈	25,0	rounded to one decimal place

IECNORM.COM Click to view the full PDF of IEC 60092-350:2014

Withdrawing

Annex D (normative)

Calculation of the lower and upper limits for the outer dimensions of cables with circular copper conductors

D.1 General

This annex specifies a method for the calculation of the lower and upper limits for the outer diameter of cables with circular copper conductors.

D.2 Lower limit for the outer diameter

- a) Obtain the lower limit of the conductor diameter from Table D.1
- b) Calculate the nominal diameter over the core by adding to the appropriate value of the conductor diameter, obtained as in D.2.a), twice the specified mean value of the thickness of the insulation and of any other mandatory coverings of the individual core.
- c) Calculate the nominal diameter over the core assembly by multiplying the value obtained in D.2.b) by the appropriate value of the assembly coefficient, k , given in Table A.3.
- d) Calculate the nominal outer diameter D_0 of the finished cable by adding to the value obtained in D.2.c) twice the specified mean value of the thickness of the sheath (or sheaths) and of the other mandatory covering, if any, over the core assembly (see Clause D.4).
- e) The lower limit $D_{\min}$ of the outer diameter is obtained by multiplying D_0 by 0,97 and rounding off the value obtained:
 - to the nearest lower decimal, if $0,97 D_0 \leq 5 \text{ mm}$;
 - to the nearest lower even decimal, if $5 \text{ mm} < 0,97 D_0 \leq 10 \text{ mm}$;
 - to the nearest lower half-unit, if $0,97 D_0 > 10 \text{ mm}$.

Examples:

If $0,97 D_0 = 4,33$	$D_{\min} = 4,3$
$0,97 D_0 = 7,33$	$D_{\min} = 7,2$
$0,97 D_0 = 11,33$	$D_{\min} = 11,0$
$0,97 D_0 = 11,83$	$D_{\min} = 11,5$

D.3 Upper limit for the outer diameter

- a) Obtain the upper limit of the conductor diameter from Table D.1.
- b) Calculate the nominal diameter over the core by adding to the appropriate value of the conductor diameter obtained as in D.3.a) twice the specified mean value of the thickness of the insulation and of all (both mandatory and optional) coverings over the conductor, specified for the cable in question.
- c) Calculate the nominal diameter over the core assembly by multiplying the value obtained in D.3.b) by the appropriate assembly coefficient, k , given in Table A.3.
- d) Calculate the nominal outer diameter D_1 of the finished cable by adding to the value obtained in D.3.c) twice the specified mean value of the thickness of the sheath (or sheaths) and of all (both mandatory and optional) other coverings over the core assembly, specified for the cable or cord in question (see D.4).
- e) The upper limit $D_{\max}$ of the outer diameter is calculated to two decimal places as follows:

$$D_{\max} = 1,05D_1 + X$$

where

$X = 0,3$ mm for single-core cables if $D_1 \leq 5$ mm;

$X = 0,4$ mm for single-core cables if $D_1 > 5$ mm, and for multi-core cables if $D_1 \leq 5$ mm;

$X = 0,5$ mm for multi-core cables if $D_1 > 5$ mm.

$D_{\max}$ is rounded off in a similar way as $D_{\min}$ (see D.2e)) but to the next highest value instead of to the nearest lower value.

Examples:

If	$1,05 D_1 + X =$	4,84	$D_{\max} =$	4,9
	$1,05 D_1 + X =$	9,23	$D_{\max} =$	9,4
	$1,05 D_1 + X =$	12,11	$D_{\max} =$	12,5
	$1,05 D_1 + X$	12,62	$D_{\max} =$	13,0

D.4 Thickness of the mandatory or optional coverings other than the insulation and the sheath(s)

Separator between conductor and insulation.....	0,08 mm
Proofed textile tape, textile braid round each core	0,15 mm
Separator between two layers of a sheath.....	0,15 mm
Outer textile braid	0,30 mm
Metal braid.....	$2,5 \times$ diameter of the component wire in mm

**Table D.1 – Lower and upper limits of circular copper conductors
for cables for fixed installations**

Nominal cross-sectional area mm ²	Class 2		Class 5	
	Diameter of conductor		Diameter of conductor	
	Lower limit mm	Upper limit mm	Lower limit mm	Upper limit mm
0,5	0,85	0,95	0,85	0,95
0,75	1,1	1,25	1,0	1,10
1	1,15	1,35	1,15	1,35
1,5	1,45	1,65	1,45	1,65
2,5	1,86	2,10	1,86	2,10
4	2,35	2,63	2,35	2,63
6	2,89	3,22	2,95	3,25
10	3,75	4,18	4,00	4,50
16	4,72	5,26	5,00	5,60
25	5,95	6,62	6,20	6,90
35	7,00	7,80	7,60	8,5
50	8,15	9,08	9,20	10,2
70	9,79	10,9	10,6	12,1
95	11,5	12,9	12,5	14,0
120	13,0	14,4	13,9	15,5
150	14,4	15,9	15,5	17,3
185	16,1	17,9	17,2	19,2
240	18,5	20,3	19,8	22,0
300	20,7	22,7	22,0	24,5
400	23,8	26,1	27,8	31,0
500	26,7	29,2	31,4	35,0
630	31,0	34,0	35,0	39,0

Annex E (normative)

Cold bend test and impact test for low temperature behaviour

E.1 Cold bend test at any specified low temperature

E.1.1 Method No. 1

E.1.1.1 Apparatus

The apparatus shall include a chamber capable of maintaining the required test temperature and large enough that the bending operation may be carried out in it on the necessary mandrel onto which the specimen is to be wound.

E.1.1.2 Procedure

Each cable to be tested shall be represented by two samples of suitable length. The straight specimen and the appropriate mandrel (see Table E.1) shall be placed in the conditioning chamber and allowed to remain for a period of 4 h. The specimen, while still in the chamber, shall be bent around the mandrel at such a rate that the time taken to complete the specified number of turns is between 15 s and 30 s. If the tension on the specimen is not specified, it shall be just sufficient to cause the specimen to conform to the periphery of the mandrel. Unless rotation of the mandrel is performed remotely, the specimen and mandrel shall be handled using thermally insulated gloves. If it is necessary (due to handling difficulties) to remove a specimen from the chamber, then bending must start as quickly as possible and be completed within 30 s from the time of removal.

Table E.1 – Details of low temperature bending test

Cable Type	Overall Sample Diameter (d) mm	Mandrel diameter as a multiple of d	Number of turns
Single conductor	$0 < d \leq 20$	3	6
	$20 < d \leq 40$	8	0,5 (180° bend)
	$40 < d$	12	0,5 (180° bend)
Multiple twisted conductor	–	8	0,5 (180° bend)

E.1.2 Method No. 2

E.1.2.1 Apparatus

See E.1.1.1.

E.1.2.2 Procedure

Each cable to be tested shall be represented by two samples of suitable length. The straight specimen and a mandrel 10 times the overall diameter of the finished cable shall be placed in the conditioning chamber and allowed to remain for the specified period. The specimen, while still in the chamber, shall be wrapped one turn around the mandrel, straightened, wrapped one turn around the mandrel in the opposite direction, straightened, wrapped one turn around the mandrel in the reverse direction, and straightened. The wrapping around the mandrel shall be done slowly and at a uniform rate of speed, the applied tension being just sufficient to cause the specimen to conform to the periphery of the mandrel.

E.1.3 Examination and Requirements

Neither the insulation nor the outer sheath of both test pieces, where applicable, shall crack or rupture.

Following the bending operation, the specimen, shall be cut and opened where necessary to study underlying components. There shall be no cracks or breaks in the underlying components.

Cracking or flaking of lacquers, paints, asphaltic compounds, and the like shall be ignored unless they are specifically required to be examined.

E.2 Impact test at any specified low temperature

E.2.1 Apparatus

The apparatus shall include a device for impacting the wire or cable specimens; a refrigerator capable of maintaining the specified temperature; and sample supports of short lengths of wood approximately 50 mm × 100 mm in dimension.

- a) The impact apparatus shall consist of two vertically mounted uprights provided with grooves that serve as a track for the impact component. The impact component shall have a mass of 1,36 kg and be provided with a steel head for striking the test specimen. The head shall be 28,5 mm in diameter and have a flat striking surface 25 mm in diameter with slightly rounded edges. The impact component shall be provided with a locking mechanism that permits it to be released from the specified height.
- b) The refrigerator shall be equipped with a rigid post having a solid base. The top of the post shall be provided with means for securely holding the 50 mm × 100 mm wood sample support on which the test specimen is impacted.

Clear spruce has been found to be an effective material to support the sample and is acceptable in testing to date. In cases of dispute clear spruce shall be used as the wooden support material.

E.2.2 Procedures

Ten straight 0,13 m specimens of the wire or cable to be tested shall be placed in the refrigerator chamber, which has been cooled to the specified temperature. The chamber shall then be maintained at this temperature for a period of 4 h. Immediately following the temperature conditioning, each of the specimens, in turn, shall be placed in the direction of the grain on the wooden piece fastened to the top of the post within the refrigerator chamber, the major cross-sectional axis of a flat cable being parallel with the surface supporting it. The specimen shall be subjected to the impact of the hammer head falling freely from a height of 915 mm measured between the hammer face and the top of the specimen. Care shall be taken to ensure that the specimen is hit squarely.

If necessary, a sample may be removed from the chamber, provided it is impacted within 15 s at room temperature. In cases of dispute, the impact shall be carried out inside the chamber.

E.2.3 Requirements

Neither the insulation nor the outer sheath, where applicable, on at least 8 out of 10 specimens shall crack or rupture when a finished cable is subjected to an impact test.

Bibliography

IEC 60050-461:2008, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 461: Electric cables*

IEC 60092-354, *Electrical installations in ships – Part 354: Single- and three-core power cables with extruded solid insulation for rated voltages 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV)*

IEC 60227 (all parts), *Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V*

IEC 60245 (all parts), *Rubber insulated cables – Rated voltages up to and including 450/750 V*

IEC 60502-2:2005, *Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV) – Part 2: Cables for rated voltages from 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV)*

IEC 62230:2006, *Electric cables – Spark-test method*

Withdrawing
IECNORM.COM Click to view the full PDF of IEC 60092-350:2014

IECNORM.COM Click to view the full PDF of IEC 60092-350:2014

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	61
1 Domaine d'application	63
2 Références normatives	63
3 Termes et définitions	65
4 Exigences de construction	70
4.1 Exigences générales.....	70
4.1.1 Généralités.....	70
4.1.2 Désignation de la tension	70
4.1.3 Marquage des câbles.....	71
4.1.4 Identification des âmes	71
4.1.5 Câbles sans halogène	72
4.2 Conducteurs	72
4.2.1 Matériau	72
4.2.2 Revêtement métallique et séparateur.....	72
4.2.3 Classe et forme	72
4.2.4 Résistance	73
4.3 Système d'isolation	73
4.3.1 Matériau	73
4.3.2 Application.....	74
4.3.3 Épaisseur de l'enveloppe isolante.....	74
4.4 Écrans	74
4.4.1 Écran conducteur et écran isolant pour les câbles haute tension	74
4.4.2 Écrans (blindages) pour les câbles basse tension.....	75
4.5 Assemblage.....	75
4.5.1 Câbles multiconducteurs.....	75
4.5.2 Câbles multifonctions	75
4.6 Revêtements d'assemblage, bourrages et rubans de maintien	75
4.7 Gaine interne	76
4.7.1 Matériau	76
4.7.2 Application.....	76
4.7.3 Épaisseur de la gaine interne	76
4.8 Armure tressée métallique	76
4.8.1 Matériau	76
4.8.2 Application.....	77
4.9 Gaine extérieure	77
4.9.1 Matériau	77
4.9.2 Application.....	77
4.9.3 Épaisseur de la gaine extérieure.....	77
5 Méthodes d'essai.....	78
5.1 Conditions d'essai.....	78
5.1.1 Température ambiante.....	78
5.1.2 Fréquence, forme d'onde et amplitude des tensions d'essai à fréquence industrielle.....	78
5.2 Essais individuels	78
5.2.1 Généralités.....	78
5.2.2 Mesurage de la résistance électrique des conducteurs	78

5.2.3	Essai de tension	79
5.2.4	Essai de décharges partielles	81
6	Essais sur échantillon	81
6.1	Généralités	81
6.2	Fréquence des essais sur échantillon	81
6.3	Répétition des essais	81
6.4	Examen des conducteurs	82
6.5	Mesurage de l'épaisseur de l'enveloppe isolante	82
6.5.1	Généralités	82
6.5.2	Procédure	82
6.5.3	Exigences	82
6.6	Mesurages de l'épaisseur des gaines non métalliques	82
6.6.1	Généralités	82
6.6.2	Procédure	82
6.6.3	Exigences	82
6.7	Mesurage du diamètre extérieur	83
6.8	Essai d'allongement à chaud pour les enveloppes isolantes et les gaines	83
6.8.1	Procédure générale	83
6.8.2	Exigences	83
6.9	Essai de résistance d'isolement (détermination de la résistivité transversale)	83
7	Essais de type (électriques)	84
7.1	Généralités	84
7.2	Mesurage de la résistance d'isolement	84
7.2.1	Mesurage à la température ambiante	84
7.2.2	Mesurage à la température assignée maximale	85
7.3	Augmentation de la capacité en courant alternatif après immersion dans l'eau	85
7.3.1	Généralités	85
7.3.2	Préparation des échantillons d'essai	85
7.3.3	Matériel	85
7.3.4	Procédure	85
7.3.5	Exigences	86
7.4	Essai à haute tension pendant 4 h à une tension maximale de 1,8/3 kV	86
7.4.1	Généralités	86
7.4.2	Exigence	86
7.5	Capacité mutuelle (câbles de commande et d'instrumentation seulement)	86
7.6	Rapport inductance sur résistance (câbles de commande et d'instrumentation seulement)	86
7.7	Séquence d'essai à haute tension (câbles possédant une tension assignée supérieure à 3,6/6 (7,2) kV)	86
7.7.1	Généralités	86
7.7.2	Dispositions particulières	87
7.7.3	Essai de décharges partielles	87
7.7.4	Essai de flexion	87
7.7.5	Mesurage de $\tan \delta$ en fonction de la tension	87
7.7.6	Mesurage de $\tan \delta$ en fonction de la température	88
7.7.7	Essai cyclique de chauffage plus essai de décharges partielles	88
7.7.8	Essai de tenue aux chocs, suivi d'un essai de tension à fréquence industrielle	88

7.7.9	Essai à haute tension pendant 4 h	89
8	Essais de type (non électriques)	89
8.1	Généralités	89
8.2	Mesurage de l'épaisseur de l'enveloppe isolante	89
8.3	Mesurage de l'épaisseur des gaines non métalliques (hors revêtements d'assemblage)	89
8.4	Essais pour la détermination des propriétés mécaniques des enveloppes isolantes avant et après vieillissement	89
8.4.1	Échantillonnage	89
8.4.2	Traitements de vieillissement	89
8.4.3	Conditionnement et essais mécaniques	90
8.4.4	Exigences	90
8.5	Essais pour la détermination des propriétés mécaniques des gaines avant et après vieillissement	90
8.5.1	Échantillonnage	90
8.5.2	Traitements de vieillissement	90
8.5.3	Conditionnement et essais mécaniques	90
8.5.4	Exigences	90
8.6	Essai de vieillissement supplémentaire sur éprouvettes de câbles complets (essai de compatibilité)	90
8.6.1	Généralités	90
8.6.2	Échantillonnage	90
8.6.3	Traitement de vieillissement	90
8.6.4	Essais mécaniques	91
8.6.5	Exigences	91
8.7	Essai de perte de masse sur une gaine PVC ST2	91
8.7.1	Procédure	91
8.7.2	Exigences	91
8.8	Essai de comportement à haute température d'une gaine PVC ST2 et d'une gaine SHF 1 sans halogène (essai de pression à chaud)	91
8.8.1	Procédure	91
8.8.2	Exigences	91
8.9	Essai de comportement à basse température d'une gaine PVC ST2 et de gaines SHF 1 et SHF 2 sans halogène	91
8.9.1	Procédure	91
8.9.2	Exigences	91
8.10	Essai particulier pour le comportement à basse température (si exigé)	91
8.11	Essai du revêtement métallique des fils de cuivre	92
8.12	Essai de galvanisation	92
8.13	Essai de résistance à la fissuration d'une gaine PVC ST2 et d'une gaine SHF 1 sans halogène (essai de choc thermique)	92
8.13.1	Procédure	92
8.13.2	Exigences	92
8.14	Essai de résistance à l'ozone pour les enveloppes isolantes et les gaines	92
8.14.1	Procédure	92
8.14.2	Exigences	92
8.15	Essai d'immersion dans l'huile chaude et essai d'immersion dans l'huile chaude amélioré pour les gaines	92
8.15.1	Essai d'immersion dans l'huile chaude	92
8.15.2	Essai d'immersion dans l'huile chaude amélioré (si exigé)	92

8.16	Essai d'immersion dans les boues de forage (si exigé)	92
8.17	Essais au feu	93
8.17.1	Essai de propagation de la flamme sur câbles simples	93
8.17.2	Essai de propagation de la flamme sur câbles montés en nappe	93
8.17.3	Essai d'émission de fumée	93
8.17.4	Essai d'émission de gaz acides	93
8.17.5	Essai de mesurage du pH et essai de conductivité	93
8.17.6	Essai de teneur en fluor	93
8.17.7	Essai de résistance au feu (intégrité des circuits des câbles)	94
8.18	Détermination de la dureté de l'isolation HEPR	94
8.19	Détermination du module d'élasticité de l'isolation HEPR	94
8.20	Durabilité de l'impression	94
Annexe A (normative)	Méthode de calcul fictif des dimensions des revêtements de protection	95
A.1	Vue d'ensemble	95
A.2	Généralités	95
A.3	Méthode	95
A.3.1	Conducteurs	95
A.3.2	Âmes	96
A.3.3	Diamètre sur âmes toronées	97
A.3.4	Revêtements d'assemblage	99
A.3.5	Gaine	99
A.3.6	Armure tressée	99
Annexe B (informative)	Niveaux de tension d'essai au défilement minimums recommandés (selon l'IEC 62230)	101
B.1	Généralités	101
B.2	Tensions d'essai	101
B.2.1	Généralités	101
B.2.2	Électrodes de contact	101
B.2.3	Électrodes sans contact	102
Annexe C (normative)	Arrondi des nombres	103
C.1	Arrondi des nombres aux fins de la méthode de calcul fictif	103
C.1.1	Règles	103
C.1.2	Illustrations	103
C.2	Arrondi des nombres à d'autres fins	103
Annexe D (normative)	Calcul des limites inférieure et supérieure des dimensions extérieures pour les câbles à conducteurs en cuivre circulaires	105
D.1	Généralités	105
D.2	Limite inférieure du diamètre extérieur	105
D.3	Limite supérieure du diamètre extérieur	105
D.4	Épaisseur des revêtements obligatoires ou facultatifs autres que les enveloppes isolantes et les gaines	106
Annexe E (normative)	Essai de flexion et essai de choc à froid pour le comportement à basse température	108
E.1	Essai de flexion à froid à la température basse spécifiée	108
E.1.1	Méthode n° 1	108
E.1.2	Méthode n° 2	108
E.1.3	Examen et exigences	109
E.2	Essai de choc à la température basse spécifiée	109

E.2.1	Matériel	109
E.2.2	Procédures	109
E.2.3	Exigences	109
Bibliographie		110
Tableau 1 – Taille minimale des conducteurs		73
Tableau 2 – Tension d'essai pour les essais individuels		80
Tableau 3 – Nombre d'échantillons selon la longueur de câble		81
Tableau 4 – Tan δ par rapport à la tension		88
Tableau 5 – Tan δ par rapport à la température		88
Tableau 6 – Tensions de tenue aux chocs		89
Tableau 7 – Méthodes d'essai et exigences relatives aux constituants sans halogène		94
Tableau A.1 – Diamètre fictif du conducteur		96
Tableau A.2 – Augmentation du diamètre pour les conducteurs concentriques et les écrans métalliques composés de ruban ou de fil		96
Tableau A.3 – Coefficient d'assemblage k pour âmes toronnées		98
Tableau A.4 – Coefficient c_f		99
Tableau B.1 – Tensions d'essai au défilement minimales recommandées pour les câbles de tension assignée (U_0) comprise entre 150 V et 1 800 V		101
Tableau D.1 – Limites inférieure et supérieure des conducteurs en cuivre circulaires pour les câbles destinés à des installations fixes		107
Tableau E.1 – Détails de l'essai de flexion à basse température		108

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES À BORD DES NAVIRES –

**Partie 350: Construction générale et méthodes d'essai
des câbles d'énergie, de commande et d'instrumentation
des navires et des unités mobiles et fixes en mer**

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 60092-350 a été établie par le sous-comité 18A: Câbles électriques pour navires et unités mobiles et fixes en mer, du comité d'études 18 de l'IEC: Installations électriques des navires et des unités mobiles et fixes en mer.

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:

- a) il est fait référence à l'IEC 60092-360 pour les mélanges d'isolation et de gainage;

- b) les essais de décharges partielles ont été transférés à partir de l'IEC 60092-354 pour l'aligner avec l'IEC 60092-353;
- c) les exigences relatives à la résistance des huiles et des boues de forage (anciennes Annexes F et G) ont été transférées vers l'IEC 60092-360;
- d) les exigences relatives au cintrage à froid et aux chocs thermiques froids ont été améliorées;
- e) le document reflète les modifications des types de matériaux qui ont été introduites lors de l'élaboration de l'IEC 60092-353 et de l'IEC 60092-360.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
18A/374/FDIS	18A/378/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/IEC, Partie 2.

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 l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

Le contenu du corrigendum de novembre 2018 a été pris en considération dans cet exemplaire.

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES À BORD DES NAVIRES –

Partie 350: Construction générale et méthodes d'essai des câbles d'énergie, de commande et d'instrumentation des navires et des unités mobiles et fixes en mer

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60092 fournit les exigences de construction générale et les méthodes d'essai à utiliser lors de la fabrication de câbles d'énergie, de commande et d'instrumentation à conducteurs en cuivre destinés à la connexion de systèmes électriques fixes à une tension au plus égale à 18/30(36) kV à bord des navires et des unités en mer (mobiles et fixes).

Les installations fixes incluent les systèmes qui sont soumis à des vibrations (sous l'action du mouvement du navire ou de l'installation) ou des mouvements (sous l'action du déplacement du navire ou de l'installation), mais pas ceux qui sont prévus pour subir des flexions fréquentes. Les câbles prévus pour des flexions fréquentes ou continues sont détaillés dans d'autres normes IEC (par exemple, IEC 60227 et IEC 60245), et leurs utilisations se limitent aux situations n'impliquant pas directement une exposition à un environnement marin (par exemple, outils portatifs et appareils domestiques).

Les types de câbles suivants ne sont pas inclus:

- câbles à fibres optiques;
- câbles sous-marins et ombilicaux;
- câbles de données et câbles de communication;
- câbles coaxiaux.

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).

IEC 60050-461, Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 461: Câbles électriques

IEC 60092-353, *Installations électriques à bord des navires – Partie 353: Câbles d'énergie pour les tensions assignées 1 kV et 3 kV*

IEC 60092-360:2014, *Installations électriques à bord des navires – Partie 360: Matériaux d'isolation et de gainage pour câbles d'alimentation, de commande, d'instrumentation et de télécommunications d'unités installées à bord des navires et en mer*

IEC 60228, *Ames des câbles isolés*

IEC 60230, *Essais de choc des câbles et de leurs accessoires*

IEC 60331-1, *Essais pour câbles électriques soumis au feu – Intégrité des circuits – Partie 1: Méthode d'essai au feu avec chocs pour les câbles de tension assignée au plus égale à 0,6/1,0 kV et de diamètre externe supérieur à 20 mm, à une température d'au moins 830 °C*

IEC 60331-2, *Essais pour câbles électriques soumis au feu – Intégrité des circuits – Partie 2: Méthode d'essai au feu avec chocs pour les câbles de tension assignée au plus égale à 0,6/1,0 kV et de diamètre externe inférieur ou égal à 20 mm, à une température d'au moins 830 °C*

IEC 60331-11, *Essais de câbles électriques soumis au feu – Intégrité des circuits – Partie 11: Appareillage – Incendie seul avec flamme à une température d'au moins 750 °C*

IEC 60331-21, *Essais de câbles électriques soumis au feu – Intégrité des circuits – Partie 21: Procédures et prescriptions – Câbles de tension assignée jusque et y compris 0,6/1,0 kV*

IEC 60332-1-2, *Essais des câbles électriques et à fibres optiques soumis au feu – Partie 1-2: Essai de propagation verticale de la flamme sur conducteur ou câble isolé – Procédure pour flamme à prémélange de 1 kW*

IEC 60332-3-22, *Essais des câbles électriques soumis au feu – Partie 3-22: Essai de propagation verticale de la flamme des fils ou câbles en nappes en position verticale – Catégorie A*

IEC 60684-2, *Gaines isolantes souples – Partie 2: Méthodes d'essai*

IEC 60754-1, *Essai sur les gaz émis lors de la combustion des matériaux des câbles – Partie 1: Détermination de la quantité de gaz acide halogéné*

IEC 60754-2, *Essai sur les gaz émis lors de la combustion des matériaux prélevés sur câbles – Partie 2: Détermination de la conductivité et de l'acidité (par mesure du pH)*

IEC 60811-201, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 201: Essais généraux – Mesure de l'épaisseur des enveloppes isolantes*

IEC 60811-202, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 202: Essais généraux – Mesure de l'épaisseur des gaines non métalliques*

IEC 60811-203, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 203: Essais généraux – Mesure des dimensions extérieures*

IEC 60811-401, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 401: Essais divers – Méthodes de vieillissement thermique – Vieillissement en étuve à air*

IEC 60811-403, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 403: Essais divers – Essai de résistance à l'ozone sur les mélanges réticulés*

IEC 60811-404, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 404: Essais divers – Essais de résistance à l'huile minérale pour les gaines*

IEC 60811-409, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 409: Essais divers – Essai de perte de masse des enveloppes isolantes et gaines thermoplastiques*

IEC 60811-501, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 501: Essais mécaniques – Détermination des propriétés mécaniques des mélanges pour les enveloppes isolantes et les gaines*

IEC 60811-504, Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 505: Essais mécaniques – Essai d'enroulement à basse température pour les enveloppes isolantes et les gaines

IEC 60811-505, Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 505: Essais mécaniques – Essai d'allongement à basse température pour les enveloppes isolantes et les gaines

IEC 60811-506, Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 505: Essais mécaniques – Essai de choc à basse température pour les enveloppes isolantes et les gaines

IEC 60811-507, Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 507: Essais mécaniques – Essai d'allongement à chaud pour les matériaux réticulés

IEC 60811-508, Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 508: Essais mécaniques – Essai de pression à température élevée pour les enveloppes isolantes et les gaines

IEC 60811-509, Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 509: Essais mécaniques – Essai de résistance à la fissuration des enveloppes isolantes et des gaines (essai de choc thermique)

IEC 60885-2, Méthodes d'essais électriques pour les câbles électriques. Partie 2: Essais de décharges partielles

IEC 61034-1, Mesure de la densité de fumées dégagées par des câbles brûlant dans des conditions définies – Partie 1: Appareillage d'essai

IEC 61034-2, Mesure de la densité de fumées dégagées par des câbles brûlant dans des conditions définies – Partie 2: Procédure d'essai et exigences

ISO 7989-2:2007, Fils et produits tréfilés en acier – Revêtements métalliques non ferreux sur fils d'acier – Partie 2: Revêtements de zinc ou d'alliages de zinc

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 60050-461 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1

valeur approximative

valeur qui n'est ni garantie ni vérifiée

Note 1 à l'article: Elle est utilisée, par exemple, pour le calcul d'autres dimensions.

3.2

tresse

revêtement constitué de matériaux tressés, métalliques ou non métalliques

[SOURCE: IEC 60050-461:2008, 461-05-10, modifiée, (le terme anglais «plaited» est remplacé par le terme anglais «braided»]

3.3

armure tressée

revêtement constitué de fils métalliques tressés dont la fonction est de protéger un câble contre les effets mécaniques externes

Note 1 à l'article: Lorsque les règles en vigueur de l'autorité nationale, l'autorité de réglementation ou l'autorité d'homologation applicable en permettent la pratique, l'armure tressée peut également être utilisée comme un conducteur de mise à la terre.

Note 2 à l'article: L'armure tressée en fil de cuivre peut également fournir une fonction limitée d'un écran électrostatique collectif, sous réserve qu'elle soit correctement mise à la terre.

3.4

essai de compatibilité

essai visant à vérifier que l'enveloppe isolante et la gaine ne sont pas susceptibles de se détériorer en cours de fonctionnement du fait d'un contact entre elles ou avec d'autres constituants du câble

3.5

conducteur (d'un câble)

partie d'un câble dont la fonction spécifique est de conduire le courant

[SOURCE: IEC 60050-461:2008, 461-01-01]

3.6

écran conducteur

couche conductrice non métallique appliquée entre le conducteur et l'enveloppe isolante dont la fonction est d'égaliser le gradient électrique entre ces constituants

Note 1 à l'article: Il peut également fournir des surfaces lisses aux limites de l'enveloppe isolante et favoriser l'élimination des vides au niveau de ces frontières.

3.7

conducteur à âme isolée (Amérique du Nord)

ensemble constitué d'un conducteur et de sa propre enveloppe isolante (et éventuellement d'écrans)

Note 1 à l'article: En Amérique du Nord, l'âme d'un câble se définit comme l'ensemble des constituants d'un câble placés dans une enveloppe commune tel que la gaine (revêtement).

3.8

fil de continuité

fil non isolé placé au contact d'un écran ou d'un blindage électrique dont la fonction spécifique est de mettre à la terre un écran électrostatique en maintenant un circuit de faible résistivité sur toute la longueur du câble

[SOURCE: IEC 60050-461:2008, 461-03-07, modifiée (addition du texte à partir de "... dont la fonction ...")]

3.9

écran électrostatique

blindage électrostatique (Amérique du Nord)

couche métallique mise à la terre enveloppant un câble dont la fonction est de confiner le champ électrique généré par le câble dans un ou plusieurs éléments (âmes, unités doubles, triples ou quadruples) et/ou de protéger ces éléments contre les influences externes

Note 1 à l'article: Les gaines, feuilles, tresses et armures métalliques et les conducteurs concentriques mis à la terre peuvent également servir d'écran électrostatique, sous réserve que ces éléments soient correctement mis à la terre.

3.10**valeur fictive**

valeur calculée suivant la «méthode de calcul fictif» définie à l'Annexe A

[SOURCE: IEC 60502-2:2005, définition 3.1.4]

3.11**bourrage**

matériau ou ensemble de matériaux utilisés pour remplir les intervalles entre conducteurs dans un câble multiconducteur

[SOURCE: IEC 60050-461:2008, 461-04-05]

3.12**résistance au feu (intégrité du circuit)**

aptitude du câble à continuer de fonctionner de la façon prévue lorsqu'il est soumis à une source de flamme spécifiée pendant une durée spécifiée

[SOURCE: IEC 60331-11:2009, définition 3.1, modifiée (addition de "résistance au feu")]

3.13**câble souple**

câble conçu pour assurer une liaison déformable en service et dont la constitution et le choix des matériaux sont tels qu'ils satisfont à cette exigence

[SOURCE: IEC 60050-461:2008, 461-06-14]

3.14**câble blindé individuellement****câble à champ radial**

câble dans lequel l'isolation de chaque conducteur est recouverte d'un écran

[SOURCE: IEC 60050-461:2008, 461-06-12]

3.15**revêtement d'assemblage**

revêtement non métallique recouvrant l'assemblage des conducteurs ainsi que les bourrages éventuels d'un câble multiconducteur et sur lequel on applique des couches supplémentaires et qui n'a pas de fonction mécanique ni électrique

Note 1 à l'article: Le revêtement d'assemblage peut être extrudé ou rubané; il forme une couche continue qui a seulement une valeur approximative d'épaisseur et ne comporte pas d'exigence mécanique définie.

Note 2 à l'article: Les revêtements d'assemblage rubanés sont parfois appelés des «matelas rubanés».

[SOURCE: IEC 60050-461:2008, 461-05-02, modifiée (addition de "des couches supplémentaires ..." et Notes 1 et 2 à l'article)]

3.16**gaine interne****revêtement interne (Amérique du Nord)**

gaine non métallique généralement appliquée sous une gaine métallique, un frettage ou une armure. Il convient qu'elle soit extrudée

Note 1 à l'article: La gaine interne doit posséder les propriétés suivantes:

elle doit être extrudée;

elle peut être utilisée pour remplir les interstices;

elle doit être fabriquée dans l'un des matériaux répertoriés dans l'IEC 60092-360;

elle doit avoir une épaisseur nominale définie (valeur).

3.17

câble (isolé)

ensemble constitué par:

- un ou plusieurs conducteurs isolés;
- le ou les revêtements individuels éventuels;
- la protection d'assemblage éventuelle;
- le ou les revêtements de protection éventuels.

Note 1 à l'article: Il peut comporter en plus un ou plusieurs conducteurs non isolés.

Note 2 à l'article: La protection d'assemblage peut se composer de bourrages, de rubans de maintien ou de revêtements d'assemblage.

Note 3 à l'article: Le ou les revêtements de protection sont constitués d'un ou de plusieurs «éléments constitutifs» (par exemple, tresse, fil ou écran métallique, isolation thermdurcissable ou gaine thermoplastique, tresse fibreuse ou ruban tissé [imprégné], matelas pour armure métallique ou peinture pour armure métallique).

[SOURCE: IEC 60050-461:2008, 461-06-01, modifiée (addition des Notes 2 et 3 à l'article)]

3.18

écran isolant

écran sur enveloppe isolante

écran électrique constitué d'une couche semi-conductrice non métallique, associée à une couche métallique

[SOURCE: IEC 60050-461:2008, 461-03-03, définition modifiée]

3.19

pas (d'assemblage)

longueur, suivant l'axe du câble, d'une tour complet de l'hélice formée par un des constituants du câble dans une construction torsadée

[SOURCE: IEC 60050-461:2008, 461-04-01, modifiée (addition de "dans une construction torsadée")]

3.20

valeur médiane

quand plusieurs résultats ont été obtenus et classés par ordre de valeurs croissantes (ou décroissantes), la valeur médiane est la valeur du milieu de la série si le nombre de valeurs disponibles est impair et la moyenne arithmétique des deux valeurs centrales de la série si le nombre est pair

[SOURCE: IEC 60502-2:2005, 3.1.3]

3.21

câble multiunités

câble constitué de plus d'une unité double, triple ou quadruple qui est soit non blindé, soit blindé au moyen d'un écran électrostatique individuel appliqué autour de chaque unité ou au moyen d'un écran électrostatique appliqué autour de l'ensemble d'unités (écran collectif) dans une construction torsadée

3.22

valeur nominale

valeur servant à désigner une grandeur, souvent utilisée dans les tableaux

Note 1 à l'article: Généralement, dans la présente norme, les valeurs nominales se rapportent à des valeurs qui sont à contrôler par des mesurages en tenant compte des tolérances spécifiées.

3.23

gaine externe

gaine extérieure

gaine de protection (globale) (Amérique du Nord)

gaine non métallique appliquée sur un revêtement généralement métallique et assurant la protection externe du câble

Note 1 à l'article: La gaine extérieure doit posséder les propriétés suivantes:

- elle doit être extrudée;
- elle peut être utilisée pour remplir les interstices;
- elle doit être fabriquée dans l'un des matériaux répertoriés dans l'IEC 60092-360;
- elle doit avoir une épaisseur nominale définie (valeur).

Note 2 à l'article: En Amérique du Nord, le terme «sheath» est utilisé généralement pour les revêtements métalliques tandis que le terme «jacket» est utilisé uniquement pour des revêtements non métalliques.

3.24

unité double

ensemble de deux âmes reliées entre elles, avec ou sans bourrages interstitiels ou ruban(s) de maintien

3.25

unité quadruple

ensemble de quatre âmes reliées entre elles, avec ou sans bourrages interstitiels ou ruban(s) de maintien

3.26

séparateur

couche mince utilisée comme barrière pour éviter les interactions nocives entre deux constituants d'un câble, par exemple entre âme et enveloppe isolante ou entre enveloppe et gaine

[SOURCE: IEC 60050-461:2008, 461-05-01]

3.27

câble à unité simple

câble constitué d'une unité double, triple ou quadruple qui est soit non blindé, soit blindé au moyen d'un écran électrostatique individuel

3.28

âme câblée

âme constituée d'un ensemble de fils dont généralement la plupart ont la forme d'une hélice

Note 1 à l'article: L'âme câblée peut être circulaire ou profilée.

Note 2 à l'article: Le terme anglais «strand» est également utilisé pour désigner un fil unique.

[SOURCE: IEC 60050-461:2008, 461-01-07]

3.29

assemblage SZ

méthode d'assemblage dans laquelle le sens d'assemblage des éléments constitutifs du câble est périodiquement inversé

[SOURCE: IEC 60050-461:2008, 461-04-07]

3.30

unité triple

ensemble de trois âmes reliées entre elles, avec ou sans bourrages interstitiels ou ruban(s) de maintien

3.31

essais

3.31.1

essai individuel

essai effectué par le fabricant sur chacune des longueurs de câble manufacturées afin de vérifier que chaque longueur répond aux exigences spécifiées

[SOURCE: IEC 60502-2, définition 3.2.1]

3.31.2

essai sur échantillon

essai effectué par le fabricant sur des échantillons de câbles complets ou sur des constituants prélevés sur un câble complet, à une fréquence spécifiée, afin de vérifier que le produit fini répond aux exigences spécifiées

[SOURCE: IEC 60502-2, définition 3.2.2]

3.31.3

essai de type

essai réalisé avant la livraison sur une base commerciale générale d'un type de câble concerné par la présente norme afin de démontrer des caractéristiques de performances satisfaisantes qui répondent à l'application prévue

Note 1 à l'article: Ces essais sont de telle nature qu'après avoir été effectués il n'est pas nécessaire de les répéter à moins que les matériaux du câble, la conception du câble ou le procédé de fabrication aient fait l'objet de modifications susceptibles de modifier les caractéristiques de performances.

[SOURCE: IEC 60502-2, définition 3.2.3]

4 Exigences de construction

4.1 Exigences générales

4.1.1 Généralités

La construction du câble est détaillée dans la norme de produit applicable.

4.1.2 Désignation de la tension

La méthode normalisée utilisée pour la désignation des tensions assignées des câbles couverts par la présente norme doit respecter la forme $U_0/U (U_m)$ où:

U_0 est la tension assignée à fréquence industrielle entre le conducteur de phase et la terre ou un écran métallique, pour laquelle le câble est conçu;

U_0 est la tension assignée à fréquence industrielle entre les conducteurs de phase, pour laquelle le câble est conçu;

U_m est la valeur maximale de la «tension système la plus élevée» pour laquelle l'équipement peut être utilisé.

Toutes les tensions sont exprimées en valeurs efficaces.

4.1.3 Marquage des câbles

4.1.3.1 Indication de l'origine

L'origine (nom du fabricant et/ou marque) doit être continuellement indiquée sur les câbles en ayant recours à l'une ou plusieurs des méthodes suivantes:

- a) gravure, estampage ou embossage de la gaine extérieure;
- b) inclusion d'un ruban imprimé à l'intérieur du câble;
- c) inclusion de gaines d'identification à l'intérieur du câble;
- d) gravure sur l'enveloppe isolante d'au moins une âme.

Le marquage doit être lisible.

L'indication de l'origine doit respecter l'espacement et les dimensions indiqués dans la norme de produit applicable.

La conformité doit être vérifiée dans le cadre d'un contrôle visuel, et la durabilité de l'impression (le cas échéant) doit être conforme à l'essai décrit en 8.20.

NOTE Les autorités nationales, les autorités de réglementation ou les autorités d'homologation peuvent exiger une méthode de marquage en fonction de leurs règles en vigueur.

4.1.3.2 Tension assignée et construction du câble

Lorsque cela est spécifié dans la norme de produit applicable, la tension assignée (U_0/U) et la construction (nombre d'âmes et section des conducteurs) du câble doivent être gravées, estampées ou embossées sur la gaine extérieure.

Le marquage doit être lisible.

L'indication doit respecter l'espacement et les dimensions indiqués dans la norme de produit applicable.

La conformité doit être vérifiée dans le cadre d'un contrôle visuel, et la durabilité de l'impression (le cas échéant) doit être conforme à l'essai décrit en 8.20.

4.1.3.3 Désignation/marquages externes des câbles facultatifs

Après accord entre le fabricant et le client, les câbles peuvent également être marqués au moyen d'une désignation de code qui détermine le type d'isolation/de blindage/d'armure ainsi que les matériaux de gainage utilisés dans leur construction.

Le marquage doit être réalisé par embossage, estampage ou gravure de la gaine extérieure.

Le marquage doit être lisible.

L'indication doit respecter l'espacement et les dimensions indiqués dans la norme de produit applicable.

La conformité doit être vérifiée dans le cadre d'un contrôle visuel, et la durabilité de l'impression (le cas échéant) doit être conforme à l'essai décrit en 8.20.

4.1.4 Identification des âmes

Toutes les âmes doivent être clairement identifiées.

Les âmes de câbles multiconducteurs ou les âmes figurant dans des unités doubles, triples ou quadruples doivent être identifiées par des couleurs ou des numéros comme indiqué dans la norme de produit applicable.

Les couleurs ou les numéros doivent être durables et clairement identifiables.

La numérotation doit respecter l'espacement et les dimensions indiqués dans la norme de produit applicable.

La conformité doit être vérifiée dans le cadre d'un contrôle visuel, et la durabilité de l'impression (le cas échéant) doit être conforme à l'essai décrit en 8.20.

4.1.5 Câbles sans halogène

Pour les câbles sans halogène, les constituants non métalliques doivent satisfaire aux exigences énoncées dans le Tableau 7.

4.2 Conducteurs

4.2.1 Matériau

Les conducteurs doivent être fabriqués en cuivre recuit nu ou revêtu d'une couche métallique.

4.2.2 Revêtement métallique et séparateur

Les fils de cuivre constitutifs doivent avoir un revêtement métallique lorsqu'ils sont utilisés dans le cas de conducteurs comportant une isolation réticulée, à moins qu'un séparateur soit présent entre le conducteur et l'enveloppe isolante ou que des essais de type de compatibilité adéquats soient effectués afin de démontrer que les fils de cuivre non revêtus ne présentent pas d'effets nuisibles. Le revêtement métallique doit être jugé comme satisfaisant si, lors de l'examen visuel, la surface du fil apparaît lisse, uniforme et brillante et que l'enveloppe isolante n'adhère pas au conducteur.

Si un essai de compatibilité est exigé, il doit être effectué selon la méthode et les exigences spécifiées en 8.6.

4.2.3 Classe et forme

Les conducteurs concernés par la présente norme sont destinés aux installations fixes seulement et doivent se conformer à la classe 2 ou 5 de l'IEC 60228. La taille nominale minimale des conducteurs dépend de la tension assignée du câble et doit être conforme au Tableau 1.

Les âmes câblées en cuivre de classe 2 sont recommandées pour les systèmes généraux à installation fixe.

Pour faciliter l'installation, l'utilisation d'un conducteur de classe 5 est permise. Il convient de ne pas considérer les câbles utilisant des conducteurs de classe 5 comme étant adaptés à subir des flexions fréquentes pendant le fonctionnement.

L'utilisation d'âmes câblées circulaires compactes ou non compactes est permise pour toutes les sections. Les âmes sectoriales sont permises pour les sections de 10 mm² et plus.

Tableau 1 – Taille minimale des conducteurs

<i>U</i>	Section nominale (minimale) mm ²
250 V	0,5
1 000 V	1,0
3 kV	10
6 kV	10
10 kV	16
15 kV	25
20 kV	35
30 kV	50

La taille nominale des conducteurs doit être limitée à 630 mm² conformément aux valeurs indiquées dans l'IEC 60228.

Tous les conducteurs doivent avoir une forme régulière et ne doivent pas comporter d'arêtes vives ni de défauts susceptibles de détériorer l'enveloppe isolante.

4.2.4 Résistance

Sauf spécification contraire dans la norme applicable, la résistance en courant continu des conducteurs ne doit pas dépasser la valeur maximale applicable indiquée dans l'IEC 60228.

La résistance en courant continu des conducteurs utilisés dans des câbles multiunités (doubles, triples ou quadruples) ne doit pas dépasser la valeur maximale indiquée dans la norme de produit applicable.

La résistance en courant continu des fils de continuité ne doit pas dépasser la valeur maximale indiquée dans la norme de produit applicable.

Il convient que les tresses (y compris un conducteur de terre facultatif situé en dessous et en contact permanent avec la tresse) et les armures (lorsqu'elles sont utilisées en tant que conducteurs de mise à la terre) aient une valeur de conductance au moins égale à la valeur des conducteurs de phase pour les sections au plus égales à 16 mm² et 50 % de la valeur pour les conducteurs de phase comportant des sections supérieures à 16 mm².

L'utilisation de tresses ou d'armures en tant que conducteurs de mise à la terre peut ne pas être permise dans certains pays ou par certaines autorités d'homologation.

4.3 Système d'isolation

4.3.1 Matériau

Le système d'isolation doit se composer au minimum des éléments suivants:

- l'un des mélanges d'isolation répertoriés dans l'IEC 60092-360;
- une combinaison de deux couches ou plus des mélanges d'isolation répertoriés dans l'IEC 60092-360 satisfaisant à l'ensemble des exigences pour un type;
- une combinaison d'une couche ou plus de ruban(s) inorganique(s) et d'une couche ou plus des mélanges d'isolation répertoriés dans l'IEC 60092-360 satisfaisant à l'ensemble des exigences pour un type.

4.3.2 Application

L'enveloppe isolante doit être extrudée dans une ou plusieurs couches très adhérentes. Le système d'isolation doit former un corps compact et homogène, et doit être appliqué de façon à s'ajuster étroitement sur le conducteur ou sur le ou les rubans, le cas échéant.

Il doit être possible de retirer l'enveloppe isolante sans endommager le conducteur ni le revêtement métallique (le cas échéant).

La conformité doit être vérifiée par examen visuel.

4.3.3 Épaisseur de l'enveloppe isolante

L'épaisseur de l'enveloppe isolante est spécifiée pour chaque taille et chaque type de câble dans la norme de produit applicable.

Pour les câbles monoconducteurs ou multiconducteurs, l'épaisseur en tout point peut être inférieure à la valeur indiquée sous réserve que la différence ne dépasse pas $0,1 \text{ mm} + 10 \%$ de la valeur indiquée.

Pour les câbles mono-unités ou multiunités, l'épaisseur en tout point peut être inférieure à la valeur indiquée sous réserve que la différence ne dépasse pas $0,1 \text{ mm} + 20 \%$ de la valeur indiquée.

L'épaisseur des séparateurs, écrans ou rubans inorganiques éventuellement appliqués sur le conducteur ou l'enveloppe isolante ne doit pas être prise en compte dans l'épaisseur de l'enveloppe isolante.

4.4 Écrans

4.4.1 Écran conducteur et écran isolant pour les câbles haute tension

4.4.1.1 Écran conducteur

L'écran conducteur doit se composer d'un mélange semi-conducteur extrudé qui peut recouvrir un ruban semi-conducteur.

Le mélange semi-conducteur extrudé doit être fermement fixé à l'enveloppe isolante.

4.4.1.2 Écran isolant

L'écran isolant doit se composer d'une couche semi-conductrice non métallique, associée à une couche métallique. La couche non métallique doit être extrudée directement sur l'enveloppe isolante de chaque âme et être constituée d'un mélange semi-conducteur adhérent ou pelable.

Une couche de ruban ou mélange semi-conducteur peut alors être appliquée sur les âmes individuelles ou sur l'ensemble d'âmes.

Les âmes individuelles doivent être recouvertes d'une couche métallique.

La couche métallique doit se composer d'un ou de plusieurs rubans, d'une tresse ou d'une couche concentrique de fils, ou d'une combinaison de ruban(s) et de fils.

Les exigences dimensionnelles, physiques et électriques de la couche métallique doivent être déterminées en tenant compte des autres exigences éventuelles (par exemple, réglementation et normes de l'autorité nationale ou d'homologation), ainsi que de la valeur du courant à transporter en cas de défaut.

4.4.2 Écrans (blindages) pour les câbles basse tension

4.4.2.1 Construction

L'écran doit se composer de l'un des éléments suivants:

- a) Un ruban de protection électrostatique stratifié en métal/polyester où la face métallique est en contact avec un fil de continuité ou un ruban de protection métallique comportant un chevauchement approprié.

Le ruban en métal/polyester doit avoir une liaison aluminium/polyester ou cuivre/polyester. L'épaisseur du ruban est spécifiée dans la norme de produit applicable. Le ruban en métal/polyester doit être en contact avec un fil de continuité qui doit se composer soit de fils de cuivre recuit revêtus d'une couche métallique dans le cas d'un ruban stratifié en aluminium, soit de fils de cuivre recuit nus ou étamés dans le cas d'un ruban stratifié en cuivre. La résistance maximale du fil de continuité est spécifiée dans la norme de produit applicable.

- b) Le ruban de protection métallique doit être nu ou revêtu d'une couche métallique. L'épaisseur du ruban est spécifiée dans la norme de produit applicable, ou,
- c) Une tresse en cuivre nu ou revêtu d'une couche métallique avec un fil de continuité si nécessaire appliqué conformément à la formule donnée en 4.8.2, ou
- d) Une combinaison des éléments a) et c) ou des éléments b) et c) ci-dessus. Avec cette option, le fil de continuité peut être omis.

4.4.2.2 Application

L'écran peut être appliqué sur un câble à unité simple en tant qu'écran individuel ou sur un ensemble de plusieurs conducteurs ou unités en tant qu'écran collectif.

NOTE Les écrans électrostatiques peuvent également servir d'écran électromagnétique, auquel cas les exigences sont à vérifier avec le client.

Dans les câbles multiunités, les écrans électrostatiques individuels doivent être isolés électriquement entre eux ainsi qu'avec l'écran collectif (le cas échéant).

4.5 Assemblage

4.5.1 Câbles multiconducteurs

Les âmes individuelles doivent être assemblées en hélice par couches concentriques vers la gauche ou la droite. L'utilisation d'assemblages en couche inverse (S/Z) est permise. Lorsque cela est nécessaire, l'utilisation de bourrages ou de couches extrudées comme décrit en 4.6 est permise dans le but d'obtenir un câble circulaire.

On peut appliquer un ou plusieurs rubans liants non hygroscopiques sur chaque couche.

4.5.2 Câbles multiunités

La formation des unités individuelles et l'assemblage des unités doivent être conformes à la norme de produit applicable.

4.6 Revêtements d'assemblage, bourrages et rubans de maintien

Le cas échéant, le revêtement d'assemblage peut être extrudé ou rubané conformément aux spécifications de la norme de câble applicable. Le revêtement d'assemblage doit être extrudé dans le cas d'une armure tressée en fils d'acier galvanisé.

Il doit être possible de retirer le revêtement d'assemblage sans endommager les constituants sous-jacents.

Les revêtements d'assemblage rubanés doivent être appliqués dans une ou plusieurs couches de chevauchement.

En guise de liant, on peut utiliser un enroulement à déjoint de ruban adapté avant d'appliquer un revêtement d'assemblage extrudé. L'épaisseur du ruban liant est facultative.

Le revêtement d'assemblage, les bourrages et les liants (le cas échéant) doivent être réalisés dans un matériau non hygroscopique. Le matériau choisi doit être compatible avec les constituants du câble avec lesquels il est en contact, ainsi qu'avec la température de fonctionnement du câble.

NOTE Dans les zones dangereuses, les revêtements d'assemblage utilisés à la place d'une gaine interne n'empêchent pas la migration des gaz combustibles ou des particules de poussière à l'intérieur du câble. Cela est normalement empêché par des presse-étoupes destinés aux zones dangereuses qui s'appuient sur une gaine interne imperméable pour assurer l'étanchéité.

4.7 Gaine interne

4.7.1 Matériau

Le matériau de la gaine interne doit être sélectionné parmi ceux répertoriés dans l'IEC 60092-360. Le mélange de gainage choisi doit être compatible avec les constituants du câble avec lesquels il est en contact, ainsi qu'avec la température de fonctionnement du câble.

4.7.2 Application

La gaine interne doit être extrudée dans une ou plusieurs couches très adhérentes. La gaine interne doit former un corps compact et homogène et doit être appliquée de façon à s'ajuster étroitement sur les constituants sous-jacents.

Il doit être possible de retirer la gaine interne sans endommager les constituants isolants sous-jacents et/ou le ou les écrans.

4.7.3 Épaisseur de la gaine interne

L'épaisseur de la gaine interne doit être spécifiée pour chaque taille et chaque type de câble dans la norme de produit applicable.

Sauf spécification contraire dans la norme de produit applicable, l'épaisseur en tout point peut être inférieure à la valeur indiquée sous réserve que la différence ne dépasse pas 0,1 mm + 15 % de la valeur indiquée pour les gaines appliquées sur une surface cylindrique lisse ou 0,2 mm + 20 % de la valeur indiquée pour les gaines appliquées sur une surface cylindrique irrégulière.

L'épaisseur du ou des rubans éventuellement appliqués sur ou sous la gaine interne ne doit pas être prise en compte dans le mesurage de l'épaisseur de la gaine interne.

4.8 Armure tressée métallique

4.8.1 Matériau

L'armure tressée métallique doit se composer de fils d'acier (galvanisé) gainés de zinc conformes à l'essai de galvanisation indiqué en 8.12 et dans l'ISO 7989-2, ou de fils en cuivre, de fils en cuivre revêtu d'une couche métallique ou de fils en alliage de cuivre.

Pour les câbles haute tension décrits dans l'IEC 60092-354, l'utilisation d'une armure en ruban d'acier double et d'une armure en fils d'acier ronds ou plats est permise. Pour plus de lignes directrices sur la construction, voir l'IEC 60502-2.

4.8.2 Application

La «densité de surface» de la tresse doit être telle que le poids de la tresse fasse au moins 90 % du poids d'un tube construit dans le même métal, avec un diamètre intérieur égal au diamètre intérieur calculé sous la tresse et une épaisseur égale au diamètre nominal des fils constituant la tresse.

Le diamètre sous la tresse est calculé à partir de la méthode de calcul fictif décrite à l'Annexe A.

NOTE Une autre méthode permettant d'évaluer la «densité de surface» des tresses symétriques est exprimée par la formule suivante qui permet d'obtenir le «facteur de remplissage» F :

$$F = \frac{NPd}{\sin \alpha} \quad \text{ou} \quad (mnd/2\pi D) (1 + \pi^2 D^2/L^2)^{1/2}$$

Où

α : est le coefficient angulaire entre l'axe du câble et les fils tressés;

d : est le diamètre du fil tressé;

N : est le nombre de fils par support;

P : est le nombre de duites par millimètre;

m : est le nombre total de broches;

n : est le nombre total d'extrémités par broche;

D est le diamètre moyen de la tresse;

L est le pas de câblage du fil tressé.

La «densité de surface» correspondante, exprimée sous la forme d'un pourcentage, est donnée par la formule suivante:

$$G = \frac{\pi}{2} \cdot F \cdot 100$$

La garantie de densité G à 90% est atteinte pour un coefficient de remplissage F à 0,573.

4.9 Gaine extérieure

4.9.1 Matériau

Le matériau de la gaine extérieure doit être sélectionné parmi ceux répertoriés dans l'IEC 60092-360. Le mélange de gainage choisi doit être compatible avec les constituants du câble avec lesquels il est en contact, ainsi qu'avec la température de fonctionnement du câble.

4.9.2 Application

La gaine extérieure doit être extrudée dans une ou plusieurs couches très adhérentes. La gaine extérieure doit former un corps compact et homogène, et doit être appliquée de façon à s'ajuster étroitement sur les constituants sous-jacents.

Il doit être possible de retirer la gaine extérieure sans endommager les constituants isolants sous-jacents et/ou le ou les écrans.

4.9.3 Épaisseur de la gaine extérieure

L'épaisseur de la gaine doit être spécifiée pour chaque taille et chaque type de câble dans la norme de produit applicable.

Sauf spécification contraire dans la norme de produit applicable, l'épaisseur en tout point peut être inférieure à la valeur indiquée sous réserve que la différence ne dépasse pas 0,1 mm + 15 % de la valeur indiquée pour les gaines appliquées sur une surface cylindrique

lisse ou $0,2 \text{ mm} + 20 \%$ de la valeur indiquée pour les gaines appliquées sur une surface cylindrique irrégulière.

5 Méthodes d'essai

5.1 Conditions d'essai

5.1.1 Température ambiante

Sauf spécification contraire dans les détails de l'essai particulier, les essais doivent être réalisés à une température ambiante de $(20 \pm 15) ^\circ\text{C}$.

5.1.2 Fréquence, forme d'onde et amplitude des tensions d'essai à fréquence industrielle

La fréquence des tensions d'essai alternatives doit se situer dans la plage 49 Hz à 61 Hz. La forme d'onde doit être pratiquement sinusoïdale. Les tensions d'essai à fréquence industrielle données dans la présente norme sont des valeurs efficaces.

5.2 Essais individuels

5.2.1 Généralités

La présente norme exige les essais individuels suivants:

- a) Mesurage de la résistance électrique des conducteurs (voir 5.2.2);
- b) Essai de tension (voir 5.2.3);
- c) Essai de décharges partielles pour les tensions assignées de 6 kV à 30 kV (voir 5.2.4).

Les essais individuels sont normalement effectués sur chaque longueur de câble manufacturée et peuvent être réalisés, au choix du fabricant, soit sur les longueurs de livraison soit sur les longueurs manufacturées avant qu'elles ne soient découpées en longueurs de livraison.

5.2.2 Mesurage de la résistance électrique des conducteurs

Les mesurages de résistance doivent être effectués sur tous les conducteurs de chaque longueur de câble soumise à l'essai individuel.

La longueur de câble complet, ou un échantillon prélevé dessus, doit être placé(e) dans la salle d'essai qui doit être maintenue à une température raisonnablement constante pendant au moins 12 h avant l'essai. En cas de doute concernant le fait de savoir si la température du conducteur est identique à la température ambiante, la résistance doit être mesurée après que le câble soit resté dans la salle d'essai pendant 24 h. En variante, la résistance doit être mesurée sur un échantillon du conducteur conditionné pendant au moins 1 h dans un bain liquide à température contrôlée.

La valeur de résistance mesurée doit être corrigée à une température de $20 ^\circ\text{C}$ et 1 km de longueur conformément aux formules et facteurs énoncés dans l'IEC 60228.

Sauf indication contraire dans la norme de produit applicable, la résistance en courant continu de chaque conducteur à $20 ^\circ\text{C}$ ne doit pas dépasser la valeur maximale adéquate spécifiée pour la classe de conducteurs applicable dans l'IEC 60228.

5.2.3 Essai de tension

5.2.3.1 Généralités

L'essai de tension doit être effectué à la température ambiante en utilisant, au choix du fabricant, une tension alternative à fréquence industrielle, une tension continue, ou selon le cas, un essai au défilement (haute fréquence ou autres formes de tension).

5.2.3.2 Câble monoconducteur sans couche métallique

Si le câble monoconducteur ne comporte pas de couche métallique, le câble tel que livré doit être immergé dans l'eau à la température ambiante pendant une période de 1 h minimum.

Une tension doit être appliquée entre le conducteur et l'eau.

La tension et la durée de son application doivent correspondre aux valeurs indiquées dans le Tableau 2.

En variante, la longueur totale du câble complet tel que livré doit être soumise à un essai au défilement (voir 5.2.3.7).

5.2.3.3 Câble multiconducteur et câbles comportant une ou plusieurs couches métalliques

Une tension doit être appliquée à tour de rôle entre chaque conducteur et chacun des autres conducteurs et la couche métallique, le cas échéant. Les conducteurs peuvent être connectés de manière appropriée pour des applications successives de la tension d'essai dans le but de limiter la durée d'essai totale, sous réserve que la séquence des connexions garantisse l'application de la tension pendant au moins 5 min sans interruption entre chaque conducteur et chacun des autres conducteurs et entre chaque conducteur et la couche métallique, le cas échéant.

Dans les câbles à champ radial, la tension doit être appliquée entre le conducteur et l'écran sur enveloppe isolante.

La tension et la durée de son application doivent correspondre aux valeurs indiquées dans le Tableau 2.

5.2.3.4 Essai de tension sur la gaine

L'essai doit être effectué sur un câble gainé où une couche métallique se trouve sous la gaine.

La longueur totale du câble complet tel que livré doit être soumise à un essai au défilement (voir 5.2.3.7).

5.2.3.5 Tension d'essai

Sauf indication contraire dans la norme de produit applicable au câble, les valeurs de la tension d'essai relatives aux tensions assignées normalisées sont données dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Tension d'essai pour les essais individuels

Tension assignée du câble U_o/U kV	Tension d'essai pendant 5 min	
	Courant alternatif kV	Courant continu ^a kV
0,15/0,25	1,5	3,6
0,6/1	3,5	8,4
1,8/3	6,5	15,6
3,6/6	12,5	–
6/10	21	–
8,7/15	30,5	–
12/20	42	–
18/30	63	–

NOTE Les valeurs de l'épaisseur de l'enveloppe isolante améliorée sont données dans la norme de produit applicable.

^a Les essais en courant continu ne sont pas recommandés pour les câbles possédant des tensions assignées > 1,8/3 kV.

5.2.3.6 Exigence

La tension d'essai doit être augmentée progressivement jusqu'à la valeur indiquée, et aucun claquage de l'enveloppe isolante ne doit se produire.

5.2.3.7 Essai au défilement

Lorsque cela est spécifié, cet essai doit être effectué au dernier stade de la fabrication.

Le câble doit résister à la tension d'essai indiquée, sans défaillance de l'enveloppe isolante ou de la gaine (selon le cas). Le matériel d'essai au défilement utilisé doit détecter une perforation dans l'enveloppe isolante ou la gaine possédant un diamètre supérieur ou égal à la moitié de l'épaisseur de l'enveloppe isolante ou la gaine indiquée. Le temps de récupération du matériel d'essai au défilement ne doit pas être supérieur à 1 s.

L'amplitude et la présence de la tension doivent être telles que, avec le système d'électrodes utilisé et à la vitesse utilisée pour le passage du câble dans le matériel d'essai au défilement, les exigences d'essai soient satisfaites.

Sauf indication contraire dans la norme de produit applicable au câble, les valeurs de la tension d'essai pour l'enveloppe isolante doivent être:

- Courant alternatif (50 Hz) $3,0 \text{ Kv} + (5 \times \text{épaisseur totalisée de l'enveloppe isolante en mm}) \text{ kV}$
- Courant continu $V \text{ courant alternatif} \times 1,5$
- Haute fréquence $V \text{ courant alternatif} + 1,0 \text{ kV}$

Sauf indication contraire dans la norme de produit applicable au câble, les valeurs de la tension d'essai pour la gaine doivent être:

- Courant alternatif (50 Hz) $3,0 \text{ kV}$
- Courant continu $V \text{ courant alternatif} \times 1,5$

NOTE L'adoption de l'IEC 62230 est à l'étude (voir Annexe B).

5.2.4 Essai de décharges partielles

L'essai de décharges partielles doit être effectué conformément à l'IEC 60885-2.

L'amplitude des décharges à $1,73 U_0$ ne doit pas dépasser 5 pC.

6 Essais sur échantillon

6.1 Généralités

La présente norme exige les essais sur échantillon suivants:

- Examen des conducteurs (voir 6.4);
- Contrôle des dimensions (voir 6.5 à 6.7);
- Essai d'allongement à chaud pour les enveloppes isolantes et les gaines (voir 6.8);
- Essai de résistance d'isolement (détermination de la résistivité transversale; voir 6.9).

6.2 Fréquence des essais sur échantillon

- Examen des conducteurs et contrôle des dimensions

L'examen des conducteurs, le mesurage de l'épaisseur de l'enveloppe isolante et de la gaine, ainsi que le mesurage du diamètre global, si cela est exigé par le client, doivent être effectués sur une longueur de chaque série manufacturée de mêmes type et taille de câble, mais doivent être limités à 10 % maximum du nombre de longueurs dans un contrat.

- Essais physiques

Après accord entre le fabricant et le client, l'essai indiqué doit être effectué sur des échantillons provenant de câbles fabriqués dans le cadre du contrat, sous réserve que la longueur totale au contrat dépasse 2 km pour les câbles multiconducteurs ou 4 km pour les câbles monoconducteurs. Le nombre d'échantillons à soumettre aux essais est donné dans le Tableau 3.

Tableau 3 – Nombre d'échantillons selon la longueur de câble

Longueur de câble				Nombre d'échantillons
Câbles multiconducteurs		Câbles monoconducteurs		
Longueur supérieure à km	Longueur au plus égale à Km	Longueur supérieure à km	Longueur au plus égale à km	
2	10	4	20	1
10	20	20	40	2
20	30	40	60	3
> 30	—	> 60	—	a b

NOTE

a Pour les longueurs de câbles multiconducteurs > 30 km, rajouter un échantillon pour chaque portion supplémentaire de 10 km.

b Pour les longueurs de câbles monoconducteurs > 60 km, rajouter un échantillon pour chaque portion supplémentaire de 20 km.

6.3 Répétition des essais

Si l'un des échantillons échoue aux essais décrits en 6.2, deux échantillons supplémentaires doivent être prélevés sur le même lot et soumis au ou aux mêmes essais auxquels l'échantillon initial a échoué. Si deux échantillons supplémentaires satisfont à l'essai, tous les câbles du lot à partir duquel ils ont été prélevés doivent être considérés conformes aux

exigences de la présente norme. Si l'un des deux échantillons supplémentaires échoue, le lot à partir duquel ils ont été prélevés doit être considéré non conforme.

6.4 Examen des conducteurs

La conformité aux exigences de l'IEC 60228 en ce qui concerne la construction des conducteurs doit être vérifiée par examen et mesurage selon le cas applicable.

6.5 Mesurage de l'épaisseur de l'enveloppe isolante

6.5.1 Généralités

Chaque longueur de câble sélectionnée pour l'essai doit être représentée par deux éprouvettes de câble prélevées à chaque extrémité, les portions pouvant avoir subi des dommages étant ignorées.

Pour les câbles possédant plus de trois âmes de section nominale identique, le nombre d'âmes sur lesquelles les mesurages sont à effectuer doit se limiter soit à trois âmes, soit à 10 % des âmes (selon la valeur la plus grande).

6.5.2 Procédure

La procédure d'essai doit être conforme à l'IEC 60811-201.

6.5.3 Exigences

Pour chaque éprouvette d'âme, la valeur la plus petite arrondie à 0,01 mm près (voir Annexe C) ne doit pas être inférieure à la valeur indiquée dans la norme de produit applicable.

Si la valeur mesurée sur l'une des deux éprouvettes ne satisfait pas aux exigences indiquées en 4.3.3, deux éprouvettes supplémentaires doivent être vérifiées. Si ces deux éprouvettes supplémentaires satisfont aux exigences indiquées, le câble est considéré conforme; si l'une des deux ne satisfait pas aux exigences, le câble n'est pas considéré conforme.

6.6 Mesurages de l'épaisseur des gaines non métalliques

6.6.1 Généralités

Chaque longueur de câble sélectionnée pour l'essai doit être représentée par deux éprouvettes de câble prélevées à chaque extrémité, les portions pouvant avoir subi des dommages ayant été ignorées.

6.6.2 Procédure

La procédure d'essai doit être conforme à l'IEC 60811-202.

6.6.3 Exigences

Pour chaque éprouvette de gaine, la valeur la plus petite arrondie à 0,01 mm près (voir Annexe C) ne doit pas être inférieure à la valeur indiquée dans la norme de produit applicable.

Si la valeur mesurée sur l'une des deux éprouvettes ne satisfait pas aux exigences indiquées en 4.7.3 ou 4.9.3, deux éprouvettes supplémentaires doivent être vérifiées. Si ces deux éprouvettes supplémentaires satisfont aux exigences indiquées, le câble est considéré conforme; si l'une des deux ne satisfait pas aux exigences, le câble n'est pas considéré conforme.

6.7 Mesurage du diamètre extérieur

Si le mesurage du diamètre extérieur du câble est exigé dans le cadre d'un essai sur échantillon, il doit être effectué conformément à l'IEC 60811-203.

6.8 Essai d'allongement à chaud pour les enveloppes isolantes et les gaines

6.8.1 Procédure générale

La procédure d'échantillonnage et d'essai doit être effectuée conformément à l'IEC 60811-507, dans les conditions énoncées dans l'IEC 60092-360 pour l'enveloppe isolante et la gaine.

6.8.2 Exigences

Les résultats d'essai doivent être conformes aux exigences données dans l'IEC 60092-360 pour l'enveloppe isolante et la gaine.

6.9 Essai de résistance d'isolement (détermination de la résistivité transversale)

La résistance d'isolement doit être mesurée à la température ambiante en utilisant une tension continue comprise entre 80 V et 500 V, après réalisation d'un essai à haute tension en courant alternatif, mais avant réalisation d'un essai à haute tension en courant continu.

Le mesurage doit généralement être effectué 1 min après l'application de la tension. Dans certains cas, néanmoins, la durée d'application peut être prolongée jusqu'à un maximum de 5 min afin d'atteindre un état quasiment stable.

La procédure de connexion pour la réalisation de l'essai sur différents types de câbles doit être comme suit:

- Pour les câbles monoconducteurs avec couche métallique, le mesurage de la résistance d'isolement doit être effectué entre le conducteur et le revêtement métallique.
- Pour les câbles monoconducteurs sans couche métallique, le mesurage de la résistance d'isolement doit être effectué entre le conducteur et l'eau dans laquelle le câble doit être immergé pendant au moins 1 h avant l'essai.
- Pour les câbles possédant deux à cinq conducteurs avec ou sans couche métallique, le mesurage de la résistance d'isolement doit être effectué à tour de rôle entre chaque conducteur et tous les autres conducteurs raccordés entre eux et le revêtement métallique (le cas échéant).
- Pour les câbles possédant plus de cinq conducteurs, l'essai de mesure de la résistance d'isolement doit être effectué: dans un premier temps, entre tous les conducteurs de nombre impair dans toutes les couches et tous les conducteurs de nombre pair dans toutes les couches; puis, entre tous les conducteurs de couches paires et tous les conducteurs de couches impaires; enfin, si nécessaire, entre le premier et le dernier conducteur de chaque couche possédant un nombre impair de conducteurs.
- Pour les câbles possédant des unités blindées individuellement, un essai de résistance d'isolement supplémentaire doit être effectué à tour de rôle entre chaque écran et tous les autres écrans raccordés entre eux et l'armure métallique (le cas échéant).

Les valeurs des mesurages de résistance d'isolement doivent être corrigées à la température de référence de 20 °C en utilisant un facteur de correction de température approprié basé sur les résultats expérimentaux obtenus sur le matériau de l'enveloppe isolante concerné.

La résistivité transversale (ρ) doit être calculée à partir de la résistance d'isolement mesurée par la formule suivante:

$$\rho = 2 \pi LR / \ln(D/d)$$

où:

ρ : est la résistivité transversale en ohms-centimètres;

R : est la résistance d'isolement mesurée, corrigée à 20 °C, en ohms;

L : est la longueur du câble, en centimètres;

D : est le diamètre extérieur de l'enveloppe isolante, en millimètres;

d : est le diamètre intérieur de l'enveloppe isolante, en millimètres.

La valeur calculée de résistivité transversale (ρ) ne doit pas être inférieure à la valeur indiquée pour le matériau d'isolation applicable dans l'IEC 60092-360.

NOTE 1 Dans certains cas, la valeur de résistivité transversale est donnée sous la forme de la «constante de résistance d'isolement K_i » (exprimée en $M\Omega \cdot km$) qui est équivalente à $0,367 \times 10^{-11} \rho$ (ρ exprimée en $\Omega \cdot cm$).

NOTE 2 Pour l'âme des conducteurs profilés, le rapport D/d correspond au rapport entre le périmètre sur l'enveloppe isolante et le périmètre sur les conducteurs.

7 Essais de type (électriques)

7.1 Généralités

Sauf spécification contraire, les essais de type suivants définis par la présente norme sont à réaliser sur des échantillons de câbles complets de 10 m à 15 m de long:

- Mesurage de la résistance d'isolement à la température ambiante (voir 7.2.1);
- Mesurage de la résistance d'isolement à la température assignée maximale (voir 7.2.2);
- Augmentation de la capacité en courant alternatif après immersion dans l'eau lorsque cela est exigé (voir 7.3);
- Essai à haute tension pendant 4 h (voir 7.4);
- Capacité mutuelle (voir 7.5);
- Inductance (voir 7.6).

7.2 Mesurage de la résistance d'isolement

7.2.1 Mesurage à la température ambiante

7.2.1.1 Généralités

Cet essai doit être effectué sur la longueur de l'échantillon avant tout autre essai électrique. Tous les revêtements extérieurs doivent être retirés, et les âmes doivent être immergées dans de l'eau déionisée à la température ambiante pendant au moins 1 h avant l'essai. Le mesurage doit être effectué entre le conducteur et l'eau (voir 7.4).

La tension d'essai en courant continu doit se situer dans la plage comprise entre 80 V et 500 V, et doit être appliquée pendant au moins 1 min et pas plus de 5 min. Si la demande en est faite, le mesurage peut être confirmé à $(20 \pm 2) ^\circ C$.

7.2.1.2 Calculs

La résistivité transversale (ρ) doit être calculée par la méthode donnée en 6.9.

NOTE Dans certains cas, la valeur de la résistivité transversale est donnée sous la forme de la «constante de résistance d'isolement K_i » (exprimée en $M\Omega \cdot km$) qui est équivalente à $0,367 \times 10^{-11} \rho$ (ρ exprimée en $\Omega \cdot cm$).

7.2.1.3 Exigences

La valeur calculée de résistivité transversale (ρ) ne doit pas être inférieure à la valeur indiquée pour le matériau d'isolation applicable dans l'IEC 60092-360.

7.2.2 Mesurage à la température assignée maximale

7.2.2.1 Généralités

Tous les revêtements extérieurs retirés, les âmes de l'échantillon de câble doivent être immergées dans de l'eau qui doit être chauffée à la température indiquée pendant au moins 1 h avant l'essai.

La tension d'essai en courant continu doit se situer dans la plage comprise entre 80 V et 500 V, et doit être appliquée pendant au moins 1 min et pas plus de 5 min.

7.2.2.2 Calculs

La résistivité transversale (ρ) doit être calculée par la méthode donnée en 6.9.

NOTE Dans certains cas, la valeur de résistivité transversale est donnée sous la forme de la « constante de résistance d'isolement K_i » (exprimée en $M\Omega \cdot km$) qui est équivalente à $0,367 \times 10^{-11} \rho$ (ρ exprimée en $\Omega \cdot cm$).

7.2.2.3 Exigences

La valeur calculée de résistivité transversale (ρ) ne doit pas être inférieure à la valeur indiquée pour le matériau d'isolation applicable dans l'IEC 60092-360.

7.3 Augmentation de la capacité en courant alternatif après immersion dans l'eau

7.3.1 Généralités

L'essai d'augmentation de la capacité en courant alternatif doit être effectué conformément à la méthode suivante.

7.3.2 Préparation des échantillons d'essai

Chaque échantillon d'essai doit être constitué d'un échantillon d'âme de 4,5 m de long dans lequel on a retiré le revêtement éventuellement présent autour de l'enveloppe isolante (y compris le ruban de vulcanisation, s'il y a lieu).

7.3.3 Matériel

Un réservoir d'eau doit être utilisé de manière à immerger la partie centrale de l'échantillon d'essai sur plus de 3 m de long tout en maintenant une longueur de 0,7 m au-dessus du niveau d'eau à chaque extrémité.

L'eau doit être maintenue thermostatiquement à une température de $(50 \pm 2) ^\circ C$.

Le niveau d'eau doit être maintenu constant.

7.3.4 Procédure

L'échantillon d'essai doit d'abord être séché pendant 24 h dans une étuve où l'air est maintenu entre $70 ^\circ C$ et $75 ^\circ C$.

À la sortie de l'étuve, l'échantillon d'essai doit être immergé, comme indiqué ci-dessus, dans de l'eau du robinet préalablement chauffée à $50 ^\circ C$.

L'immersion doit être maintenue à cette température pendant 14 jours.

La capacité entre le conducteur et l'eau doit être mesurée sous une basse tension en courant alternatif, à une fréquence de $900 \text{ Hz} \pm 100 \text{ Hz}$. Trois mesurages doivent être effectués:

- à la fin du premier jour: C1;
- à la fin du septième jour: C7;
- à la fin du quatorzième jour: C14.

Des précautions doivent être prises pour veiller à ce que la température et le niveau d'eau soient les mêmes pour l'ensemble des mesurages.

L'augmentation de la capacité en courant alternatif doit être calculée et exprimée sous forme d'un pourcentage:

- a) entre la fin du premier jour et la fin du quatorzième jour: $(C14-C1)/C1$;
- b) entre la fin du septième jour et la fin du quatorzième jour: $(C14-C7)/C7$.

7.3.5 Exigences

Les valeurs calculées à partir des mesurages ne doivent pas être supérieures à celles indiquées dans l'IEC 60092-360.

7.4 Essai à haute tension pendant 4 h à une tension maximale de 1,8/3 kV

7.4.1 Généralités

Tous les revêtements extérieurs retirés, les âmes de l'échantillon de câble doivent être immergées dans de l'eau déionisée à la température ambiante pendant au moins 1 h.

Une tension à fréquence industrielle égale à trois fois la tension assignée U_0 doit être appliquée progressivement et maintenue continuellement pendant 4 h entre le conducteur et l'eau.

7.4.2 Exigence

Aucun claquage de l'enveloppe isolante ne doit se produire.

7.5 Capacité mutuelle (câbles de commande et d'instrumentation seulement)

La capacité mutuelle doit être mesurée à 1 kHz sur un total d'au moins deux unités doubles, triples ou quadruples sélectionnées de manière aléatoire parmi les couches intérieures et extérieures. Les valeurs obtenues doivent être consignées dans le rapport d'essai de type du câble.

7.6 Rapport inductance sur résistance (câbles de commande et d'instrumentation seulement)

Le rapport inductance sur résistance (rapport L/R) doit être calculé à partir des mesurages d'inductance (L) réalisés à 1 kHz sur un total d'au moins deux unités doubles, triples ou quadruples sélectionnées de manière aléatoire parmi les couches intérieures et extérieures, ainsi que de la résistance en courant continu mesurée à 20 °C. Les valeurs obtenues doivent être consignées dans le rapport d'essai de type du câble.

7.7 Séquence d'essai à haute tension (câbles possédant une tension assignée supérieure à 3,6/6 (7,2) kV)

7.7.1 Généralités

Les essais de type électriques répertoriés en 7.7 doivent être effectués sur un échantillon de câble complet de 10 m à 15 m de long entre les accessoires d'essai.

À l'exception des dispositions énoncées en 7.7.2, tous les essais répertoriés en 7.7.1 doivent être réalisés successivement sur le même échantillon.

Dans les câbles à trois âmes, chaque essai ou mesurage doit être effectué sur l'ensemble des âmes.

La séquence d'essais normale doit être la suivante:

- a) Essai de décharges partielles (voir 7.7.3).
- b) Essai de flexion plus essai de décharges partielles. L'amplitude des décharges à $1,73 U_0$ doit être consignée (voir 7.7.4).
- c) Mesurage de $\tan \delta$ en fonction de la tension (voir 7.7.5).
- d) Mesurage de $\tan \delta$ en fonction de la température (voir 7.7.6).
- e) Essai cyclique de chauffage plus essai de décharges partielles. L'amplitude des décharges à $1,73 U_0$ doit être consignée (voir 7.7.7).
- f) Essai de tenue aux chocs, suivi d'un essai de tension à fréquence industrielle (voir 7.7.8).
- g) Essai de tension pendant 4 h (voir 7.7.9).

7.7.2 Dispositions particulières

Les essais c) et d) décrits en 7.7.1 peuvent être effectués sur un échantillon différent de celui utilisé pour la séquence d'essais normale indiquée.

7.7.3 Essai de décharges partielles

L'essai de décharges partielles doit être effectué selon la description fournie dans l'IEC 60885-2.

L'amplitude des décharges à $1,73 U_0$ doit être mesurée et consignée. Cette valeur ne doit pas être supérieure à 5 pC.

7.7.4 Essai de flexion

- a) L'échantillon doit être cintré autour d'un cylindre d'essai (par exemple, moyeu de tambour) à la température ambiante pendant au moins un tour complet. Il doit ensuite être décintré, et le processus doit être répété en cintrant l'échantillon dans l'autre sens.

Ce cycle de manœuvres doit être répété trois fois.

- b) Le cylindre doit avoir le diamètre suivant:

- pour les câbles à une âme: $20 (d + D) \pm 5 \%$;
- pour les câbles à trois âmes: $15 (d + D) \pm 5 \%$;

où:

D est le diamètre extérieur réel de l'échantillon de câble, en millimètres;

d est le diamètre réel du conducteur, en millimètres.

- c) A l'issue de cet essai, l'échantillon doit être soumis à un mesurage de décharges partielles et doit se conformer aux exigences énoncées en 7.7.3 ci-dessus.

7.7.5 Mesurage de $\tan \delta$ en fonction de la tension

- a) Le facteur de puissance de l'échantillon mécaniquement conditionné (comme décrit aux points a) et b) en 7.7.4) doit être mesuré à la température ambiante avec une tension à fréquence industrielle de $0,5 U_0$, U_0 et $2 U_0$.
- b) La valeur de mesure ne doit pas dépasser celles indiquées dans le Tableau 4.

Tableau 4 – Tan δ par rapport à la tension

	EPR, HEPR	XLPE
Tan maximale δ à U_0	200×10^{-4}	40×10^{-4}
Incrément maximum de tan δ entre $0,5 U_0$ et $2 U_0$	25×10^{-4}	20×10^{-4}

7.7.6 Mesurage de tan δ en fonction de la température

- a) L'échantillon de câbles complets doit être chauffé par l'une des méthodes décrites ci-dessous; dans chaque méthode, la température du conducteur doit être déterminée soit en mesurant la résistance des conducteurs, soit en plaçant un thermomètre dans le bain, dans l'étuve ou à la surface de l'écran.

L'échantillon doit être placé soit dans un réservoir de liquide soit dans une étuve, ou le courant de chauffage doit passer via l'écran isolant métallique.

La température doit être augmentée progressivement jusqu'à ce que le conducteur ait atteint la température assignée la plus élevée donnée dans l'IEC 60092-360.

- b) Le facteur de puissance doit être mesuré à la température ci-dessus avec une tension à fréquence industrielle de 2 kV.
- c) Les valeurs mesurées doivent être conformes aux exigences mentionnées dans le Tableau 5.

Tableau 5 – Tan δ par rapport à la température

	EPR, HEPR	XLPE
Tan maximale δ à la température ambiante	200×10^{-4}	40×10^{-4}
Tan maximale δ à la température assignée (90 °C)	400×10^{-4}	80×10^{-4}

7.7.7 Essai cyclique de chauffage plus essai de décharges partielles

- a) L'échantillon qui a été soumis aux essais précédents doit être posé sur le sol de la salle d'essai et ensuite chauffé en faisant circuler un courant alternatif via le conducteur, jusqu'à ce que le conducteur atteigne une température stable de 10 °C au-dessus de la température assignée maximale de l'enveloppe isolante en fonctionnement normal.

Pour les câbles multiconducteurs, le courant de chauffage doit circuler à travers tous les conducteurs.

Ce courant de chauffage doit être appliqué pendant une période d'au moins 2 h, suivie d'un refroidissement à l'air libre pendant au moins 4 h.

Ce cycle doit être répété encore deux fois.

- b) Après le troisième cycle, l'échantillon doit être soumis au mesurage de décharges partielles décrit en 7.7.3 et doit se conformer aux exigences énoncées dans le paragraphe concerné.

7.7.8 Essai de tenue aux chocs, suivi d'un essai de tension à fréquence industrielle

- a) Cet essai doit être effectué sur l'échantillon à une température de conducteur de 5 °C au-dessus de la température de fonctionnement assignée maximale de l'enveloppe isolante.

La tension de choc doit être appliquée conformément à la procédure donnée dans l'IEC 60230.

- b) Le câble doit résister sans défaillance à 10 impulsions de tension positive et 10 impulsions de tension négative, avec la valeur appropriée donnée dans le Tableau 6.

Tableau 6 – Tensions de tenue aux chocs

Tension assignée U_0	kV	3,6	6,0	8,7	12	18
Tension d'essai	kVp	60	75	95	125	170

- c) Après l'essai décrit aux points a) et b), l'échantillon de câble doit être soumis à la température ambiante à un essai de tension à fréquence industrielle pendant 15 min (sur chaque âme).

Les valeurs de la tension d'essai doivent correspondre à celles indiquées dans le Tableau 2.

Aucun claquage de l'enveloppe isolante ne doit se produire.

7.7.9 Essai à haute tension pendant 4 h

L'essai doit être effectué sur un échantillon de câble complet mesurant au moins 5 m de long entre les bornes d'essai.

Une tension à fréquence industrielle de $4 U_0$ doit être appliquée pendant 4 h à la température ambiante entre chaque conducteur et le ou les écrans métalliques.

La tension d'essai doit être augmentée progressivement jusqu'à la valeur indiquée et être maintenue pendant 4 h. Aucun claquage de l'enveloppe isolante ne doit se produire.

8 Essais de type (non électriques)

8.1 Généralités

La présente norme exige les essais de type non électriques suivants.

8.2 Mesurage de l'épaisseur de l'enveloppe isolante

Se reporter à l'essai sur échantillon décrit en 6.5.

8.3 Mesurage de l'épaisseur des gaines non métalliques (hors revêtements d'assemblage)

Se reporter à l'essai sur échantillon décrit en 6.6.

8.4 Essais pour la détermination des propriétés mécaniques des enveloppes isolantes avant et après vieillissement

8.4.1 Échantillonnage

L'échantillonnage et la préparation des éprouvettes d'essai doivent être effectués conformément à l'IEC 60811-501.

8.4.2 Traitements de vieillissement

Les traitements de vieillissement doivent être effectués conformément à l'IEC 60811-401, dans les conditions énoncées dans l'IEC 60092-360.

Les essais de traction avant et après vieillissement avec le conducteur en cuivre ne s'appliquent pas aux câbles de tension assignée supérieure à 0,6/1,0 (1,2) kV.