

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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)

Installations électriques à bord des navires –

Partie 354: Câbles d'énergie unipolaires et tripolaires à isolement massif extrudé pour des tensions assignées allant de 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) jusqu'à 30 kV ($U_m = 36$ kV)



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.



IEC 60092-354

Edition 3.0 2014-08

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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)

Installations électriques à bord des navires –

Partie 354: Câbles d'énergie unipolaires et tripolaires à isolement massif extrudé pour des tensions assignées allant de 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) jusqu'à 30 kV ($U_m = 36$ kV)

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

Q

ICS 29.060.20; 47.020.60

ISBN 978-2-8322-1838-9

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.

Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

CONTENTS

FOREWORD	4
1 Scope	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	7
4 General requirements	7
4.1 Rated voltage	7
4.2 Markings	7
4.2.1 Indication of origin and voltage identification	7
4.2.2 Continuity of marking	8
4.2.3 Core identification for three-cores	8
5 Constructional requirements	8
5.1 General cable description	8
5.1.1 Overview	8
5.1.2 Armoured single-sheathed cable with outer sheath only	8
5.1.3 Armoured double-sheathed cable with inner and outer sheath	8
5.1.4 Armoured single-sheathed cable with inner sheath only	9
5.1.5 Unarmoured single-sheathed cable	9
5.2 Conductors	9
5.3 Insulation	9
5.3.1 Material	9
5.3.2 Application	9
5.3.3 Thickness of insulation	10
5.4 Screening of cores	10
5.4.1 General	10
5.4.2 Conductor screening	10
5.4.3 Insulation screening	10
5.5 Metallic screen	11
5.5.1 Construction	11
5.5.2 Requirements	11
5.6 Assembly of three-core cables, inner coverings and fillers	11
5.7 Inner covering	11
5.7.1 General	11
5.7.2 Thickness of inner covering	11
5.8 Inner sheath	12
5.8.1 Material	12
5.8.2 Application	12
5.8.3 Thickness of inner sheath	12
5.9 Braid armour	12
5.9.1 General	12
5.9.2 Braid wire armour	12
5.9.3 Braid wire diameter	13
5.10 Outer sheath	13
5.10.1 Material	13
5.10.2 Application	13
5.10.3 Thickness of outer sheath	13
5.10.4 Colour of outer sheath	13

6 Tests – Methods and requirements	13
Annex A (informative) Electrical tests after installation	17
Table 1 – Insulation thickness	10
Table 2 – Thickness of inner covering	11
Table 3 – Tests applicable to all cables (1 of 2)	14
Table 4 – Additional tests for halogen-free cables	15
Table 5 – Additional test for low smoke cables	16
Table 6 – Additional tests when required	16

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

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)**

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 60092-354 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 third edition cancels and replaces the second edition published in 2003. This edition constitutes a technical revision with respect to the previous edition.

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

- a) Modification of construction requirements in line with IEC 60092-350. There has been some redistribution of test methods between IEC 60092-350 and this new standard to remove all tests carried out on complete cables.

- b) Requirements for enhanced cold properties, oil resistance and resistance to drilling fluids have been aligned to IEC 60092-350.

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

FDIS	Report on voting
18A/377/FDIS	18A/380/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.

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)

1 Scope

This part of IEC 60092 is applicable to shipboard and offshore power cables with extruded solid insulation, conductor and core screening, having a voltage rating of one of the following: 3,6/6 (7,2) kV, 6/10 (12) kV, 8,7/15 (17,5) kV, 12/20 (24) kV, 18/30 (36) kV.

NOTE 1 Subclause 4.1 gives more details.

The cables are intended for fixed installations.

The various types of power cables are given in 5.1. The constructional requirements and test methods are aligned with those indicated in IEC 60092-350, unless otherwise specified in this standard.

The object of this standard is:

- to standardize cables whose safety and reliability are ensured when they are installed in accordance with the requirements of IEC 60092-352 or IEC 61892-4;
- to lay down standard manufacturing requirements and characteristics of such cables directly or indirectly bearing on safety;
- to specify test methods for checking conformity with those requirements.

NOTE 2 Only radial field cables are covered.

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 60038, *IEC standard voltages*

IEC 60092-350:2014, *Electrical installations in ships – Part 350: General construction and test methods of power, control and instrumentation cables for shipboard and offshore applications*

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

IEC 60228, *Conductors of insulated cables*

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 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*

3 Terms and definitions

For the purpose of this document, the terms and definitions given in IEC 60092-350 apply.

4 General requirements

4.1 Rated voltage

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 (including cable) may be used (see IEC 60038).

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

The standard rated voltages $U_0/U (U_m)$ of the cables considered in this standard are: 3,6/6 (7,2) kV, 6/10 (12) kV, 8,7/15 (17,5) kV, 12/20 (24) kV, and 18/30 (36) kV.

4.2 Markings

4.2.1 Indication of origin and voltage identification

Cables shall comply with 4.1.3 of IEC 60092-350:2014 with respect to:

- a) indication of origin;
- b) rated voltage and cable construction (number of cores and cross-sectional area of the construction);

- c) continuity of marking;
- d) durability/legibility.

4.2.2 Continuity of marking

The marking is deemed to be continuous if the distance between the end of any marking and the beginning of the next does not exceed:

- a) 550 mm if the marking is on the outer surface of the cable;
- b) 275 mm in all other cases.

4.2.3 Core identification for three-cores

Cores of cables shall be provided with a suitable method of identification. Each core shall be easily distinguishable from the other cores in the cable.

5 Constructional requirements

5.1 General cable description

5.1.1 Overview

Shipboard and offshore cables for fixed installations shall be single or multi-core cables generally constructed as follows.

5.1.2 Armoured single-sheathed cable with outer sheath only

The armoured single-sheathed cables having only an outer sheath are constructed as follows:

- copper conductor, see 5.2;
- conductor semi-conducting screen, see 5.4.2;
- insulation, see 5.3;
- insulation screening, see 5.4.3;
- cabling (for three-core cables), see 5.6;
- inner covering, see 5.7;
- braid armour, see 5.9;
- outer sheath applied as either one or two layer systems, see 5.10.

5.1.3 Armoured double-sheathed cable with inner and outer sheath

The armoured double-sheathed cables having both an inner and an outer sheath are constructed as follows:

- copper conductor, see 5.2;
- conductor semi-conducting screen, see 5.4.2;
- insulation, see 5.3;
- insulation screening, see 5.4.3;
- cabling (for three-core cables), see 5.6;
- inner sheath, see 5.8;
- braid armour, see 5.9;
- outer sheath applied as either one or two layer systems, see 5.10.

The use of a thermoplastic inner sheath (ST 2 or SHF 1) is not recommended if the outer sheath consists of an elastomeric cross-linked material.

5.1.4 Armoured single-sheathed cable with inner sheath only

The armoured single-sheathed cables having only an inner sheath are constructed as follows:

- copper conductor, see 5.2;
- conductor semi-conducting screen, see 5.4.2;
- insulation, see 5.3;
- insulation screening, see 5.4.3;
- inner sheath, see 5.8;
- braid armour, see 5.9.

The cables for installation in spaces where corrosion can occur, for example weather decks, wet locations, battery compartments, refrigeration rooms, etc., should have an outer sheath over the braid, if any, unless the braid itself is corrosion-resistant.

5.1.5 Unarmoured single-sheathed cable

The unarmoured single-sheathed cables are constructed as follows:

- copper conductor, see 5.2;
- conductor semi-conducting screen, see 5.4.2;
- insulation, see 5.3;
- insulation screening, see 5.4.3;
- cabling (for three-core cables), see 5.6;
- inner covering (optional), see 5.7;
- outer sheath applied as either one or two layer systems, see 5.10.

5.2 Conductors

Material, metal coating, class and form of the conductors shall be in accordance with IEC 60092-350. The form of the conductor shall be round circular stranded, non-compacted or compacted, in accordance with Class 2 of IEC 60228. To aid installation a conductor of Class 5 may be used. Cables with such Class 5 conductors should not be regarded as suitable for repeated flexing in service.

The minimum cross-sectional area shall be 10 mm² for 3,6/6 (7,2) kV cables, 16 mm² for 6/10 (12) kV cables, 25 mm² for 8,7/15 (17,5) kV cables, 35 mm² for 12/20 (24) kV cables and 50 mm² for 18/30 (36)kV cables.

5.3 Insulation

5.3.1 Material

The insulation system shall be EPR, HEPR or XLPE compounds as defined in IEC 60092-360.

5.3.2 Application

The application shall be as detailed in 4.3.2 of IEC 60092-350:2014.

5.3.3 Thickness of insulation

The thickness of the insulation shall be as specified in Table 1 and meet the requirements of 4.3.3 of IEC 60092-350:2014 so that:

- the thickness at any point may be less than the specified value provided the difference does not exceed 0,1 mm + 10 % of the specified value;
- the thickness of the semi-conducting screen on the conductor, or over the insulation shall not be included in the thickness of insulation.

Table 1 – Insulation thickness

Nominal cross sectional area of conductor mm ²	Nominal thickness of insulation at rated voltage U_o/U (U_m)				
	3,6/6 (7,2) kV mm	6/10 (12) kV mm	8,7/15 (17,5) kV mm	12/20 (24) kV mm	18/30 (36) kV mm
10	2,5	-	-	-	-
16	2,5	3,4	-	-	-
25	2,5	3,4	4,5	-	-
35	2,5	3,4	4,5	5,5	-
50 to 185	2,5	3,4	4,5	5,5	8,0
240	2,6	3,4	4,5	5,5	8,0
300	2,8	3,4	4,5	5,5	8,0
400	3,0	3,4	4,5	5,5	8,0
500 to 630	3,2	3,4	4,5	5,5	8,0

Any conductor cross-section smaller than those given in this table is not recommended. However, if a smaller cross-section is needed, either the diameter of the conductor shall be increased by a conductor screen (see 5.4.2), or the insulation thickness shall be increased in order to limit, at the values calculated with the smallest conductor size given in this table, the maximum electrical stresses applied to the insulation under test voltage.

5.4 Screening of cores

5.4.1 General

Screening of individual cores in single- or three-core cables shall consist of a conductor screen and an insulation screen.

5.4.2 Conductor screening

The conductor screen shall be non-metallic and shall consist of an extruded semi-conducting compound, which may be applied on top of a semi-conducting tape. The extruded semi-conducting compound shall be firmly bonded to the insulation.

5.4.3 Insulation screening

The insulation screening is designed as follows.

- 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.

NOTE A layer of semi-conducting tape can then be applied over the individual cores.

- The metallic layer shall be applied over the individual cores and shall comply with the requirements of 5.5.

5.5 Metallic screen

5.5.1 Construction

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

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

$$D_c + 5 d_w, \text{ in mm}$$

where

D_c is the fictitious diameter of core;

d_w is the nominal diameter of the braid wire.

5.5.2 Requirements

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

5.6 Assembly of three-core cables, inner coverings and fillers

Cores of a three-core cable shall be laid up, and the interstices filled if necessary with fillers, inner covering or inner sheath (outer sheath in the case of unarmoured cables) according to 4.5 of IEC 60092-350:2014.

5.7 Inner covering

5.7.1 General

The inner covering shall be extruded. The relevant material and characteristics shall be in accordance with extruded inner coverings in 4.6 of IEC 60092-350:2014.

5.7.2 Thickness of inner covering

The values of the (approximate) thickness of extruded inner covering for the calculation of fictitious diameters are given in Table 2.

Table 2 – Thickness of inner covering

Fictitious diameter over laid up cores		Thickness of extruded inner covering
Above mm	Up to and including mm	(approximate value) mm
–	25	1,0
25	35	1,2
35	45	1,4
45	60	1,6
60	80	1,8
80	–	2,0
NOTE For the calculation of fictitious diameter, see Annexes A and C of IEC 60092-350:2014.		

5.8 Inner sheath

5.8.1 Material

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

5.8.2 Application

The application shall be as detailed in 4.7.2 of IEC 60092-350:2014.

5.8.3 Thickness of inner sheath

The thickness of the inner sheath is given as a function of the internal diameter of the sheath under consideration, the fictitious diameter being calculated by the method in Annexes A and C of IEC 60092-350:2014.

For armoured cable as per 5.1, the formula is:

$t_1 = (0,04 D + 0,8)$ mm, with a minimum thickness of 1,0 mm for construction 5.1.3 and 1,4 mm for construction 5.1.4

where

D is the fictitious diameter under the inner sheath.

The thickness at any point shall satisfy the prescriptions given in 4.7.3 of IEC 60092-350:2014.

5.9 Braid armour

5.9.1 General

The armour type covered by this standard is braid armour, see 5.9.2.

The materials and the constructional requirements of the armours shall be those given in 4.8 of IEC 60092-350:2014. When choosing the material of the armour, special consideration shall be given to the possibility of corrosion.

The armour of single-core cables for use on a.c. circuits shall consist of non-magnetic material. In special cases, for instance when the cables are used on d.c. circuits, magnetic materials can also be used.

The armour shall be applied in such a way that it shall not adhere to the inner sheath, nor to the outer sheath, nor the inner covering.

The nominal diameters of round armour wires shall be not less than the values given in the following subclauses.

5.9.2 Braid wire armour

The braid wire armours are defined as follows.

- a) The coverage density of the braid shall be in accordance with IEC 60092-350.
- b) The fictitious diameter under the braid is calculated by the method given in Annex A and C of IEC 60092-350:2014.

5.9.3 Braid wire diameter

Irrespective of the metal used, the nominal diameter of the braid wire shall be:

- 0,3 mm, as a minimum, for cables having fictitious diameter under the braid, less than or equal to 30 mm;
- 0,4 mm, as a minimum, for cables having fictitious cable diameter under the braid, larger than 30 mm.

5.10 Outer sheath

5.10.1 Material

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

5.10.2 Application

The application shall be as detailed in 4.9.2 IEC 60092-350:2014.

5.10.3 Thickness of outer sheath

The thickness of outer sheath is given as a function of the internal diameter of the sheath under consideration, the fictitious diameter being calculated by the method in Annexes A and C IEC 60092-350:2014.

The formula is as follows.

- a) For armoured single-sheathed cables as per 5.1.2 or unarmoured single-sheathed cables as per 5.1.5:

$$t_1 = (0,04 D + 0,8) \text{ mm with a minimum thickness of } 1,0 \text{ mm;}$$

where D is the fictitious diameter under the sheath.

- b) For armoured double-sheathed cables as 5.1.3:

$$t_2 = (0,025 D + 0,6) \text{ mm, with a minimum thickness of } 0,8 \text{ mm.}$$

The thickness at any point shall satisfy the prescriptions given in 4.9.3 of IEC 60092-350:2014.

5.10.4 Colour of outer sheath

The outer sheath shall be coloured red, unless otherwise specified by the purchaser at the time of ordering.

6 Tests – Methods and requirements

The tests shall be carried out according to Tables 3 to 6 where applicable. For the purposes of this document, the definitions given in IEC 60092-350 for routine test, sample test and type test apply.

Table 3 – Tests applicable to all cables (1 of 2)

Test	Applicability – All types of cable unless otherwise stated	Status	Method – Clause number given in IEC 60092-350:2014	Requirement – As in IEC 60092-350 unless otherwise stated
Measurement of electrical resistance of conductors		Routine	5.2.2	IEC 60228
Voltage test		Routine	5.2.3	-
Voltage test on sheath	Armoured cables	Routine	5.2.3	-
Insulation resistance test		Type	7.2	-
Partial discharge test		Routine	7.7.3	IEC 60885-2
High voltage sequence test		Type	7.7	
Conductor examination		Sample and type	6.4	-
Check of cable dimensions		Sample and type	6.5 and 8.1	-
Thickness of insulation			6.6 and 8.2	-
Thickness of non metallic sheaths				IEC 60092-354, 5.9.2 and 5.9.3
Dimensions of braid armour			6.7	-
External diameter				
Hot set test	EPR, HEPR, XLPE, insulation and SE, SH and SHF2 sheath	Sample	6.8	IEC 60092-360
Coverage density of braid	Braid armoured cables	Type	4.8.2	
Insulation resistance measurement at maximum rated temperature		Type	7.2.2	IEC 60092-360
Increase in a.c. capacitance after immersion in water		Type	7.3	IEC 60092-360
High-voltage test for 4 h		Type	7.7.9	
Mechanical properties of insulation before and after ageing		Type	8.4	IEC 60092-360
Mechanical properties of sheath before and after ageing		Type	8.5	IEC 60092-360

Table 3 (2 of 2)

Test	Applicability – All types of cable unless otherwise stated	Status	Method – Clause number given in IEC 60092-350:2014	Requirement – As in IEC 60092-350 unless otherwise stated
Additional ageing compatibility test		Type	8.6	IEC 60092-360
Loss of mass test	PVC ST2 sheath	Type	8.7	IEC 60092-360
Behaviour at high temperature	PVC ST2 and SHF1 sheaths	Type	8.8	IEC 60092-360
Behaviour at low temperatures	PVC ST2, SHF1 and SHF2 sheaths	Type	8.9	IEC 60092-360
Test for coating of copper wires		Type	8.11	
Galvanizing test		Type	8.12	
Resistance to cracking heat shock	PVC ST2 and SHF1 sheaths	Type	8.13	IEC 60092-360
Ozone resistance	Insulations and sheaths	Type	8.14	IEC 60092-360
Hot oil immersion	SE1, SH and SHF2 sheaths	Type	8.15.1	IEC 60092-360
Flame-spread tests: IEC 60332-1-2 and IEC 60332-3-22		Type	8.17.1 8.17.2	IEC 60332-1-2 and IEC 60332-3-22 in which case cables shall be installed in touching configuration on the front of the ladder.
Determination of hardness	HEPR insulation	Type	8.18	IEC 60092-360
Determination of modulus of elasticity	HEPR insulation	Type	8.19	IEC 60092-360
Durability of marking		Type	8.20	The marking shall remain legible following the test as given in 8.20 of IEC 60092-350:2014

Table 4 – Additional tests for halogen-free cables

Test	Applicability – All types of cable unless otherwise stated	Status	Method – Clause number given in IEC 60092-350:2014	Requirement – As in IEC 60092-350 unless otherwise stated
Acid gas emission	Halogen free cables	Type	8.17.4	IEC 60754-1
pH and conductivity	Halogen free cables	Type	8.17.5	IEC 60754-2
Fluorine content test	Halogen free cables	Type	8.17.6	IEC 60684-2

Table 5 – Additional test for low smoke cables

Test	Applicability – All types of cable unless otherwise stated	Status	Method – Clause number given in IEC 60092-350:2014	Requirement – As in IEC 60092-350 unless otherwise stated
Smoke density test for cables insulated and sheathed with halogen-free materials, when tested according to IEC 61034-1 and IEC 61034-2		Type	8.17.3	The test is satisfactory for the finished cables if the levels of light transmittance exceeds 60 % throughout the test
NOTE The smoke density test is in general applicable to halogen free cables. See also Table 4.				

Table 6 – Additional tests when required

Test	Applicability – All types of cable unless otherwise stated	Status	Method – Clause number given in IEC 60092-350:2014	Requirement – As in IEC 60092-350 unless otherwise stated
Special test for low temperature behaviour	When required	Type	8.10	
Enhanced hot oil immersion	When required	Type	8.15.2	IEC 60092-360
Drilling fluid test	When required	Type	8.16	IEC 60092-360

Annex A (informative)

Electrical tests after installation

By agreement between the purchaser and the contractor, an a.c. voltage test in accordance with IEC 60060-3 and with item a) or b) or c) as below may be used:

- a) test for 15 min with the phase-to-phase voltage U at a frequency between 20 Hz to 300 Hz shall be applied between the conductor and the metal screen/sheath;
- b) test for 24 h with the normal rated voltage U_0 of the system;
- c) test for 15 min with 3 U_0 rated voltage at a frequency of 0,1 Hz shall be applied between the conductor and the metal screen/sheath.

NOTE During the AC test a dissipation factor and/or partial discharge can be monitored.

For installations which have been in use, lower voltages and/or shorter durations may be used. Values should be negotiated, taking into account the age, environment, history of breakdowns and the purpose of carrying out the test.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	20
1 Domaine d'application.....	22
2 Références normatives	22
3 Termes et définitions	23
4 Exigences générales.....	23
4.1 Tension assignée	23
4.2 Marquage	24
4.2.1 Marque d'origine et indication de tension	24
4.2.2 Continuité du marquage	24
4.2.3 Repérage des conducteurs pour les câbles tripolaires.....	24
5 Exigences de construction	24
5.1 Description générale des câbles	24
5.1.1 Vue d'ensemble	24
5.1.2 Câble armé à une seule gaine, extérieure uniquement	24
5.1.3 Câble armé à deux gaines, intérieure et extérieure	24
5.1.4 Câble armé à une seule gaine, intérieure uniquement	25
5.1.5 Câble non armé à une seule gaine	25
5.2 Âmes conductrices	25
5.3 Isolation.....	26
5.3.1 Matériau	26
5.3.2 Application.....	26
5.3.3 Épaisseur de l'isolant	26
5.4 Blindage des conducteurs	26
5.4.1 Généralités	26
5.4.2 Écran sur âme conductrice	26
5.4.3 Écran sur enveloppe isolante	27
5.5 Écran métallique	27
5.5.1 Construction	27
5.5.2 Exigences.....	27
5.6 Assemblage des câbles tripolaires, revêtements intérieurs et bourrages.....	27
5.7 Revêtement intérieur	27
5.7.1 Généralités	27
5.7.2 Épaisseur du revêtement intérieur	27
5.8 Gaine intérieure	28
5.8.1 Matériau	28
5.8.2 Application.....	28
5.8.3 Épaisseur de la gaine intérieure	28
5.9 Armure tressée	28
5.9.1 Généralités	28
5.9.2 Armure du fil de la tresse	29
5.9.3 Diamètre du fil de la tresse.....	29
5.10 Gaine extérieure	29
5.10.1 Matériau	29
5.10.2 Application.....	29
5.10.3 Épaisseur de la gaine extérieure	29
5.10.4 Couleur de la gaine extérieure.....	30
6 Essais – Méthodes et exigences	30

Annexe A (informative) Essais électriques après installation	33
Tableau 1 – Épaisseur de l'isolant.....	26
Tableau 2 – Épaisseur du revêtement intérieur	28
Tableau 3 – Essais applicables à tous les câbles (1 de 2).....	30
Tableau 4 – Essais supplémentaires pour les câbles sans halogène	32
Tableau 5 – Essai supplémentaire pour les câbles à faible émission de fumée	32
Tableau 6 – Essais supplémentaires lorsqu'ils sont exigés.....	32

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES À BORD DES NAVIRES –

Partie 354: Câbles d'énergie unipolaires et tripolaires à isolement massif extrudé pour des tensions assignées allant de 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) jusqu'à 30 kV ($U_m = 36$ kV)

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 60092-354 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 troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2003. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) Modification des exigences en matière de construction en ligne avec l'IEC 60092-350. Il y a eu une redistribution des méthodes d'essai entre l'IEC 60092-350 et cette nouvelle norme pour supprimer tous les tests effectués sur les câbles complets.
- b) Les exigences pour les propriétés améliorées à froid, la résistance à l'huile, et la résistance aux fluides de forage ont été alignées sur l'IEC 60092-350

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
18A/377/FDIS	18A/380/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.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60092, publiées sous le titre général *Installations électriques à bord des navires*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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.

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES À BORD DES NAVIRES –

Partie 354: Câbles d'énergie unipolaires et tripolaires à isolement massif extrudé pour des tensions assignées allant de 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) jusqu'à 30 kV ($U_m = 36$ kV)

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60092 est applicable aux câbles d'énergie pour installations à bord des navires et en mer à isolement massif extrudé, avec blindage des âmes conductrices et des conducteurs, et dont la tension assignée est l'une des tensions suivantes: 3,6/6 (7,2) kV, 6/10 (12) kV, 8,7/15 (17,5) kV, 12/20 (24) kV, 18/30 (36) kV.

NOTE 1 Le paragraphe 4.1 fournit plus de détails.

Les câbles sont destinés à des installations fixes.

Les différents types de câbles d'énergie sont indiqués en 5.1. Les exigences de fabrication et les méthodes d'essai sont alignées avec celles qui sont indiquées dans l'IEC 60092-350 sauf spécification contraire dans la présente norme.

L'objet de la présente norme est:

- de normaliser des câbles qui soient sûrs et fiables lorsqu'ils sont installés conformément aux exigences de l'IEC 60092-352 ou de l'IEC 61892-4;
- d'établir les caractéristiques pour de tels câbles et les exigences normalisées relatives à leur fabrication se référant directement ou indirectement à la sécurité;
- de préciser les méthodes d'essai pour vérifier la conformité à ces exigences.

NOTE 2 Seuls les câbles à champ radial sont couverts.

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 60038, *Tensions nominales de la CEI*

IEC 60092-350:2014, *Electrical installations in ships – Part 350: General construction and test methods of power, control and instrumentation cables for shipboard and offshore applications* (disponible en anglais seulement)

IEC 60092-360, *Installations électrique à bord des navires – Partie 360: Matériaux d'isolation et de gainage des câbles d'alimentation, de commande, d'instrumentation et de télécommunication installés à bord des navires et des unités en mer*

IEC 60228, *Âmes des câbles isolés*

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 et à fibres optiques 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 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*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 60092-350 s'appliquent.

4 Exigences générales

4.1 Tension assignée

La méthode normalisée de conception des tensions assignées des câbles couverts par la présente norme doit prendre 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 le revêtement métallique, pour laquelle le câble est conçu;

U 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 de réseau la plus élevée pour laquelle le matériel (y compris le câble) peut être utilisé (voir l'IEC 60038).

Toutes les tensions sont données en tant que valeurs efficaces.

Les tensions assignées normales $U_0/U (U_m)$ des câbles, prévues par la présente norme, sont les suivantes: 3,6/6 (7,2) kV, 6/10 (12) kV, 8,7/15 (17,5) kV, 12/20 (24) kV, 18/30 (36) kV.

4.2 Marquage

4.2.1 Marquage d'origine et indication de tension

Les câbles doivent être conformes à 4.1.3 de l'IEC 60092-350:2014 quant à:

- a) l'indication de l'origine;
- b) la tension assignée et la construction du câble (nombre de conducteurs et section de la construction);
- c) la continuité du marquage;
- d) la durabilité/lisibilité.

4.2.2 Continuité du marquage

Le marquage est considéré comme continu si l'intervalle compris entre la fin de chaque marquage et le commencement du suivant ne dépasse pas:

- a) 550 mm si le marquage se trouve sur la surface extérieure du câble;
- b) 275 mm dans tous les autres cas.

4.2.3 Repérage des conducteurs pour les câbles tripolaires

Les conducteurs de câble doivent être fournis avec une méthode d'identification adaptée. Chaque conducteur doit être facilement identifiable par rapport aux autres conducteurs du câble.

5 Exigences de construction

5.1 Description générale des câbles

5.1.1 Vue d'ensemble

Les câbles installés à bord des navires et dans les installations fixes en mer doivent être des câbles unipolaires ou multipolaires, en général construits comme suit.

5.1.2 Câble armé à une seule gaine, extérieure uniquement

Les câbles armés à une seule gaine extérieure uniquement sont construits comme suit:

- conducteur en cuivre, voir 5.2;
- écran semi-conducteur sur âme conductrice, voir 5.4.2;
- isolation, voir 5.3;
- écran sur enveloppe isolante, voir 5.4.3;
- assemblage (pour les câbles tripolaires), voir 5.6;
- revêtement intérieur, voir 5.7;
- armure tressée, voir 5.9;
- gaine extérieure appliquée comme des systèmes à une ou deux couches, voir 5.10.

5.1.3 Câble armé à deux gaines, intérieure et extérieure

Les câbles armés à deux gaines, intérieure et extérieure, sont construits comme suit:

- conducteur en cuivre, voir 5.2;
- écran semi-conducteur sur âme conductrice, voir 5.4.2;
- isolation, voir 5.3;

- écran sur enveloppe isolante, voir 5.4.3;
- assemblage (pour les câbles tripolaires), voir 5.6;
- gaine intérieure, voir 5.8;
- armure tressée, voir 5.9;
- gaine extérieure appliquée comme des systèmes à une ou deux couches, voir 5.10.

L'utilisation d'une gaine intérieure thermoplastique (ST 2 ou SHF 1) n'est pas recommandée si la gaine extérieure est composée d'un matériau élastomère réticulé.

5.1.4 Câble armé à une seule gaine, intérieure uniquement

Les câbles armés à une seule gaine intérieure uniquement sont construits comme suit:

- conducteur en cuivre, voir 5.2;
- écran semi-conducteur sur âme conductrice, voir 5.4.2;
- isolation, voir 5.3;
- écran sur enveloppe isolante, voir 5.4.3;
- gaine intérieure, voir 5.8;
- armure tressée, voir 5.9.

Il convient que les câbles prévus pour être installés dans des locaux où des risques de corrosion peuvent se présenter (ponts exposés aux intempéries, endroits humides, compartiment à batteries, chambres frigorifiques, par exemple) soient dotés d'une gaine extérieure sur la tresse, le cas échéant, sauf si la tresse elle-même est résistante à la corrosion.

5.1.5 Câble non armé à une seule gaine

Les câbles non armés à une seule gaine sont construits comme suit:

- conducteur en cuivre, voir 5.2;
- écran semi-conducteur sur âme conductrice, voir 5.4.2;
- isolant, voir 5.3;
- écran sur enveloppe isolante, voir 5.4.3;
- assemblage (pour les câbles tripolaires), voir 5.6;
- revêtement intérieur (facultatif), voir 5.7;
- gaine extérieure appliquée comme des systèmes à une ou deux couches, voir 5.10.

5.2 Âmes conductrices

Le matériau, le revêtement métallique, la classe et la forme des âmes conductrices doivent être conformes à l'IEC 60092-350. L'âme conductrice doit être câblée circulaire, compactée ou non compactée, conformément à la classe 2 de l'IEC 60228. Une âme conductrice de classe 5 peut être utilisée pour faciliter la pose. Il convient que les câbles comportant ce type d'âmes conductrices de classe 5 ne soient pas considérés comme adaptés à un pliage répété en service.

La section minimale doit être de 10 mm² pour les câbles de 3,6/6 (7,2) kV, de 16 mm² pour les câbles de 6/10 (12) kV, de 25 mm² pour les câbles de 8,7/15 (17,5) kV, de 35 mm² pour les câbles de 12/20 (24) kV et de 50 mm² pour les câbles de 18/30 (36) kV.

5.3 Isolation

5.3.1 Matériau

Le système d'isolation doit être constitué de composés EPR, HEPR ou XLPE tels que définis dans l'IEC 60092-360.

5.3.2 Application

L'application doit être celle présentée en 4.3.2 de l'IEC 60092-350:2014.

5.3.3 Épaisseur de l'isolant

L'épaisseur de l'isolant doit être celle indiquée dans le Tableau 1 et satisfaire aux exigences de 4.3.3 de l'IEC 60092-350:2014 de sorte que:

- l'épaisseur en tout point peut être inférieure à la valeur spécifiée sous réserve que la différence ne dépasse pas 0,1 mm + 10 % de la valeur spécifiée;
- l'épaisseur de l'écran semi-conducteur placé sur l'âme conductrice, ou au-dessus de l'isolant ne doit pas être incluse dans l'épaisseur de l'isolant.

Tableau 1 – Épaisseur de l'isolant

Section nominale de l'âme conductrice mm ²	Épaisseur nominale de l'isolant à la tension assignée $U_o/U (U_m)$				
	3,6/6 (7,2) kV mm	6/10 (12) kV mm	8,7/15 (17,5) kV mm	12/20 (24) kV mm	18/30 (36) kV mm
10	2,5	-	-	-	-
16	2,5	3,4	-	-	-
25	2,5	3,4	4,5	-	-
35	2,5	3,4	4,5	5,5	-
50 à 185	2,5	3,4	4,5	5,5	8,0
240	2,6	3,4	4,5	5,5	8,0
300	2,8	3,4	4,5	5,5	8,0
400	3,0	3,4	4,5	5,5	8,0
500 à 630	3,2	3,4	4,5	5,5	8,0

L'utilisation de sections d'âme conductrice plus petites que celles données dans ce tableau n'est pas recommandée. Toutefois, si une section plus petite est nécessaire, le diamètre de l'âme conductrice doit être augmenté par la présence d'un écran sur âme conductrice (voir 5.4.2), ou l'épaisseur de l'isolant doit être augmentée afin de limiter, aux valeurs calculées avec la plus faible dimension d'âme conductrice donnée dans ce tableau, les contraintes électriques maximales appliquées à l'isolant sous la tension d'essai.

5.4 Blindage des conducteurs

5.4.1 Généralités

Le blindage des conducteurs individuels des câbles unipolaires ou tripolaires doit être constitué d'un écran sur âme conductrice et d'un écran sur enveloppe isolante.

5.4.2 Écran sur âme conductrice

L'écran sur âme conductrice doit être non métallique et doit être constitué d'un composé semi-conducteur extrudé, qui peut être appliqué au sommet d'un ruban semi-conducteur. Le composé semi-conducteur extrudé doit être solidement fixé à l'isolant.

5.4.3 Écran sur enveloppe isolante

L'écran sur enveloppe isolante est conçu comme suit.

- a) L'écran sur enveloppe isolante doit être constitué d'une couche semi-conductrice non métallique combinée à une couche métallique.
- b) La couche non métallique doit être extrudée directement sur l'isolant de chaque conducteur et être constituée d'un composé semi-conducteur fixé ou amovible.

NOTE Une couche de ruban semi-conducteur peut alors être appliquée sur les conducteurs individuels.

- c) La couche métallique doit être appliquée sur les conducteurs individuels et doit satisfaire aux exigences de 5.5.

5.5 Écran métallique

5.5.1 Construction

L'écran métallique doit être constitué d'un ou de plusieurs rubans, d'une tresse ou d'une couche concentrique de fils, voire d'une combinaison d'un/de rubans et de fils.

Lorsqu'un écran à tresse métallique est appliqué, le diamètre fictif sur l'écran est donné par:

$D_c + 5 d_w$, en mm

où

D_c est le diamètre fictif du conducteur;

d_w est le diamètre nominal du fil de la tresse.

5.5.2 Exigences

Les exigences dimensionnelles, physiques et électriques de l'écran métallique doivent être déterminées compte tenu des autres exigences éventuelles (par exemple, les règlements et les normes des autorités nationales ou d'homologation), y compris la valeur du courant à acheminer en cas d'anomalie.

5.6 Assemblage des câbles tripolaires, revêtements intérieurs et bourrages

Les conducteurs d'un câble tripolaire doivent être câblés, les interstices étant, si nécessaire, remplis par des bourrages, un revêtement intérieur ou une gaine intérieure (une gaine extérieure dans le cas des câbles non armés) conformément à 4.5 de l'IEC 60092-350:2014.

5.7 Revêtement intérieur

5.7.1 Généralités

Le revêtement intérieur doit être extrudé. Le matériau et les caractéristiques correspondants doivent être conformes aux revêtements intérieurs extrudés définis en 4.6 de l'IEC 60092-350:2014.

5.7.2 Épaisseur du revêtement intérieur

Les valeurs de l'épaisseur (approximative) du revêtement intérieur extrudé pour le calcul des diamètres fictifs sont données dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Épaisseur du revêtement intérieur

Diamètre fictif des conducteurs câblés		Épaisseur du revêtement intérieur extrudé
Au-dessus mm	Jusqu'à et y compris mm	(valeur approximative) mm
–	25	1,0
25	35	1,2
35	45	1,4
45	60	1,6
60	80	1,8
80	–	2,0
NOTE Pour le calcul du diamètre fictif, voir les Annexes A et C de l'IEC 60092-350:2014.		

5.8 Gaine intérieure

5.8.1 Matériau

La gaine intérieure doit être choisie parmi l'une des gaines énumérées dans l'IEC 60092-360. Le composé choisi doit être compatible avec les composants de câble avec lesquels il est en contact, ainsi qu'avec la température de service du câble.

5.8.2 Application

L'application doit être celle présentée au 4.7.2 de l'IEC 60092-350:2014.

5.8.3 Épaisseur de la gaine intérieure

L'épaisseur de la gaine intérieure est donnée en fonction du diamètre intérieur de la gaine considérée, le diamètre fictif étant calculé par la méthode décrite dans les Annexes A et C de l'IEC 60092-350:2014.

La formule utilisée est celle applicable à un câble armé selon 5.1:

$t_1 = (0,04 D + 0,8)$ mm, avec une épaisseur minimale de 1,0 mm pour la construction 5.1.3 et de 1,4 mm pour la construction 5.1.4

où

D est le diamètre fictif sous la gaine intérieure.

L'épaisseur en tout point doit satisfaire aux spécifications énoncées au 4.7.3 de l'IEC 60092-350:2014.

5.9 Armure tressée

5.9.1 Généralités

Le type d'armure couvert par la présente norme est une armure tressée, voir 5.9.2.

Les matériaux et les exigences de construction des armures doivent être ceux indiqués en 4.8 de l'IEC 60092-350:2014. Lors du choix du matériau de l'armure, on doit accorder une attention toute particulière à la possibilité de corrosion.

L'armure des câbles unipolaires destinés à être utilisés sur des circuits à courant alternatif doit être composée d'un matériau non magnétique. Dans des cas spéciaux, par exemple

lorsque les câbles sont utilisés sur des circuits à courant continu, des matériaux magnétiques peuvent également être utilisés.

L'armure doit être appliquée de sorte qu'elle ne doit adhérer ni à la gaine intérieure, ni à la gaine extérieure, ni au revêtement intérieur.

Les diamètres nominaux des fils d'armure ronds ne doivent pas être inférieurs aux valeurs données dans les paragraphes suivants.

5.9.2 Armure du fil de la tresse

Les armures du fil de la tresse sont définies comme suit.

- a) La densité de recouvrement de la tresse doit être conforme à l'IEC 60092-350.
- b) Le diamètre fictif sous la tresse est calculé à l'aide de la méthode indiquée dans les Annexes A et C de l'IEC 60092-350:2014.

5.9.3 Diamètre du fil de la tresse

Indépendamment du métal utilisé, le diamètre nominal du fil de la tresse doit être:

- 0,3 mm, au minimum, pour les câbles dont le diamètre fictif sous tresse est inférieur ou égal à 30 mm;
- 0,4 mm, au minimum, pour les câbles dont le diamètre fictif sous tresse est supérieur à 30 mm.

5.10 Gaine extérieure

5.10.1 Matériau

La gaine extérieure doit être choisie parmi l'une des gaines énumérées dans l'IEC 60092-360. Le composé choisi doit être compatible avec les composants de câble avec lesquels il est en contact, ainsi qu'avec la température de service du câble.

5.10.2 Application

L'application doit être celle présentée au 4.9.2 de l'IEC 60092-350:2014.

5.10.3 Épaisseur de la gaine extérieure

L'épaisseur de la gaine extérieure est donnée en fonction du diamètre intérieur de la gaine considérée, le diamètre fictif étant calculé à l'aide de la méthode indiquée dans les Annexes A et C de l'IEC 60092-350:2014.

La formule est la suivante.

- a) Pour les câbles armés à une seule gaine selon 5.1.2 ou pour les câbles non armés à une seule gaine selon 5.1.5:
 $t_1 = (0,04 D + 0,8) \text{ mm}$, avec une épaisseur minimale de 1,0 mm;
où D est le diamètre fictif sous la gaine.
- b) Pour les câbles armés à deux gaines selon 5.1.3:
 $t_2 = (0,025 D + 0,6) \text{ mm}$, avec une épaisseur minimale de 0,8 mm.

L'épaisseur en tout point doit satisfaire aux spécifications énoncées au 4.9.3 de l'IEC 60092-350:2014.

5.10.4 Couleur de la gaine extérieure

La gaine extérieure doit être colorée en rouge, sauf spécification contraire de l'acheteur au moment de la commande.

6 Essais – Méthodes et exigences

Les essais doivent être réalisés selon les Tableaux 3 à 6, le cas échéant. Pour les besoins du présent document, les définitions données dans l'IEC 60092-350 pour les essais individuels de série, par échantillonnage et de type s'appliquent.

Tableau 3 – Essais applicables à tous les câbles (1 de 2)

Essai	Applicabilité – Tous les types de câble, sauf indication contraire	Statut	Méthode – Numéro de l'article donné dans l'IEC 60092-350:2014	Exigence – Comme dans l'IEC 60092-350, sauf indication contraire
Mesurage de la résistance électrique des âmes conductrices		Individuel de série	5.2.2	IEC 60228
Essai de tension		Individuel de série	5.2.3	-
Essai de tension sur la gaine	Câbles armés	Individuel de série	5.2.3	-
Essai de résistance d'isolement		De type	7.2	-
Essai de décharges partielles		Individuel de série	7.7.3	IEC 60885-2
Essai de séquence haute tension		De type	7.7	
Examen de l'âme conductrice		Par échantillonnage et de type	6.4	-
Vérifications dimensionnelles du câble		Par échantillonnage et type		
Épaisseur de l'isolant			6.5 et 8.1	-
Épaisseur des gaines non métalliques			6.6 et 8.2	-
Dimensions de l'armure tressée				IEC 60092-354, 5.9.2 et 5.9.3
Diamètre extérieur			6.7	-
Essai d'allongement à chaud	Isolants EPR, HEPR, XLPE et gaines SE, SH et SHF2	Par échantillonnage	6.8	IEC 60092-360
Densité de recouvrement de la tresse	Câbles armés tressés	De type	4.8.2	

Tableau 3 (2 de 2)

Essai	Applicabilité – Tous les types de câble, sauf indication contraire	Statut	Méthode – Numéro de l'article donné dans l'IEC 60092-350:2014	Exigence – Comme dans l'IEC 60092-350, sauf indication contraire
Mesurage de la résistance d'isolement à la température assignée maximale		De type	7.2.2	IEC 60092-360
Augmentation de la capacité en courant alternatif après immersion dans l'eau		De type	7.3	IEC 60092-360
Essai à haute tension de 4 h		De type	7.7.9	
Propriétés mécaniques de l'isolant avant et après vieillissement		De type	8.4	IEC 60092-360
Propriétés mécaniques de la gaine avant et après vieillissement		De type	8.5	IEC 60092-360
Essai supplémentaire de compatibilité au vieillissement		De type	8.6	IEC 60092-360
Essai de perte de masse	Gaine ST2 PVC	De type	8.7	IEC 60092-360
Comportement à haute température	Gaines ST2 et SHF1 PVC	De type	8.8	IEC 60092-360
Comportement à basse température	Gaines ST2, SHF1 et SHF2 PVC	De type	8.9	IEC 60092-360
Essai pour le revêtement des fils de cuivre		De type	8.11	
Essai de galvanisation		De type	8.12	
Résistance au choc thermique de fissure	Gaines ST2 et SHF1 PVC	De type	8.13	IEC 60092-360
Résistance à l'ozone	Isolations et gaines	De type	8.14	IEC 60092-360
Immersion dans l'huile chaude	Gaines SE1, SH et SHF2	De type	8.15.1	IEC 60092-360
Essais d'inflammabilité: IEC 60332-1-2 et IEC 60332-3-22		De type	8.17.1 8.17.2	IEC 60332-1-2 et IEC 60332-3-22, auquel cas les câbles doivent être installés dans la configuration de contact à l'avant de l'échelle.
Détermination de la dureté	Isolant HEPR	De type	8.18	IEC 60092-360
Détermination du module d'élasticité	Isolant HEPR	De type	8.19	IEC 60092-360
Indélébilité du marquage		De type	8.20	Le marquage doit rester lisible après l'essai, comme indiqué dans 8.20 de l'IEC 60092-350:2014

Tableau 4 – Essais supplémentaires pour les câbles sans halogène

Essai	Applicabilité – Tous les types de câble, sauf indication contraire	Statut	Méthode – Numéro de l'article donné dans l'IEC 60092-350:2014	Exigence – Comme dans l'IEC 60092-350, sauf indication contraire
Émission de gaz acide	Câbles sans halogène	De type	8.17.4	IEC 60754-1
pH et conductivité	Câbles sans halogène	De type	8.17.5	IEC 60754-2
Essai de teneur en fluor	Câbles sans halogène	De type	8.17.6	IEC 60684-2

Tableau 5 – Essai supplémentaire pour les câbles à faible émission de fumée

Essai	Applicabilité – Tous les types de câble, sauf indication contraire	Statut	Méthode – Numéro de l'article donné dans l'IEC 60092-350:2014	Exigence – Comme dans l'IEC 60092-350, sauf indication contraire
Essai de densité des fumées dégagées par les câbles comportant des isolants et des gaines sans halogène. L'essai est réalisé conformément à l'IEC 61034-1 et à l'IEC 61034-2		De type	8.17.3	L'essai est satisfaisant pour les câbles complets si les niveaux de transmission lumineuse dépassent 60 % durant l'essai
NOTE L'essai de densité des fumées s'applique en général aux câbles sans halogène. Voir également le Tableau 4.				

Tableau 6 – Essais supplémentaires lorsqu'ils sont exigés

Essai	Applicabilité – Tous les types de câble, sauf indication contraire	Statut	Méthode – Numéro de l'article donné dans l'IEC 60092-350:2014	Exigence – Comme dans l'IEC 60092-350, sauf indication contraire
Essai particulier pour le comportement à basse température	Lorsqu'exigé	De type	8.10	
Immersion améliorée dans l'huile chaude	Lorsqu'exigé	De type	8.15.2	IEC 60092-360
Essai de forage des boues	Lorsqu'exigé	De type	8.16	IEC 60092-360

Annexe A (informative)

Essais électriques après installation

Sur accord entre l'acheteur et le maître d'œuvre, un essai de tension alternative conformément à l'IEC 60060-3 et au point a) ou b) ou c) ci-dessous, peut être utilisé:

- a) un essai d'une durée de 15 min avec la tension entre phases U à une fréquence comprise entre 20 Hz et 300 Hz doit être appliqué entre l'âme conductrice et l'écran/la gaine métallique;
- b) un essai d'une durée de 24 h avec la tension assignée normale U_0 du système;
- c) un essai d'une durée de 15 min avec la tension assignée $3 U_0$ à une fréquence de 0,1 Hz doit être appliqué entre l'âme conductrice et l'écran/la gaine métallique.

NOTE Pendant l'essai de tension alternative, un facteur de dissipation et/ou une décharge partielle peuvent être contrôlés.

Pour les installations exploitées, des tensions moins élevées et/ou des durées plus courtes peuvent être appliquées. Il convient que les valeurs fassent l'objet d'une négociation, en tenant compte de la durée de vie, de l'environnement, de l'historique des pannes et de l'objectif de l'essai.

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

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

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