

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 30 kV ($U_m = 36$ kV) up to 150 kV ($U_m = 170$ kV) – Test methods and requirements

Câbles d'énergie à isolation extrudée et leurs accessoires pour des tensions assignées supérieures à 30 kV ($U_m = 36$ kV) et jusqu'à 150 kV ($U_m = 170$ kV) – Méthodes et exigences d'essai



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2004 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

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

About IEC publications

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

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

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

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

Email: csc@iec.ch
Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

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

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

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

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

Email: csc@iec.ch
Tél.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 30 kV ($U_m = 36$ kV) up to 150 kV ($U_m = 170$ kV) – Test methods and requirements

Câbles d'énergie à isolation extrudée et leurs accessoires pour des tensions assignées supérieures à 30 kV ($U_m = 36$ kV) et jusqu'à 150 kV ($U_m = 170$ kV) – Méthodes et exigences d'essai

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XA

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references.....	8
3 Definitions	9
3.1 Definitions of dimensional values (thicknesses, cross-sections, etc.).....	9
3.2 Definitions concerning the tests	9
4 Voltage designations and materials.....	10
4.1 Rated voltages	10
4.2 Cable insulating materials.....	10
4.3 Cable oversheathing materials.....	10
5 Precautions against water penetration in cables	11
6 Cable characteristics	11
7 Accessory characteristics.....	11
8 Test conditions	12
8.1 Ambient temperature	12
8.2 Frequency and waveform of power frequency test voltages.....	12
8.3 Waveform of lightning impulse test voltages.....	12
8.4 Relationship of test voltages to rated voltages.....	12
8.5 Determination of the cable conductor temperature	12
9 Routine tests on cables and on the main insulation of prefabricated accessories	13
9.1 General.....	13
9.2 Partial discharge test.....	13
9.3 Voltage test.....	13
9.4 Electrical test on oversheath of the cable	14
10 Sample tests on cables.....	14
10.1 General.....	14
10.2 Frequency of tests.....	14
10.3 Repetition of tests.....	14
10.4 Conductor examination.....	14
10.5 Measurement of electrical resistance of conductor and metallic screen	14
10.6 Measurement of thickness of cable insulation and oversheath.....	15
10.7 Measurement of thickness of metallic sheath	16
10.8 Measurement of diameter	17
10.9 Hot set test for XLPE, EPR and HEPR insulations	17
10.10 Measurement of capacitance	17
10.11 Measurement of density of HDPE insulation	17
11 Sample tests on accessories.....	17
11.1 Tests on components	17
11.2 Tests on complete accessory.....	17
12 Type tests on cable systems	18
12.1 Range of type approval.....	18
12.2 Summary of type tests	19
12.3 Electrical type tests on complete cable systems	19
12.4 Non-electrical type tests on cable components and on completed cable	23

13	Type tests on cables	28
13.1	Range of type approval	28
13.2	Summary of type tests	29
13.3	Electrical type tests on completed cables	29
14	Type tests on accessories	30
14.1	Range of type approval	30
14.2	Summary of type tests	30
14.3	Electrical type tests on accessories	31
15	Electrical tests after installation	32
15.1	DC voltage test of the oversheath	32
15.2	AC voltage test of the insulation	32
	Annex A (informative) Determination of the cable conductor temperature	39
	Annex B (normative) Rounding of numbers	43
	Annex C (informative) Summary of type tests of cable systems, of cables and of accessories	44
	Annex D (normative) Method of measuring resistivity of semi-conducting screens	45
	Annex E (normative) Determination of hardness of HEPR insulations	47
	Annex F (normative) Water penetration test	49
	Annex G (normative) Tests on components of cables with a longitudinally applied metal foil	51
	Annex H (normative) Tests of outer protection for buried joints	54
	Bibliography	56
	Figure A.1 – Typical test set-up for the reference loop and the main test loop	40
	Figure A.2 – Arrangement of the thermocouples on the conductor of the reference loop	40
	Figure D.1 – Preparation of samples for measurement of resistivity of conductor and insulation screens	46
	Figure E.1 – Test on surfaces of large radius of curvature	48
	Figure E.2 – Test on surfaces of small radius of curvature	48
	Figure F.1 – Schematic diagram of apparatus for water penetration test	50
	Figure G.1 – Adhesion of metal foil	51
	Figure G.2 – Example of overlapped metal foil	52
	Figure G.3 – Peel strength of overlapped metal foil	52
	Table 1 – Insulating compounds for cables	32
	Table 2 – Oversheathing compounds for cables	33
	Table 3 – $\tan \delta$ requirements for insulating compounds for cables	33
	Table 4 – Test voltages	33
	Table 5 – Non-electrical type tests for insulating and oversheathing compounds for cables	34
	Table 6 – Test requirements for mechanical characteristics of insulating compounds for cables (before and after ageing)	35

Table 7 – Test requirements for mechanical characteristics of oversheathing compounds for cables (before and after ageing)	36
Table 8 – Test requirements for particular characteristics of insulating compounds for cables	37
Table 9 – Test requirements for particular characteristics of PVC oversheathing compounds for cables	38
Table C.1 – Type tests on cable systems, on cables and on accessories	44
Table H.1 – Impulse voltage tests	55

IEC NORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60840:2004

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**POWER CABLES WITH EXTRUDED INSULATION AND THEIR ACCESSORIES
FOR RATED VOLTAGES ABOVE 30 kV ($U_m = 36$ kV)
UP TO 150 kV ($U_m = 170$ kV) –
TEST METHODS AND REQUIREMENTS**

FOREWORD

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

International Standard IEC 60840 has been prepared by IEC technical committee 20: Electric cables.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 1999 and constitutes a technical revision.

The significant technical changes with respect to the previous edition are described in the introduction of this edition.

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

FDIS	Report on voting
20/684/FDIS	20/692/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 committee has decided that the content of this publication will remain unchanged until 2008. At this date, the publication will be

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

Withdrawn
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60840:2004

INTRODUCTION

This document is a major revision of IEC 60840, second edition, published in February 1999.

During the preparation of the second edition, a number of comments of principle were made on the CD and CDV and, at its meeting in February 1998, the former SC20A of TC20 agreed that these comments should be the basis of a major revision of IEC 60840 under the maintenance cycle. In addition, during the preparation of the new IEC 62067 covering cable systems above 150 kV up to 500 kV, it appeared that a number of comments were also applicable to IEC 60840. Therefore, all these comments were considered in the preparation of this third edition.

In addition, the following other aspects have been considered.

The first edition of IEC 60840, published in 1988, dealt only with cables. Accessories were added to the second edition, published in February 1999, which separately covered test methods and test requirements for

- a) cables alone;
- b) cables together with accessories (a cable system).

Some countries have suggested that a better discrimination be made between systems, cables and accessories, particularly for the lower voltages of the scope, e.g. 45 kV. This has been taken into account in this revision, which gives the type approval requirements and the range of approvals for

- a) cable systems;
- b) cables alone;
- c) accessories alone.

Manufacturers and users may choose the most appropriate option for type approval.

During the meeting of TC20 held in Stockholm in September 2000, it was agreed that WG16 consider the guidelines made by CIGRE for cables having a longitudinally applied metal foil, published in Electra n°141 in April 1992. WG16 carried out this task and, further to a survey on the experience with such cables, have concluded that only a part of these guidelines should be introduced in this standard as a normative annex.

Consideration has also been given to the recent work carried out by CIGRE on tests after installation on high voltage extruded insulation cables, the recommendations of which were published in Electra n°173 in August 1997. These recommendations state, among others, that d.c. tests should be avoided on the main insulation, as they are both ineffective and dangerous. On the other hand, d.c. tests are recommended on the oversheath.

A list of relevant CIGRE references is given in the bibliography.

POWER CABLES WITH EXTRUDED INSULATION AND THEIR ACCESSORIES FOR RATED VOLTAGES ABOVE 30 kV ($U_m = 36$ kV) UP TO 150 kV ($U_m = 170$ kV) – TEST METHODS AND REQUIREMENTS

1 Scope

This International Standard specifies test methods and requirements for power cable systems for fixed installations, for rated voltages above 30 kV ($U_m = 36$ kV) up to and including 150 kV ($U_m = 170$ kV). It also separately covers cables and accessories.

The requirements apply to single-core cables and to individually screened three-core cables and to their accessories for usual conditions of installation and operation, but not to special cables and their accessories, such as submarine cables, for which modifications to the standard tests may be necessary or special test conditions may need to be devised.

This standard does not cover transition joints between cables with extruded insulation and paper insulated cables.

2 Normative references

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

IEC 60060-1:1989, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60183:1984, *Guide to the selection of high-voltage cables*

IEC 60228:1978, *Conductors of insulated cables*

IEC 60229:1982, *Tests on cable oversheaths which have a special protective function and are applied by extrusion*

IEC 60230:1966, *Impulse tests on cables and their accessories*

IEC 60287-1-1:1994, *Electric cables – Calculation of the current rating – Part 1: Current rating equations (100 % load factor) and calculation of losses – Section 1: General*

IEC 60332-1:1993, *Tests on electric cables under fire conditions – Part 1: Test on a single vertical insulated wire or cable*

IEC 60811-1-1:1993, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 1: Methods for general application – Section 1: Measurement of thickness and overall dimensions – Tests for determining the mechanical properties*

IEC 60811-1-2:1985, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 1: Methods for general application – Section Two: Thermal ageing methods*

IEC 60811-1-3:1993, *Insulating and sheathing materials of electric cables – Common test methods – Part 1: General application – Section 3: Methods for determining the density – Water absorption tests – Shrinkage test*

IEC 60811-1-4:1985, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 1: Methods for general application – Section Four: Tests at low temperature*

IEC 60811-2-1:1998, *Insulating and sheathing materials of electric and optical cables – Common test methods – Part 2-1: Methods specific to elastomeric compounds – Ozone resistance, hot set and mineral oil immersion tests*

IEC 60811-3-1:1985, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 3: Methods specific to PVC compounds – Section One: Pressure test at high temperature – Tests for resistance to cracking*

IEC 60811-3-2:1985, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 3: Methods specific to PVC compounds – Section Two: Loss of mass test – Thermal stability test*

IEC 60811-4-1:1985, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 4: Methods specific to polyethylene and polypropylene compounds – Section One: Resistance to environmental stress cracking – Wrapping test after thermal ageing in air – Measurement of the melt flow index – Carbon black and/or mineral content measurement in PE*

IEC 60885-3:1988, *Electrical test methods for electric cables – Part 3: Test methods for partial discharge measurements on lengths of extruded power cables*

ISO 48:1994, *Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of hardness (hardness between 10 IRHD and 100 IRHD)*

3 Definitions

For the purposes of this document, the following definitions apply.

3.1 Definitions of dimensional values (thicknesses, cross-sections, etc.)

3.1.1

nominal value

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

NOTE Usually, in this standard, nominal values give rise to values to be checked by measurements taking into account specified tolerances.

3.1.2

median value

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

3.2 Definitions concerning the tests

3.2.1

routine tests

tests made by the manufacturer on each manufactured component (length of cable or accessory) to check that the component meets the specified requirements

3.2.2

sample tests

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

3.2.3

type tests

tests made before supplying on a general commercial basis a type of cable system or cable or accessory covered by this standard, in order to demonstrate satisfactory performance characteristics to meet the intended application. Once successfully completed, these tests need not be repeated, unless changes are made in the cable or accessory materials, or design or manufacturing process which might change the performance characteristics

3.2.4

electrical tests after installation

tests made to demonstrate the integrity of the cable system as installed

3.3

cable system

cable with installed accessories

3.4

nominal electrical stress

electrical stress calculated at U_0 using nominal dimensions

4 Voltage designations and materials

4.1 Rated voltages

In this standard, the symbols U_0 , U and U_m are used to designate the rated voltages of cables and accessories where these symbols have the meanings given in IEC 60183.

4.2 Cable insulating materials

This standard applies to cables insulated with one of the materials listed in Table 1. It also specifies for each type of insulating compound the maximum operating conductor temperatures on which the specified test conditions are based.

4.3 Cable oversheathing materials

Tests are specified for four types of oversheath, as follows:

- ST_1 and ST_2 based on polyvinyl chloride;
- ST_3 and ST_7 based on polyethylene.

The choice of the type of oversheath depends on the design of the cable and the mechanical and thermal constraints during installation and operation.

The maximum conductor temperatures in normal operation for the different types of oversheathing materials covered by this standard are given in Table 2.

5 Precautions against water penetration in cables

When cable systems are installed in ground, easily flooded galleries or water, a radial water impermeable barrier around the cable is recommended.

NOTE A test for radial water penetration is not currently available.

Longitudinal water barriers may also be applied to avoid the need to replace long sections of cable in case of damage in the presence of water.

A test for longitudinal water penetration is given in 12.4.18.

6 Cable characteristics

For the purpose of carrying out the cable system or cable tests described in this standard and recording the results, the cable shall be identified. The following characteristics shall be known or declared.

- a) Name of manufacturer, type, designation and manufacturing date or date code.
- b) Rated voltage: values shall be given for U_0 , U , U_m (see 4.1 and 8.4).
- c) Type of conductor, its material and nominal cross-sectional area, in square millimetres. If the nominal cross-sectional area is not in accordance with IEC 60228, the d.c. conductor resistance and the conductor construction shall be declared. Presence, if any, and nature of measures taken to achieve longitudinal watertightness.
- d) Material and nominal thickness of insulation (see 4.2). If the insulation is XLPE, special additives shall be declared if the higher value of $\tan \delta$ according to Table 3 is applicable.
- e) Type of manufacturing process for insulation system.
- f) Presence, if any, and nature of watertightness measures in the screening area.
- g) Material and construction of metallic screen, e.g. number and diameter of wires. The d.c. resistance of the metallic screen shall be declared. Material, construction and nominal thickness of metallic sheath, or longitudinally applied metal foil, if any.
- h) Material and nominal thickness of oversheath.
- i) Nominal diameter of the conductor (d).
- j) Nominal overall diameter of the cable (D).
- k) Inner and outer nominal diameters of the insulation.
- l) Nominal capacitance between conductor and metallic screen/sheath.

7 Accessory characteristics

For the purpose of carrying out the cable system or accessory tests described in this standard and recording the results, the accessory shall be identified. The following characteristics shall be known or declared.

- a) Cables used for testing accessories shall be correctly identified as in Clause 6.
- b) Conductor connections used within the accessories shall be correctly identified, where applicable, with respect to
 - assembly technique;
 - tooling, dies and necessary setting;
 - preparation of contact surfaces;

- type, reference number and any other identification of the connector;
 - details of the type test approval of the connector.
- c) Accessories to be tested shall be correctly identified with respect to
- name of manufacturer;
 - type, designation and manufacturing date or date code;
 - rated voltage (see 6 b) above);
 - installation instructions (reference and date).

8 Test conditions

8.1 Ambient temperature

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

8.2 Frequency and waveform of power frequency test voltages

Unless otherwise indicated in this standard, the frequency of the alternating test voltages shall be in the range 49 Hz to 61 Hz. The waveform shall be substantially sinusoidal. The values quoted are r.m.s. values.

8.3 Waveform of lightning impulse test voltages

In accordance with IEC 60230, the front time of the standard lightning impulse voltage shall be between $1 \mu\text{s}$ and $5 \mu\text{s}$. The time to half value shall be $50 \mu\text{s} \pm 10 \mu\text{s}$ as specified in IEC 60060-1.

8.4 Relationship of test voltages to rated voltages

Where test voltages are specified in this standard as multiples of the rated voltage U_0 , the value of U_0 for the determination of the test voltages shall be as specified in Table 4.

For cables and accessories of rated voltages not shown in the table, the value of U_0 for determination of test voltages may be the same as for the nearest rated voltage which is given, provided that the value of U_m for the cable and accessory is not higher than the corresponding value in the table. Otherwise, and particularly if the rated voltage is not close to one of the values in the table, the value of U_0 on which the test voltages are based shall be the rated value, i.e. U divided by $\sqrt{3}$.

The test voltages in this standard are based on the assumption that the cables and accessories are used on systems of category A or B, as defined in IEC 60183.

8.5 Determination of the cable conductor temperature

It is recommended that one of the test methods described in Annex A is used to determine the actual conductor temperature.

9 Routine tests on cables and on the main insulation of prefabricated accessories

9.1 General

The following tests shall be carried out on each manufactured length of cable:

- a) partial discharge test (see 9.2);
- b) voltage test (see 9.3);
- c) electrical test on oversheath of the cable, if required (see 9.4).

The order in which these tests are carried out is at the discretion of the manufacturer.

The main insulation of each prefabricated accessory shall undergo partial discharge (see 9.2) and voltage (see 9.3) tests according to either 1), 2) or 3) below:

- 1) on accessories installed on cable;
- 2) by using a host accessory into which a component of an accessory is substituted for test;
- 3) by using a simulated accessory rig in which the electrical stress environment of a main insulation component is reproduced.

In cases 2) and 3), the test voltage shall be selected to obtain electrical stresses at least the same as those on the component in a complete accessory when subjected to the test voltages specified in 9.2 and 9.3.

NOTE The main insulation of prefabricated accessories consists of the components that come in direct contact with the cable insulation and are necessary to control the electric stress distribution in the accessory. Examples are premoulded or precast elastomer or filled epoxy resin insulating components that may be used singly or jointly to provide the necessary insulation or screening of accessories.

9.2 Partial discharge test

The partial discharge test shall be carried out in accordance with IEC 60885-3 for cables, except that the sensitivity as defined in IEC 60885-3 shall be 10 pC or better. Testing of accessories follows the same principles, but the sensitivity shall be 5 pC or better.

The test voltage shall be raised gradually to and held at $1,75 U_0$ for 10 s and then slowly reduced to $1,5 U_0$ (see Table 4, column 5).

There shall be no detectable discharge exceeding the declared sensitivity from the test object at $1,5 U_0$.

9.3 Voltage test

The voltage test shall be made at ambient temperature using an alternating test voltage at power frequency.

The test voltage shall be raised gradually to $2,5 U_0$ (see Table 4, column 4) and then be held for 30 min between the conductor and metallic screen/sheath.

No breakdown of the insulation shall occur.

9.4 Electrical test on oversheath of the cable

When the test is required by the particular contract, the cable oversheath shall be subjected to the electrical test specified in Clause 3 of IEC 60229.

10 Sample tests on cables

10.1 General

The following tests shall be carried out on samples which, for the tests in items b) and g), may be drum lengths of cable, taken to represent batches:

- a) conductor examination (see 10.4);
- b) measurement of electrical resistance of conductor and of metallic screen (see 10.5);
- c) measurement of thickness of insulation and oversheath (see 10.6);
- d) measurement of thickness of metallic sheath (see 10.7);
- e) measurement of diameters, if required (see 10.8);
- f) hot set test for XLPE, EPR and HEPR insulations (see 10.9);
- g) measurement of capacitance (see 10.10);
- h) measurement of density of HDPE insulation (see 10.11);
- i) water penetration test, if applicable (see 12.4.18);
- j) tests on components of cables with a longitudinally applied metal foil (see 12.4.19).

10.2 Frequency of tests

The sample tests in items a) to h) of 10.1 shall be carried out on one length from each batch (manufacturing series) of the same type and cross-section of cable, but shall be limited to not more than 10 % of the number of lengths in any contract, rounded to the nearest whole number.

The frequency of the tests in items i) and j) of 10.1 shall be in accordance with agreed quality control procedures. In the absence of such an agreement, one test shall be made for contracts with a cable length above 20 km.

10.3 Repetition of tests

If the sample from any length selected for the tests fails in any of the tests in 10.1, further samples shall be taken from two further lengths of the same batch and subjected to the same tests as those in which the original sample failed. If both additional samples pass the tests, the other cables in the batch from which they were taken shall be regarded as having complied with the requirements of this standard. If either fail, this batch of cables shall be regarded as having failed to comply.

10.4 Conductor examination

Compliance with the requirements of IEC 60228 for conductor construction, or the declared construction, shall be checked by inspection and measurement when practicable.

10.5 Measurement of electrical resistance of conductor and metallic screen

The cable length, or a sample thereof, shall be placed in the test room, which shall be maintained at a reasonably constant temperature for at least 12 h before the test. If there is a doubt that the conductor or metallic screen temperature is not the same as the room temperature, the resistance shall be measured after the cable has been in the test room for 24 h. Alternatively, the resistance can be measured on a sample of conductor or metallic screen, conditioned for at least 1 h in a temperature-controlled liquid bath.

The d.c. resistance of the conductor or metallic screen shall be corrected to a temperature of 20 °C and 1 km length in accordance with the formulae and factors given in IEC 60228. For screens other than copper or aluminium, temperature coefficients and correction formulae shall be taken respectively from Table 1 and 2.1.1 of IEC 60287-1-1.

The d.c. resistance of the conductor at 20 °C shall not exceed either the appropriate maximum value specified in IEC 60228 or the declared value.

The d.c. resistance of the metallic screen at 20 °C shall not exceed the declared value.

10.6 Measurement of thickness of cable insulation and oversheath

10.6.1 General

The test method shall be in accordance with Clause 8 of IEC 60811-1-1.

Each cable length selected for the test shall be represented by a piece taken from one end after having discarded, if necessary, any portion that may have suffered damage.

10.6.2 Requirements for the insulation

The lowest measured thickness shall not fall below 90 % of the nominal thickness:

$$t_{\min} \geq 0,90 t_n$$

and additionally:

$$\frac{t_{\max} - t_{\min}}{t_{\max}} \leq 0,15$$

where

$t_{\max}$ is the maximum thickness, in millimetres;

$t_{\min}$ is the minimum thickness, in millimetres;

t_n is the nominal thickness, in millimetres.

NOTE $t_{\max}$ and $t_{\min}$ are measured at the same cross-section of the insulation.

The thickness of the semi-conducting screens on the conductor and over the insulation shall not be included in the thickness of the insulation.

10.6.3 Requirements for the cable oversheath

The lowest measured thickness shall not fall below 85 % of the nominal thickness by more than 0,1 mm:

$$t_{\min} \geq 0,85 t_n - 0,1$$

where

$t_{\min}$ is the minimum thickness, in millimetres;

t_n is the nominal thickness, in millimetres.

In addition, for oversheaths applied onto a substantially smooth surface, the average of the measured values rounded to 0,1 mm in accordance with Annex B shall be not less than the nominal thickness.

The latter requirement does not apply to oversheaths applied onto an irregular surface, such as one formed by metallic screens of wires and/or tapes or corrugated metallic sheath.

10.7 Measurement of thickness of metallic sheath

The following tests apply if the cable has a metallic sheath of lead, lead alloy or aluminium.

10.7.1 Lead or lead alloy sheath

The minimum thickness of the sheath shall not fall below 95 % of the nominal thickness by more than 0,1 mm:

$$t_{\min} \geq 0,95 t_n - 0,1$$

The thickness of the sheath shall be measured by one of the following methods, at the discretion of the manufacturer.

10.7.1.1 Strip method

The measurement shall be made with a micrometer with plane faces of 4 mm to 8 mm diameter and an accuracy of $\pm 0,01$ mm.

The measurement shall be made on a test piece of sheath about 50 mm in length removed from the completed cable. The piece shall be slit longitudinally and carefully flattened. After cleaning the test piece, a sufficient number of measurements shall be made along the circumference of the sheath and not less than 10 mm away from the edge of the flattened piece to ensure that the minimum thickness is measured.

10.7.1.2 Ring method

The measurements shall be made with a micrometer having either one flat nose and one ball nose, or one flat nose and a flat rectangular nose 0,8 mm wide and 2,4 mm long. The ball nose or the flat rectangular nose shall be applied to the inside of the ring. The accuracy of the micrometer shall be $\pm 0,01$ mm.

The measurements shall be made on a ring of the sheath carefully cut from the sample. The thickness shall be determined at a sufficient number of points around the circumference of the ring to ensure that the minimum thickness is measured.

10.7.2 Plain or corrugated aluminium sheath

The minimum thickness of the sheath shall not fall below 90 % of the nominal thickness by more than 0,1 mm for plain aluminium sheath:

$$t_{\min} \geq 0,9 t_n - 0,1$$

and 85 % of the nominal thickness by more than 0,1 mm for corrugated aluminium sheath:

$$t_{\min} \geq 0,85 t_n - 0,1$$

The measurements shall be made with a micrometer having ball noses of radii about 3 mm. The accuracy shall be $\pm 0,01$ mm.

The measurements shall be made on a ring of the sheath, about 50 mm wide, carefully removed from the completed cable. The thickness shall be determined at a sufficient number of points around the circumference of the ring to ensure that the minimum thickness is measured.

10.8 Measurement of diameter

If the purchaser requires that the diameter of the core and/or the overall diameter of the cable shall be measured, the measurements shall be carried out in accordance with 8.3 of IEC 60811-1-1.

10.9 Hot set test for XLPE, EPR and HEPR insulations

10.9.1 Procedure

The sampling and test procedure shall be carried out in accordance with Clause 9 of IEC 60811-2-1, employing the test conditions given in Table 8.

The test pieces shall be taken from that part of the insulation where the degree of cross-linking is considered to be the lowest for the curing process employed.

10.9.2 Requirements

The test results shall comply with the requirements given in Table 8.

10.10 Measurement of capacitance

The capacitance shall be measured between conductor and metallic screen/sheath.

The measured value shall not exceed the nominal value declared by the manufacturer by more than 8 %.

10.11 Measurement of density of HDPE insulation

10.11.1 Procedure

The density of HDPE shall be measured using the sampling and test procedure given in Clause 8 of IEC 60811-1-3.

10.11.2 Requirements

The results of the test shall comply with the requirements given in Table 8.

11 Sample tests on accessories

11.1 Tests on components

The characteristics of each component shall be verified in accordance with the specifications of the accessories manufacturer, either through test reports from the supplier of a given component or through internal tests.

The manufacturer of a given accessory shall provide a list of the tests to be performed on each component, indicating the frequency of each test. The components shall be inspected against their drawings. There shall be no deviations outside the declared tolerances.

NOTE As components differ from one supplier to another, it is not possible to define common sample tests on components in this standard.

11.2 Tests on complete accessory

For accessories where the main insulation cannot be routine tested (see 9.1), the following electrical tests shall be carried out by the manufacturer on a fully assembled accessory:

- a) partial discharge test (see 9.2);
- b) voltage test (see 9.3).

The sequence in which these tests are carried out is at the discretion of the manufacturer.

NOTE Examples of main insulations that are not routine tested are heat shrink insulations and insulations taped and/or moulded on site.

These tests shall be performed on one accessory of each type per contract if the number of that type in the contract is above 50.

If the sample fails either of the above two tests, two further samples of the same accessory type shall be taken from the contract and subjected to the same tests. If both additional samples pass the tests, the other accessories of the same type from the contract shall be regarded as having complied with the requirements of this standard. If either fails, this type of accessory of the contract shall be regarded as having failed to comply.

12 Type tests on cable systems

The tests specified in this clause are intended to demonstrate the satisfactory performance of cable systems.

A summary of type tests on cable systems is given in Annex C.

NOTE Tests on terminations referring to environmental conditions are not specified in this standard.

12.1 Range of type approval

When type tests have been successfully performed on one or more cable system(s) of specific cross-section(s), and of the same rated voltage and construction, the type approval shall be considered as valid for cable systems within the scope of this standard with other cross-sections, rated voltages and constructions provided that all the following conditions are met:

- a) the voltage group is not higher than that of the tested cable system(s);

NOTE In this context, cable systems of the same rated voltage group are those of rated voltages having a common value of U_m , highest voltage for equipment, and the same test voltage levels (see Table 4, columns 1 and 2). For example, tests on a cable system of rated voltage $U = 66$ kV would also cover cables systems of rated voltages $U = 60$ kV and $U = 69$ kV.

- b) the conductor cross-section is not larger than that of the tested cable;
- c) the cable and the accessories have the same or similar constructions as that of the tested cable system(s);

NOTE Cables and accessories of similar construction are those of the same type and manufacturing process of insulation and semi-conducting screens. Repetition of the electrical type tests is not necessary on account of the differences in the conductor or connector type or material or of the protective layers applied over the screened cores or over the main insulation part of the accessory, unless these are likely to have a significant effect on the results of the test. In some instances, e.g. for extension to three-core cables, it may be appropriate to repeat one or more of the type tests (e.g. bending test, heating cycle test and/or compatibility test).

- d) the calculated nominal electrical stress at the cable conductor screen does not exceed the electrical stress at the conductor screen of the tested cable system(s) by more than 10 %;
- e) the calculated nominal electrical stress at the cable insulation screen does not exceed the electrical stress at the insulation screen of the tested cable system(s);
- f) the calculated nominal electrical stresses within the main insulation parts of the accessory and at the cable and accessory interfaces do not exceed those of the tested cable system(s).

The type tests on cable components (see 12.4) only need to be carried out on samples from cables of different voltage ratings and/or conductor cross-sectional areas if different materials are used to produce them and/or different manufacturing processes. However, repetition of the ageing tests on pieces of completed cable to check compatibility of materials (see 12.4.4) may be required if the combination of materials applied over the screened core is different from that of the cable on which type tests have been carried out previously.

A type test certificate signed by the representative of a competent witnessing body, or a report by the manufacturer giving the test results and signed by the appropriate qualified officer, or a type test certificate issued by an independent test laboratory, shall be acceptable as evidence of type testing.

12.2 Summary of type tests

The type tests shall comprise the electrical tests on the complete cable system as specified in 12.3, and the appropriate non-electrical tests on cable components and completed cable specified in 12.4.

The non-electrical tests on cable components and completed cable are summarized in Table 5, indicating which tests are applicable to each insulation and oversheath material. The test under fire conditions is only required if the manufacturer wishes to claim compliance with this test as a special feature of the design of the cable.

The tests listed in 12.3.2 shall be performed on one or more samples of completed cable, depending on the number of accessories involved, at least 10 m in length excluding the accessories.

The minimum length of free cable between accessories shall be 5 m.

The accessories shall be installed after the bending test on the cable. One sample of each accessory type shall be tested.

Cable and accessories shall be assembled in the manner specified by the manufacturer's instructions, with the grade and quantity of materials supplied, including lubricants if any.

The external surface of accessories shall be dry and clean, but neither the cables nor the accessories shall be subjected to any form of conditioning not specified in the manufacturer's instructions which might modify the electrical, thermal or mechanical performance.

During tests c) to g) of 12.3.2, it is necessary to test joints with their outer protection fitted. If it can be shown that the outer protection does not influence the performance of the joint insulation, e.g. there are no thermo-mechanical or compatibility effects, the protection need not be fitted.

Measurement of resistivity of semi-conducting screens described in 12.3.9 shall be made on a separate sample.

12.3 Electrical type tests on complete cable systems

12.3.1 Test voltage values

Prior to the electrical type tests, the insulation thickness of the cable shall be measured by the method specified in 8.1 of IEC 60811-1-1 on a representative piece of the length to be used for the tests, to check that the average thickness is not excessive compared with the nominal value.

If the average thickness of the insulation does not exceed the nominal value by more than 5 %, the test voltages shall be the values specified in Table 4 for the rated voltage of the cable.

If the average thickness of the insulation exceeds the nominal value by more than 5 % but by not more than 15 %, the test voltage shall be adjusted to give an electrical stress at the conductor screen equal to that applying when the average thickness of the insulation is equal to the nominal value and the test voltages are the normal values specified for the rated voltage of the cable.

The cable length used for the electrical type tests shall not have an average thickness exceeding the nominal value by more than 15 %.

12.3.2 Tests and sequence of tests

The tests in items a) to h) shall be made in the following sequence:

a) bending test on the cable (see 12.3.3) followed by installation of the accessories and a partial discharge test at ambient temperature (see 12.3.4);

b) $\tan \delta$ measurement (see 12.3.5);

NOTE This test may be carried out on a different cable sample with special test terminations from that used for the remainder of the sequence of tests.

c) heating cycle voltage test (see 12.3.6);

d) partial discharge tests (see 12.3.4);

- at ambient temperature, and
- at high temperature.

The tests shall be carried out after the final cycle of item c) above or, alternatively, after the lightning impulse voltage test in item e) below.

e) lightning impulse voltage test followed by a power frequency voltage test (see 12.3.7);

f) partial discharge tests, if not previously carried out in item d) above;

g) tests of outer protection for buried joints (see Annex H);

NOTE 1 These tests may be applied to a joint which has passed test in item c), heating cycle voltage test, or to a separate joint which has undergone at least three thermal cycles (see Annex H).

NOTE 2 If the cable and joint are not to be subjected to wet conditions in service (i.e. not directly buried in earth or not intermittently or continuously immersed in water), the tests in item g) may be omitted.

h) examination of the cable system with cable and accessories on completion of the above tests (see 12.3.8).

The resistivity of the cable semi-conducting screens (see 12.3.9) shall be measured on a separate sample.

Test voltages shall be in accordance with the values given in the appropriate column of Table 4.

12.3.3 Bending test

The cable sample shall be bent around a test cylinder (for example, the hub of a drum) at ambient temperature for at least one complete turn and unwound, without axial rotation. The sample shall then be rotated through 180° and the process repeated.

This cycle of operations shall be carried out three times in total.

The diameter of the test cylinder shall not be greater than:

- for cables with plain aluminium sheaths:
 - $36 (d + D) + 5 \%$ for single-core cables;
 - $25 (d + D) + 5 \%$ for three-core cables;
- for cables with lead, lead-alloy, corrugated metallic sheaths or with longitudinally applied metal foils (overlapped or welded) bonded to the oversheath:
 - $25 (d + D) + 5 \%$ for single-core cables;
 - $20 (d + D) + 5 \%$ for three-core cables;
- for other cables:
 - $20 (d + D) + 5 \%$ for single-core cables;
 - $15 (d + D) + 5 \%$ for three-core cables.

where

d is the nominal diameter of the conductor, in millimetres (see 6 i));

D is the nominal overall diameter of the cable, in millimetres (see 6 j)).

NOTE A negative tolerance is not specified, but testing at diameters below the specified values should only be done by agreement with the manufacturer.

12.3.4 Partial discharge tests

The tests shall be performed in accordance with IEC 60885-3, the sensitivity being 5 pC or better.

The test voltage shall be raised gradually to and held at $1,75 U_0$ for 10 s and then slowly reduced to $1,5 U_0$ (see Table 4, column 5).

When performed at high temperature, the test shall be carried out on the assembly at a cable conductor temperature 5°C to 10°C above the maximum cable conductor temperature in normal operation. The conductor temperature shall be maintained within the stated temperature limits for at least 2 h.

There shall be no detectable discharge exceeding the declared sensitivity from the test object at $1,5 U_0$.

12.3.5 Tan δ measurement

The sample shall be heated by a suitable method and the temperature of the conductor determined either by measuring its resistance or by thermocouples on the surface of the screen/sheath, or by thermocouples on the conductor of another sample of the same cable heated by the same means.

The sample shall be heated until the conductor reaches a temperature which shall be 5°C to 10°C above the maximum conductor temperature in normal operation.

The tan δ shall then be measured at a power frequency voltage of U_0 at the temperature specified above.

The measured value shall not exceed the value given in Table 3.

12.3.6 Heating cycle voltage test

The cable shall have a U-bend with a diameter as specified in 12.3.3.

The assembly shall be heated by conductor current until the cable conductor reaches a steady temperature 5 °C to 10 °C above the maximum conductor temperature in normal operation.

NOTE If, for practical reasons, the test temperature cannot be reached, additional thermal insulation may be applied.

The heating shall be applied for at least 8 h. The conductor temperature shall be maintained within the stated temperature limits for at least 2 h of each heating period. This shall be followed by at least 16 h of natural cooling to a conductor temperature within 10 °C of the test ambient temperature. The conductor current during the last 2 h of each heating period shall be recorded.

The cycle of heating and cooling shall be carried out 20 times.

During the whole of the test period, a voltage of $2 U_0$ shall be applied to the assembly (see Table 4, column 7).

12.3.7 Lightning impulse voltage test followed by a power frequency voltage test

The test shall be performed on the assembly with the cable conductor temperature 5 °C to 10 °C above the maximum conductor temperature in normal operation.

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

The assembly shall withstand without failure or flashover 10 positive and 10 negative voltage impulses of the appropriate value given in Table 4, column 8.

After the impulse voltage test, the assembly shall be subjected to a power frequency voltage test at $2,5 U_0$ for 15 min (see Table 4, column 4). At the discretion of the manufacturer, this test may be carried out either during the cooling period or at ambient temperature.

No breakdown of the insulation or flashover shall occur.

12.3.8 Examination

12.3.8.1 Systems and accessories

Examination of the cable and, whenever possible, of the accessories, with normal or corrected vision without magnification, shall reveal no signs of deterioration (e.g. electrical degradation, leakage, corrosion or harmful shrinkage) which could affect the system in service operation.

12.3.8.2 Cables with a longitudinally applied metal foil

A 1 m sample shall be taken from the cable length and subjected to the tests in 12.4.19.

12.3.9 Resistivity of semi-conducting screens

Measurement of resistivity of the cable semi-conducting screens shall be made on a separate sample.

The resistivity of extruded semi-conducting screens applied over the conductor and over the insulation shall be determined by measurements on test pieces taken from the core of a sample of cable as manufactured and a sample of cable which has been subjected to the ageing treatment to test the compatibility of component materials specified in 12.4.4.

12.3.9.1 Procedure

The test procedure shall be in accordance with Annex D.

The measurements shall be made at a temperature within ± 2 °C of the maximum conductor temperature in normal operation.

12.3.9.2 Requirements

The resistivity, both before and after ageing, shall not exceed the following values:

- conductor screen: 1 000 $\Omega \cdot m$;
- insulation screen: 500 $\Omega \cdot m$.

12.4 Non-electrical type tests on cable components and on completed cable

The tests are as follows:

- a) check of cable construction (see 12.4.1);
- b) tests for determining the mechanical properties of insulation before and after ageing (see 12.4.2);
- c) tests for determining the mechanical properties of oversheaths before and after ageing (see 12.4.3);
- d) ageing tests on pieces of complete cable to check compatibility of materials (see 12.4.4);
- e) loss of mass test on PVC oversheaths of type ST₂ (see 12.4.5);
- f) pressure test at high temperature on oversheaths (see 12.4.6);
- g) tests on PVC oversheaths (ST₁ and ST₂) at low temperature (see 12.4.7);
- h) heat shock test for PVC oversheaths (ST₁ and ST₂) (see 12.4.8);
- i) ozone resistance test for EPR and HEPR insulations (see 12.4.9);
- j) hot set test for EPR, HEPR and XLPE insulations (see 12.4.10);
- k) measurement of density of HDPE insulation (see 12.4.11);
- l) measurement of carbon black content of black PE oversheaths (ST₃ and ST₇, see 12.4.12);
- m) shrinkage test for PE, HDPE and XLPE insulations (see 12.4.13);
- n) shrinkage test for PE oversheaths (ST₃ and ST₇, see 12.4.14);
- o) determination of hardness of HEPR insulation (see 12.4.15);
- p) determination of the elastic modulus of HEPR insulation (see 12.4.16);
- q) test under fire conditions (see 12.4.17);
- r) water penetration test (see 12.4.18);
- s) tests on components of cables with a longitudinally applied metal foil (see 12.4.19).

12.4.1 Check of cable construction

The examination of the conductor and measurements of insulation, oversheath and metallic sheath thicknesses shall be carried out in accordance with and shall comply with the requirements given in 10.4, 10.6 and 10.7.

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

12.4.2.1 Sampling

Sampling and preparation of test pieces shall be carried out in accordance with 9.1 of IEC 60811-1-1.

12.4.2.2 Ageing treatment

The ageing treatment shall be carried out in accordance with 8.1 of IEC 60811-1-2 under the conditions specified in Table 6.

12.4.2.3 Conditioning and mechanical tests

Conditioning and the measurement of mechanical properties shall be carried out in accordance with 9.1 of IEC 60811-1-1.

12.4.2.4 Requirements

The test results for unaged and aged test pieces shall comply with the requirements given in Table 6.

12.4.3 Tests for determining the mechanical properties of oversheaths before and after ageing

12.4.3.1 Sampling

Sampling and preparation of test pieces shall be carried out in accordance with 9.2 of IEC 60811-1-1.

12.4.3.2 Ageing treatment

The ageing treatment shall be carried out in accordance with 8.1 of IEC 60811-1-2 under the conditions given in Table 7.

12.4.3.3 Conditioning and mechanical tests

Conditioning and the measurement of mechanical properties shall be carried out in accordance with 9.2 of IEC 60811-1-1.

12.4.3.4 Requirements

The test results for unaged and aged test pieces shall comply with the requirements given in Table 7.

12.4.4 Ageing tests on pieces of completed cable to check compatibility of materials

12.4.4.1 General

The ageing test on pieces of completed cable shall be carried out to check that the insulation, the extruded semi-conducting layers and the oversheath are not liable to deteriorate excessively in operation due to contact with other components in the cable.

The test is applicable to cables of all types.

12.4.4.2 Sampling

Samples for the test on insulation and oversheath shall be taken from the completed cable as described in 8.1.4 of IEC 60811-1-2.

12.4.4.3 Ageing treatment

The ageing treatment of the pieces of cable shall be carried out in an air oven, as described in 8.1.4 of IEC 60811-1-2, under the following conditions:

- temperature: $(10 \pm 2) ^\circ\text{C}$ above the maximum conductor temperature of the cable in normal operation (see Table 1);
- duration: 7×24 h.

12.4.4.4 Mechanical tests

Test pieces of insulation and oversheath from the aged pieces of cable shall be prepared and subjected to mechanical tests as described in 8.1.4 of IEC 60811-1-2.

12.4.4.5 Requirements

The variations between the median values of tensile strength and elongation at break after ageing and the corresponding values obtained without ageing (see 12.4.2 and 12.4.3) shall not exceed the values applying to the test after ageing in an air oven given in Table 6 for insulations and in Table 7 for oversheaths.

12.4.5 Loss of mass test on PVC oversheaths of type ST₂

12.4.5.1 Procedure

The loss of mass test for ST₂ oversheaths shall be carried out as described in 8.2 of IEC 60811-3-2 under the conditions given in Table 9.

12.4.5.2 Requirements

The results shall comply with the requirements given in Table 9.

12.4.6 Pressure test at high temperature on oversheaths

12.4.6.1 Procedure

The pressure test at high temperature for ST₁, ST₂ and ST₇ oversheaths shall be carried out as described in 8.2 of IEC 60811-3-1, employing the test conditions given in the test method and in Table 7.

12.4.6.2 Requirements

The results shall comply with the requirements given in 8.2 of IEC 60811-3-1.

12.4.7 Test on PVC oversheaths (ST₁ and ST₂) at low temperature

12.4.7.1 Procedure

The test at low temperature for ST₁ and ST₂ oversheaths shall be carried out as described in Clause 8 of IEC 60811-1-4, employing the test temperature given in Table 9.

12.4.7.2 Requirements

The results of the test shall comply with the requirements given in Clause 8 of IEC 60811-1-4.

12.4.8 Heat shock test for PVC oversheaths (ST₁ and ST₂)

12.4.8.1 Procedure

The heat shock test on ST₁ and ST₂ oversheaths shall be carried out as described in 9.2 of IEC 60811-3-1, the test temperature and duration being in accordance with Table 9.

12.4.8.2 Requirements

The results of the test shall comply with the requirements given in 9.2 of IEC 60811-3-1.

12.4.9 Ozone resistance test for EPR and HEPR insulations

12.4.9.1 Procedure

EPR and HEPR insulations shall be tested for resistance to ozone using the sampling and test procedure described in Clause 8 of IEC 60811-2-1. The ozone concentration and test duration shall be in accordance with Table 8.

12.4.9.2 Requirements

The results of the test shall comply with the requirements given in Clause 8 of IEC 60811-2-1.

12.4.10 Hot set test for EPR, HEPR and XLPE insulations

EPR, HEPR and XLPE insulations shall be subjected to the hot set test described in 10.9 and shall comply with its requirements.

12.4.11 Measurement of density of HDPE insulation

The density of HDPE insulation shall be measured in accordance with 10.11 and shall comply with its requirements.

12.4.12 Measurement of carbon black content of black PE oversheaths (ST₃ and ST₇)

12.4.12.1 Procedure

The carbon black content of ST₃ and ST₇ oversheaths shall be measured using the sampling and test procedure described in Clause 11 of IEC 60811-4-1.

12.4.12.2 Requirements

The nominal value of the carbon black content shall be 2,5 %, with a tolerance of $\pm 0,5$ %.

12.4.13 Shrinkage test for PE, HDPE and XLPE insulations

12.4.13.1 Procedure

The shrinkage test shall be carried out on insulations of PE, HDPE or XLPE using the sampling and test procedure described in Clause 10 of IEC 60811-1-3 and the conditions specified in Table 8.

12.4.13.2 Requirements

The results of the test shall comply with the requirements given in Table 8.

12.4.14 Shrinkage test for PE oversheaths (ST₃ and ST₇)

12.4.14.1 Procedure

The shrinkage test shall be carried out on PE oversheaths using the sampling and test procedure described in Clause 11 of IEC 60811-1-3 under the following conditions:

- temperature: $(80 \pm 2) ^\circ\text{C}$
- duration of heating: 5 h
- number of heating cycles: 5

12.4.14.2 Requirements

The shrinkage shall not exceed 3 %.

12.4.15 Determination of hardness of HEPR insulation

12.4.15.1 Procedure

The sampling and test procedure shall be carried out in accordance with Annex E.

12.4.15.2 Requirements

The results of the test shall comply with Table 8.

12.4.16 Determination of the elastic modulus of HEPR insulation

12.4.16.1 Procedure

Sampling, preparation of the test pieces and the test procedure shall be carried out in accordance with Clause 9 of IEC 60811-1-1.

The loads required for 150 % elongation shall be measured. The corresponding stresses shall be calculated by dividing the loads measured by the cross-sectional areas of the unstretched test pieces. The ratios of the stresses to strains shall be determined to obtain the elastic moduli at 150 % elongation.

The elastic modulus shall be the median value.

12.4.16.2 Requirements

The results of the test shall comply with the requirements of Table 8.

12.4.17 Test under fire conditions

The test under fire conditions in accordance with IEC 60332-1 shall be carried out on a sample of completed cable, if it has an ST₁ or ST₂ oversheath and if the manufacturer wishes to claim that the particular design of cable complies with the requirements.

The results shall comply with the requirements given in IEC 60332-1.

12.4.18 Water penetration test

The water penetration test shall be applied to those designs of cable where barriers to longitudinal water penetration have been included as declared in 6 c) and 6 f). The test is designed to meet the requirements for buried cables and is not intended to apply to cables which are constructed for use as submarine cables.

The apparatus, sampling, test procedure and requirements shall be in accordance with Annex F.

For cables with a longitudinally applied metal foil, a 1 m sample shall be taken from the cable length and subjected to the tests in 12.4.19.

12.4.19 Tests on components of cables with a longitudinally applied metal foil

A 1 m sample shall be taken from the completed cable and subjected to the following tests:

- a) visual examination (see Clause G.1);
- b) adhesion strength of metal foil (see Clause G.2);
- c) peel strength of overlapped metal foil (see Clause G.3).

The apparatus, test procedure and requirements shall be in accordance with Annex G.

13 Type tests on cables

The tests specified in this clause are intended to demonstrate the satisfactory performance of cables alone.

A summary of type tests on cables is given in Annex C.

13.1 Range of type approval

When type tests have been successfully performed on one or more cable(s) of specific cross-section(s), and of the same rated voltage and construction, the type approval shall be considered as valid for cables within the scope of this standard with other cross-sections, rated voltages and constructions, provided that all the following conditions are met:

- a) the voltage group is not higher than that of the tested cable(s);

NOTE In this context, cables of the same rated voltage group are those of rated voltages having a common value of U_m , highest voltage for equipment, and the same test voltage levels (see Table 4, columns 1 and 2). For example, tests on a cable of rated voltage $U = 66$ kV would also cover cables of rated voltages $U = 60$ kV and $U = 69$ kV.

- b) the conductor cross-section is not larger than that of the tested cable;

- c) the cable has the same or similar construction to that of the tested cable(s);

NOTE Cables of similar construction are those of the same type and manufacturing process of insulation and semi-conducting screens. Repetition of the electrical type tests is not necessary on account of the difference in the conductor type or material or of the protective layers applied over the screened cores, unless these are likely to have a significant effect on the results of the test. In some instances, e.g. for extension to three-core cables, it may be appropriate to repeat one or more of the type tests (e.g. bending test, heating cycle test and/or compatibility test).

- d) the calculated nominal electrical stress at the cable conductor screen does not exceed the electrical stress at the conductor screen of the tested cable(s) by more than 10 %;
- e) the calculated nominal electrical stress at the cable insulation screen does not exceed the electrical stress at the insulation screen of the tested cable(s).

The type tests on cable components (see 12.4) only need to be carried out on samples from cables of different voltage ratings and/or conductor cross-sectional areas if different materials are used to produce them and/or different manufacturing processes. However, repetition of the ageing tests on pieces of completed cables to check compatibility of materials (see 12.4.4) may be required if the combination of materials applied over the screened core is different from that of the cable on which type tests have been carried out previously.

A type test certificate signed by the representative of a competent witnessing body, or a report by the manufacturer giving the test results and signed by the appropriate qualified officer, or a type test certificate issued by an independent laboratory, shall be acceptable as evidence of type testing.

13.2 Summary of type tests

The type tests shall comprise the electrical tests on the completed cable, as specified in 12.3.1 and 13.3, and the appropriate non-electrical tests on cable components and complete cable, as specified in 12.4.

The non-electrical tests on cable components and on completed cable are summarized in Table 5, indicating which tests are applicable to each insulating and oversheathing material. The test under fire conditions is only required if the manufacturer wishes to claim compliance with this test as a special feature of the design of the cable.

13.3 Electrical type tests on completed cables

The tests a) to f) shall be performed in sequence on a sample of completed cable at least 10 m in length excluding the test accessories:

- a) bending test (see 12.3.3) followed by installation of the test terminations and a partial discharge test (see 12.3.4);
- b) $\tan \delta$ measurement (see 12.3.5);

NOTE This test may be carried out on a different sample from that used for the remainder of the sequence of tests.

- c) heating cycle voltage test (see 12.3.6), followed by partial discharge measurement at ambient temperature (see 12.3.4), which shall be carried out after the final cycle or, alternatively, after the lightning impulse voltage test (see item d) below);
- d) lightning impulse voltage test followed by a power frequency voltage test (see 12.3.7);
- e) partial discharge test at ambient temperature (see 12.3.4), if not previously carried out in c) above;
- f) examination of the cable on completion of the above tests (see 12.3.8).

The resistivity of semi-conducting screens (see 12.3.9) shall be measured on a separate sample.

Test voltages shall be in accordance with the values given in the appropriate column of Table 4.

14 Type tests on accessories

The tests specified in this clause are intended to demonstrate the satisfactory performance of accessories alone.

A summary of type tests on accessories is given in Annex C.

NOTE Tests on terminations referring to environmental conditions are not specified in this standard.

14.1 Range of type approval

When type tests have been successfully performed on one or more accessories with one or more cable(s) of specific cross-section(s), and of the same rated voltage and construction, the type approval shall be considered as valid for accessories within the scope of this standard with other rated voltages, constructions and with other cables, provided that all the following conditions are met:

- a) the voltage group is not higher than that of the tested accessory(ies);

NOTE In this context, accessories of the same rated voltage group are those of rated voltages having a common value of U_m , highest voltage for equipment, and the same test voltage levels (see Table 4, columns 1 and 2). For example, tests on an accessory of rated voltage $U = 66$ kV would also cover accessories of rated voltages $U = 60$ kV and $U = 69$ kV.

- b) the cable with another conductor cross-section, rated voltage and construction is within the range of type approval as stated in 13.1. When the calculated nominal electrical stress at the cable insulation screen does not exceed 2,5 kV/mm, the type approval shall be considered as valid for accessories on all cables in this range;
- c) the accessories have the same or a similar construction as that of the tested accessory(ies).

NOTE Accessories of similar construction are those of the same type and manufacturing process of insulation and semi-conducting screens. Repetition of the electrical type tests is not necessary on account of the differences in the connector type or material or of the protective layers applied over the main insulation part of the accessory, unless these are likely to have a significant effect on the results of the test. In some instances, it may be appropriate to repeat one or more of the type tests (e.g. partial discharge test).

- d) the calculated nominal electrical stresses within the main insulation parts of the accessory and at the cable and accessory interfaces do not exceed those of the tested accessory(ies).

A type test certificate signed by the representative of a competent witnessing body, or a report by the manufacturer giving the test results and signed by the appropriate qualified officer, or a type test certificate issued by an independent test laboratory, shall be acceptable as evidence of type testing.

14.2 Summary of type tests

Accessories shall comply with the tests specified in 14.3.1 and 14.3.2.

The minimum length of free cable between accessories shall be 5 m.

One sample of each accessory type shall be tested.

The accessories shall be installed before the first partial discharge test.

The accessories shall be assembled on the cable in the manner specified by the manufacturer's instructions, with the grade and quantity of materials supplied, including lubricants if any.

The external surface of accessories shall be dry and clean, but neither the cables nor the accessories shall be subjected to any form of conditioning not specified in the manufacturer's instructions which might modify the electrical, thermal or mechanical performance.

During tests a) to e) of 14.3.2, it is necessary to test joints with their outer protection fitted. If it can be shown that the outer protection does not influence the performance of the joint insulation, e.g. there are no thermo-mechanical or compatibility effects, the protection need not be fitted.

14.3 Electrical type tests on accessories

14.3.1 Test voltage values

Prior to the electrical type tests of the accessories, the insulation thickness of the cable used shall be measured and the test voltages values adjusted, if necessary, as stated in 12.3.1.

14.3.2 Tests and sequence of tests

Accessories shall be subjected to the following sequence:

- a) partial discharge test at ambient temperature (see 12.3.4);
- b) heating cycle voltage test (see 12.3.6);

NOTE The cable may have a U-bend with the diameter as specified in 12.3.3.

- c) partial discharge tests (see 12.3.4)
 - at ambient temperature, and
 - at high temperature.

The tests shall be carried out after the final cycle of item b) above or, alternatively, after the lightning impulse voltage test in item d) below;

- d) lightning impulse voltage test followed by a power frequency voltage test (see 12.3.7);
- e) partial discharge tests, if not previously carried out in item c) above;
- f) tests of outer protection for buried joints (see Annex H);

NOTE 1 These tests may be applied to a joint which has passed the test in item b), heating cycle voltage test, or to a separate joint which has passed at least three thermal cycles (see Annex H).

NOTE 2 If the joint is not to be subjected to wet conditions in service (i.e. not directly buried in earth or not intermittently or continuously immersed in water), the tests in item f) may be omitted.

- g) examination of the accessories after completion of the above tests (see 12.3.8.1).

Test voltages shall be in accordance with the values given in the appropriate column of Table 4.

15 Electrical tests after installation

Tests on new installations are carried out when the installation of the cable and its accessories has been completed.

A d.c. oversheath test according to 15.1 and/or an a.c. insulation test according to 15.2 is recommended. For installations where only the oversheath test according to 15.1 is carried out, quality assurance procedures during installation of accessories may, by agreement between the purchaser and contractor, replace the insulation test.

15.1 DC voltage test of the oversheath

The voltage level and duration specified in Clause 5 of IEC 60229 shall be applied between each metal sheath or metallic screen and the ground.

For the test to be effective, it is necessary that the ground makes good contact with all of the outer surface of the oversheath. A conductive layer on the oversheath can assist in this respect.

15.2 AC voltage test of the insulation

The a.c. test voltage to be applied shall be subject to agreement between the purchaser and the contractor. The waveform shall be substantially sinusoidal and the frequency shall be between 20 Hz and 300 Hz. A voltage according to Table 4, column 9, shall be applied for 1 h.

Alternatively, a voltage of U_0 may be applied for 24 h.

NOTE 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.

Table 1 – Insulating compounds for cables

Insulating compound	Maximum conductor temperature °C	
	Normal operation	Short-circuit (maximum duration 5 s)
Low density thermoplastic polyethylene (PE)	70	130 ¹⁾
High density thermoplastic polyethylene (HDPE)	80	160 ¹⁾
Cross-linked polyethylene (XLPE)	90	250
Ethylene-propylene rubber (EPR)	90	250
High modulus or hard grade ethylene-propylene rubber (HEPR)	90	250
¹⁾ For PE and HDPE, short-circuit temperatures up to 20 °C in excess of those shown may be acceptable with suitable semi-conducting layers over the conductor and the insulation and by agreement between manufacturer and purchaser.		

Table 2 – Oversheathing compounds for cables

Oversheathing compound	Abbreviated designation	Maximum conductor temperature in normal operation °C
Polyvinyl chloride (PVC)	ST ₁	80
	ST ₂	90
Polyethylene	ST ₃	80
	ST ₇	90

Table 3 – Tan δ requirements for insulating compounds for cables

Designation of compound (see 4.2)	PE	HDPE	EPR/ HEPR	XLPE	
Maximum $\tan \delta$	10^{-4}	10	10	50	10^{-1}

¹⁾ For cables produced with an XLPE compound containing special additives, the maximum $\tan \delta$ is 50×10^{-4} .

Table 4 – Test voltages

1	2	3	4 ¹⁾	5 ¹⁾	6 ¹⁾	7 ¹⁾	8 ¹⁾	9
Rated voltage	Highest voltage for equipment	Value of U_0 for determination of test voltages	Voltage test of 9.3 and 12.3.7	Partial discharge test of 9.2 and 12.3.4	Tan δ measurement of 12.3.5	Heating cycle voltage test of 12.3.6	Lightning impulse voltage test of 12.3.7	Voltage test after installation of 15.2
U	U_m	U_0	2,5 U_0	1,5 U_0	U_0	2 U_0		
kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV
45 to 47	52	26	65	39	26	52	250	52
60 to 69	72,5	36	90	54	36	72	325	72
110 to 115	123	64	160	96	64	128	550	128
132 to 138	145	76	190	114	76	152	650	132
150 to 161	170	87	218	131	87	174	750	150

¹⁾ If necessary, these test voltages shall be adjusted as stated in 12.3.1.

¹⁾ If necessary, these test voltages shall be adjusted as stated in 12.3.1.

**Table 5 – Non-electrical type tests for insulating and
oversheathing compounds for cables**

	Insulation					Oversheath			
Designation of compound (see 4.2 and 4.3)	PE	HDPE	EPR	HEPR	XLPE	ST ₁	ST ₂	ST ₃	ST ₇
Checks on construction Water penetration test ¹⁾	Applicable irrespective of insulation and oversheathing materials								
Mechanical properties (Tensile strength and elongation at break)									
a) Without ageing	x	x	x	x	x	x	x	x	x
b) After ageing in air oven	x	x	x	x	x	x	x	x	x
c) After ageing in air bomb	—	—	x	x	—	—	—	—	—
d) After ageing of the completed cable (compatibility test)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Pressure test at high temperature	—	—	—	—	—	x	x	—	x
Behaviour at low temperature									
a) Cold elongation test	—	—	—	—	—	x	x	—	—
b) Cold impact test	—	—	—	—	—	x	x	—	—
Loss of mass in air oven	—	—	—	—	—	—	x	—	—
Heat shock test	—	—	—	—	—	x	x	—	—
Ozone resistance test	—	—	x	x	—	—	—	—	—
Hot set test	—	—	x	x	x	—	—	—	—
Measurement of density	—	x	—	—	—	—	—	—	—
Carbon black content ²⁾	—	—	—	—	—	—	—	x	x
Shrinkage test	x	x	—	—	x	—	—	x	x
Determination of hardness	—	—	—	x	—	—	—	—	—
Determination of elastic modulus	—	—	—	x	—	—	—	—	—
Test under fire conditions ³⁾	—	—	—	—	—	x	x	—	—
NOTE x indicates that the type test is to be applied.									
¹⁾ To be applied to those designs of cable where the manufacturer claims that barriers to longitudinal water penetration have been included.									
²⁾ For black oversheaths only.									
³⁾ Only required if the manufacturer wishes to claim compliance for the cable design.									

Table 6 – Test requirements for mechanical characteristics of insulating compounds for cables (before and after ageing)

Designation of compound (see 4.2)	Unit	PE	HDPE	XLPE	EPR	HEPR
Maximum conductor temperature in normal operation	°C	70	80	90	90	90
<i>Without ageing</i> (9.1 of IEC 60811-1-1)						
Minimum tensile strength	N/mm ²	10,0	12,5	12,5	4,2	8,5
Minimum elongation at break	%	300	350	200	200	200
<i>After ageing in air oven</i> (8.1 of IEC 60811-1-2)						
Treatment: temperature	°C	100	110	135	135	135
tolerance	°C	±2	±2	±3	±3	±3
duration	h	240	240	168	168	168
Tensile strength						
a) Minimum value after ageing	N/mm ²	–	–	–	–	–
b) Maximum variation ¹⁾	%	–	–	±25	±30	±30
Elongation at break						
a) Minimum value after ageing	%	300	350	–	–	–
b) Maximum variation ¹⁾	%	–	–	±25	±30	±30
<i>After ageing in air bomb at (55 ± 2) N/cm²</i> (8.2 of IEC 60811-1-2)						
Treatment: temperature	°C	–	–	–	127	127
tolerance	°C	–	–	–	±1	±1
duration	h	–	–	–	40	40
Maximum variation ¹⁾ of:						
Tensile strength	%	–	–	–	±30	±30
Elongation at break	%	–	–	–	±30	±30

¹⁾ Variation: difference between the median value obtained after treatment and the median value obtained without treatment, expressed as a percentage of the latter.

Table 7 – Test requirements for mechanical characteristics of oversheathing compounds for cables (before and after ageing)

Designation of compound (see 4.3)	Unit	ST ₁	ST ₂	ST ₃	ST ₇
<i>Without ageing</i> (9.2 of IEC 60811-1-1)					
Minimum tensile strength	N/mm ²	12,5	12,5	10,0	12,5
Minimum elongation at break	%	150	150	300	300
<i>After ageing in air oven</i> (8.1 of IEC 60811-1-2)					
Treatment: temperature	°C	100	100	100	110
Tolerance	°C	±2	±2	±2	±2
duration	h	168	168	240	240
Tensile strength:					
a) Minimum value after ageing	N/mm ²	12,5	12,5	–	–
b) Maximum variation ¹⁾	%	±25	±25	–	–
Elongation at break:					
a) Minimum value after ageing	%	150	150	300	300
b) Maximum variation ¹⁾	%	±25	±25	–	–
<i>Pressure test at high temperature</i> (8.2 of IEC 60811-3-1)					
Test temperature	°C	80	90	–	110
Tolerance	°C	±2	±2	–	±2
¹⁾ Variation: difference between the median value obtained after treatment and the median value obtained without treatment, expressed as a percentage of the latter.					

Table 8 – Test requirements for particular characteristics of insulating compounds for cables

Designation of compound (see 4.2)	Unit	PE	HDPE	XLPE	EPR	HEPR
<i>Ozone resistance test</i> (Clause 8 of IEC 60811-2-1)						
Ozone concentration (by volume)	%	–	–	–	0,025 to 0,030	0,025 to 0,030
Test duration without cracks	h	–	–	–	24	24
<i>Hot set test</i> (Clause 9 of IEC 60811-2-1)						
Treatment: air temperature	°C	–	–	200	250	250
tolerance	°C	–	–	±3	±3	±3
time under load	min	–	–	15	15	15
mechanical stress	N/cm ²	–	–	20	20	20
Maximum elongation under load	%	–	–	175	175	175
Maximum permanent elongation after cooling	%	–	–	15	15	15
<i>Shrinkage test</i> (Clause 10 of IEC 60811-1-3)						
Distance L between marks	mm	200	200	200	–	–
Temperature	°C	100	115	130	–	–
Tolerance	°C	±2	±2	±3	–	–
Duration	h	6	6	6	–	–
Maximum permissible shrinkage	%	4	4	4	–	–
<i>Density</i> (Clause 8 of IEC 60811-1-3)						
Minimum density	g/cm ³	–	0,94	–	–	–
<i>Determination of hardness</i> (see Annex E)						
IRHD ¹⁾ , minimum		–	–	–	–	80
<i>Determination of elastic modulus</i> (see 12.4.15)						
Modulus at 150 % elongation, minimum	N/mm ²	–	–	–	–	4,5

¹⁾ IRHD: international rubber hardness degree.

**Table 9 – Test requirements for particular characteristics
of PVC oversheathing compounds for cables**

Designation of compound (see 4.3)	Unit	ST ₁	ST ₂
<i>Loss of mass in air oven</i> (8.2 of IEC 60811-3-2)			
Treatment: temperature	°C	–	100
tolerance	°C	–	±2
duration	h	–	168
Maximum permissible loss of mass	mg/cm ²	–	1,5
<i>Behaviour at low temperature</i> ¹⁾ (Clause 8 of IEC 60811-1-4)			
Tests to be carried out without previous ageing			
Cold elongation test on dumb-bells			
Test temperature	°C	–15	–15
Tolerance	°C	±2	±2
Cold impact test			
Test temperature	°C	–15	–15
Tolerance	°C	±2	±2
<i>Heat shock test</i> (9.2 of IEC 60811-3-1)			
Test temperature	°C	150	150
Tolerance	°C	±3	±3
Test duration	h	1	1
¹⁾ Due to climatic conditions, national standards may require the use of a lower test temperature.			

Annex A (informative)

Determination of the cable conductor temperature

A.1 Purpose

For some tests, it is necessary to raise the cable conductor to a given temperature, typically 5 °C to 10 °C above the maximum temperature in normal operation, while the cable is energized, either at power frequency or under impulse conditions. It is therefore not possible to have access to the conductor to enable direct measurement of temperature.

In addition, the conductor temperature should be maintained within a restricted range (5 °C) whereas the ambient temperature may vary over a wider range.

Although preliminary calibration on the cable under test or calculations may be satisfactory in the first place, the variation of ambient conditions throughout the duration of the test may lead to deviations of the temperature of the conductor outside range.

Therefore, methods should be used in which the conductor temperature can be monitored and controlled throughout the duration of the test.

Guidance is given hereafter on commonly used methods.

A.2 Calibration of the temperature of the main test loop

The purpose of the calibration is to determine the conductor temperature by direct measurement for a given current, within the temperature range required for the test.

The cable used for calibration (hereafter called reference cable) should be identical to that to be used for the main test loop.

A.2.1 Installation of cable and thermocouples

The calibration should be performed on a minimum cable length of 5 m, taken from the same cable as tested. The length should be such that the longitudinal heat transfer to the cable ends does not affect the temperature in the centre 2 m of cable by more than 1 °C.

At the middle of the reference cable, two thermocouples should be attached: one on the conductor (TC_{1c}), and one on the external surface or directly under the external surface (TC_{1s}).

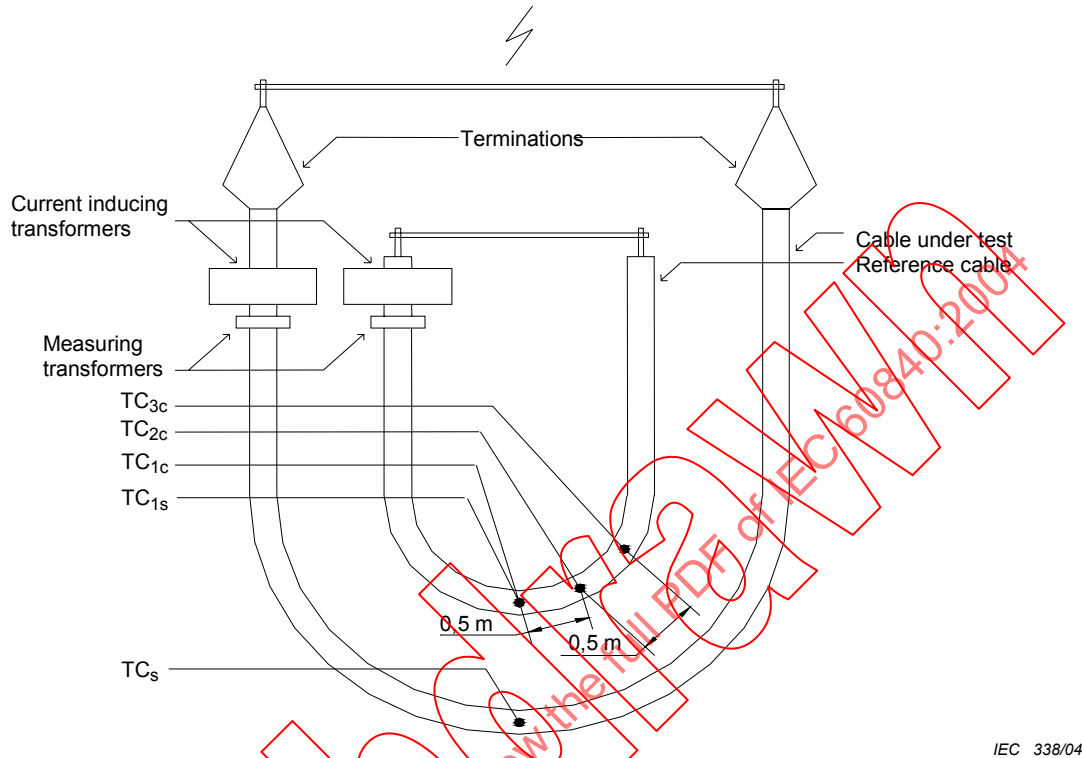
Two other thermocouples, TC_{2c} and TC_{3c} , should be installed on the conductor of the reference cable (see Figure A.1): one about 0,50 m away from the middle and the other about 1 m away from the middle.

The thermocouples should be attached to the conductor by mechanical means since they may move due to vibrations of the cable during heating. It is recommended to mount the thermocouples as shown in Figure A.2.

NOTE 1 Care should be taken to prevent heat transfer along the thermocouples.

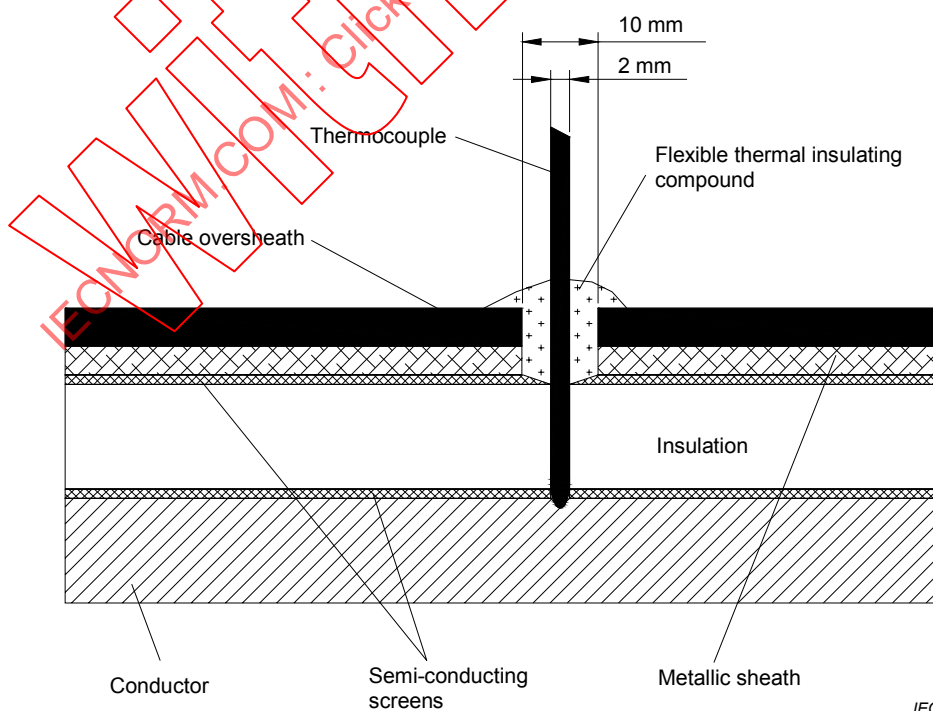
NOTE 2 To prove a negligible heat transfer towards the cable ends, the difference between the three readings should be less than 2 °C.

If the actual main test loop includes several individual cable lengths installed close to each other, these lengths will be subjected to thermal proximity effect. The calibration should therefore be carried out taking into account the actual test arrangement, measurements being performed on the hottest cable length (usually the middle length).



IEC 338/04

Figure A.1 – Typical test set-up for the reference loop and the main test loop



IEC 339/04

Figure A.2 – Arrangement of the thermocouples on the conductor of the reference loop

A.2.2 Calibration method

The calibration should be carried out in a draught-free situation at a temperature of $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Temperature recorders should be used to measure the conductor, oversheath and ambient temperatures simultaneously.

The cable should be heated until the conductor temperatures, indicated by thermocouples TC_{1c} , TC_{2c} and TC_{3c} of Figure A.1, have stabilised and reached the following temperatures: between $5 ^\circ\text{C}$ and $10 ^\circ\text{C}$ above the maximum conductor temperature of the cable in normal operation, as given in Table 1.

When stabilisation has been reached, the following should be noted:

- conductor temperature: average value at positions 1, 2 and 3;
- oversheath temperature at position 1;
- ambient temperature;
- heating current.

A.3 Heating for the test

A.3.1 Method 1: test using a reference cable

In this method, a reference cable identical to the cable used for the test is heated with the same current value as the main test loop.

The installation of cable and thermocouples for both loops should be as given in A.2.

The test arrangement should be such that

- the reference cable carries the same current as the main test loop at any time;
- it is installed in such a way that mutual heating effects are taken into account throughout the test.

The heating current of both loops should be adjusted such that the conductor temperature is kept within the specified limits.

A thermocouple (TC_s) should be mounted on or under the external surface of the main test loop at the hottest spot, usually in the middle of it, in the same way as thermocouple TC_{1s} is mounted on the hottest spot of the reference cable.

NOTE 1 The temperature measured with the thermocouples on or under the oversheath of the main test loop (TC_s) and on the reference loop (TC_{1s}) are used to check whether the oversheath of both loops has the same temperature.

The temperature measured with thermocouple TC_{1c} on the conductor of the reference loop may be considered as to be representative for the conductor temperature of the energised test loop.

NOTE 2 The temperature of the conductor of the main test loop may be slightly higher than that of the reference loop because of dielectric losses. If necessary, a correction should be made.

All thermocouples should be connected to a recorder to enable temperature monitoring. The heating current of each loop should also be recorded to prove that the two currents are of the same value throughout the duration of the test. The difference between the heating currents should be kept within $\pm 1 \%$.

The reference cable may be connected in series with the test cable if the temperature is measured via an optical fibre link or equivalent.

A.3.2 Method 2: test using conductor temperature calculations and measurement of the surface temperature

A.3.2.1 Calibration of the test cable conductor temperature

The purpose of the calibration is to determine the conductor temperature by direct measurement for a given current, within the temperature range required for the test.

The cable used for calibration should be identical to that to be used for the test, and the way of heating should be identical.

The installation of cable and thermocouples for the calibration should be as given in clause A.2.

The calibration should be carried out in accordance with A.2.2 for the reference cable.

A.3.2.2 Test based on measurement of the external temperature

During calibration and during the test of the main loop, the cable conductor temperature of the main test loop should be calculated in accordance with either IEC 60287 or IEC 60853-2, based on the measured external temperature of the oversheath (TC_s). The measurement should be done with a thermocouple at the hottest spot, attached to or under the external surface, in the same way as for the reference cable.

The heating current should be adjusted to obtain the required value of the calculated conductor temperature, based on the measured external temperature of the oversheath.

Annex B (normative)

Rounding of numbers

When values are to be rounded to a specified number of decimal places, for example in calculating an average value from several measurements or in deriving a minimum value by applying a percentage tolerance to a given nominal value, the procedure shall be as follows.

If the figure in the last place to be retained is followed, before rounding, by 0, 1, 2, 3 or 4, it shall remain unchanged (rounding down).

If the figure in the last place 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
2,453	≈	2,45	rounded to two decimal places
2,453	≈	2,5	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

Annex C (informative)

Summary of type tests of cable systems, of cables and of accessories

Type tests of cable systems, of cables and of accessories are covered by Clauses 12, 13 and 14 respectively.

Table C.1 gives a summary and references for type testing of cable systems, of cables and of accessories.

Table C.1 – Type tests on cable systems, on cables and on accessories

Item	Test	Clauses		
		Cable systems	Cables	Accessories
a	Range of type approval	12.1	13.1	14.1
b	Electrical type tests	12.3	13.3	14.3
c	Test voltage values	12.3.1	12.3.1	12.3.1
d	Bending test Partial discharge test at ambient temperature	12.3.3 12.3.4	12.3.3 12.3.4	- 12.3.4
e	Tan δ measurement	12.3.5	12.3.5	-
f	Heating cycle voltage test	12.3.6	12.3.6	12.3.6
g	Partial discharge test at high temperature	12.3.4	-	12.3.4
	Partial discharge test at ambient temperature (after final cycle or after lightning impulse voltage test in item i)	12.3.4	12.3.4	12.3.4
h	Lightning impulse voltage test followed by power frequency voltage test	12.3.7	12.3.7	12.3.7
i	Partial discharge test at high temperature (if not carried out after item f above)	12.3.4	-	12.3.4
	Partial discharge test at ambient temperature (if not carried out after item f above)	12.3.4	12.3.4	12.3.4
j	Tests of outer protection of buried joints	Annex H	-	Annex H
k	Examination	12.3.8	12.3.8	12.3.8.1
l	Resistivity of semi-conducting screens	12.3.9	12.3.9	-
m	Non-electrical type tests on cable components and on completed cable	12.4	12.4	-

Annex D (normative)

Method of measuring resistivity of semi-conducting screens

Each test piece shall be prepared from a 150 mm sample of completed cable.

The conductor screen test piece shall be prepared by cutting a sample of core in half longitudinally and removing the conductor and separator, if any (see Figure D.1a). The insulation screen test piece shall be prepared by removing all the coverings from a sample of core (see Figure D.1b).

The procedure for determining the volume resistivity of the screens shall be as follows.

Four silver-painted electrodes A, B, C and D (see Figures D.1a and D.1b) shall be applied to the semi-conducting surfaces. The two potential electrodes, B and C, shall be 50 mm apart and the two current electrodes, A and D, shall be each placed at least 25 mm beyond the potential electrodes.

Connections shall be made to the electrodes by means of suitable clips. In making connections to the conductor screen electrodes, it shall be ensured that the clips are insulated from the insulation screen on the outer surface of the test sample.

The assembly shall be placed in an oven preheated to the specified temperature and, after an interval of at least 30 min, the resistance between the electrodes shall be measured by means of a circuit, the power of which shall not exceed 100 mW.

After the electrical measurements, the diameters over the conductor screen and insulation and the thickness of the conductor screen and insulation screen shall be measured at ambient temperature, each being the average of six measurements made on the sample shown in Figure D.1b.

The volume resistivity ρ in ohm metres shall be calculated as follows:

Conductor screen

$$\rho_c = \frac{R_c \times \pi \times (D_c - T_c) \times T_c}{2L_c}$$

where

ρ_c is the volume resistivity, in ohm metres;

R_c is the measured resistance, in ohms;

L_c is the distance between potential electrodes, in metres;

D_c is the diameter over the conductor screen, in metres;

T_c is the average thickness of conductor screen, in metres.

Insulation screen

$$\rho_i = \frac{R_i \times \pi \times (D_i - T_i) \times T_i}{L_i}$$

where

ρ_i is the volume resistivity, in ohm metres;

R_i is the measured resistance, in ohms;

L_i is the distance between potential electrodes, in metres;

D_i is the diameter over the insulation screen, in metres;

T_i is the average thickness of insulation screen, in metres.

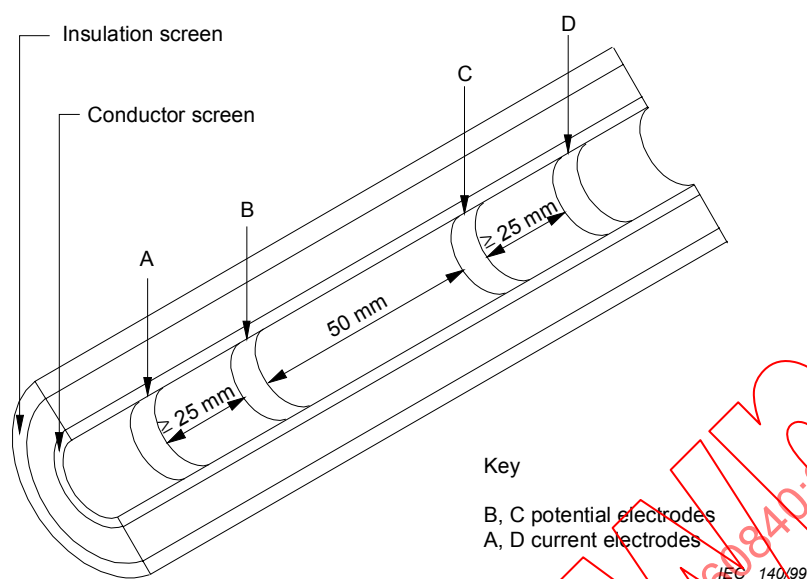


Figure D.1a – Measurement of the volume resistivity of the conductor screen

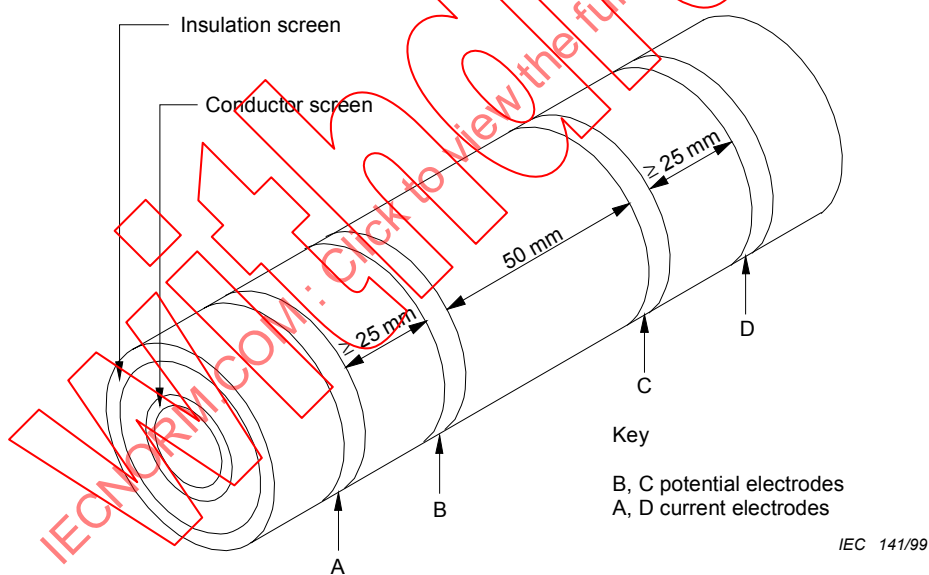


Figure D.1b – Measurement of the volume resistivity of the insulation screen

Figure D.1 – Preparation of samples for measurement of resistivity of conductor and insulation screens

Annex E (normative)

Determination of hardness of HEPR insulations

E.1 Test piece

The test piece shall be a sample of completed cable with all the coverings, external to the HEPR insulation to be measured, carefully removed. Alternatively, a sample of insulated core may be used.

E.2 Test procedure

Tests shall be made in accordance with ISO 48 with exceptions as indicated below.

E.2.1 Surfaces of large radius of curvature

The test instrument, in accordance with ISO 48, shall be constructed so as to rest firmly on the HEPR insulation and permit the presser foot and indenter to make vertical contact with this surface. This is done in one of the following ways:

- a) the instrument is fitted with feet moveable in universal joints so that they adjust themselves to the curved surface;
- b) the base of the instrument is fitted with two parallel rods A and A' at a distance apart depending on the curvature of the surface (see Figure E.1).

These methods may be used on surfaces with radius of curvature down to 20 mm.

When the thickness of HEPR insulation tested is less than 4 mm, an instrument as described in the method in ISO 48 for thin and small test pieces shall be used.

E.2.2 Surfaces of small radius of curvature

On surfaces with too small a radius of curvature for the procedures described in E.2.1, the test piece shall be supported on the same rigid base as the test instrument, in such a way as to minimize bodily movement of the HEPR insulation when the indenting force increment is applied to the indenter and so that the indenter is vertically above the axis of the test piece. Suitable procedures are as follows:

- a) by resting the test piece in a groove or trough in a metal jig (see Figure E.2a);
- b) by resting the ends of the conductor of the test piece in V-blocks (see Figure E.2b).

The smallest radius of curvature of the surface to be measured by these methods shall be at least 4 mm.

For smaller radii, an instrument as described in the method in ISO 48 for thin and small test pieces shall be used.

E.2.3 Conditioning and test temperature

The minimum time between manufacture i.e. vulcanisation and testing shall be 16 h.

The test shall be carried out at a temperature of $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ and the test pieces shall be maintained at this temperature for at least 3 h immediately before testing.

E.2.4 Number of measurements

One measurement shall be made at each of three or five different points distributed around the test piece. The median of the results shall be taken as the hardness of the test piece, reported to the nearest whole number in international rubber hardness degrees (IRHD).

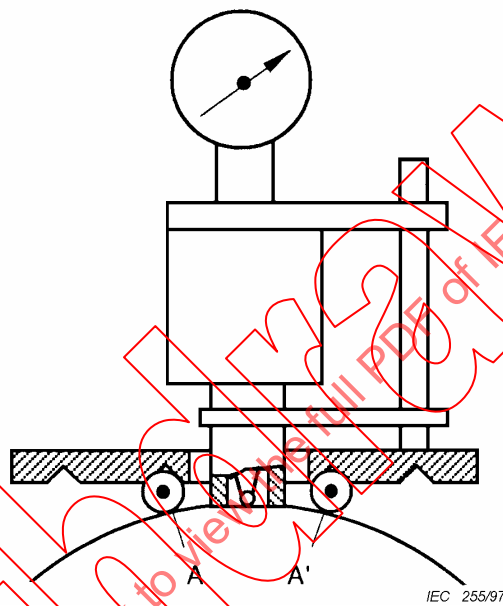


Figure E.1 – Test on surfaces of large radius of curvature

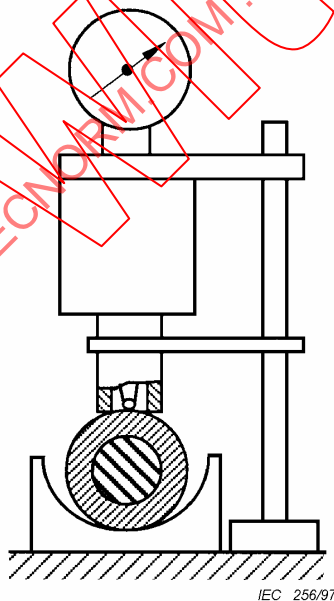


Figure E.2a – Test piece in groove

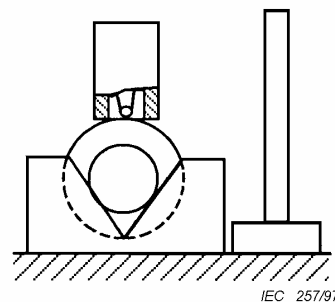


Figure E.2b – Test piece in V-blocks

Figure E.2 – Test on surfaces of small radius of curvature

Annex F (normative)

Water penetration test

F.1 Test piece

A sample of completed cable at least 6 m in length which has not previously been subjected to any of the tests described in 12.3 or 13.3 shall be subjected to the bending test described in 12.3.3.

A 6 m length of cable shall be cut from the length which has been subjected to the bending test and placed horizontally. A ring approximately 50 mm wide shall be removed from the centre of the length. This ring shall comprise all the layers external to the insulation screen. Where the conductor is also claimed to contain a longitudinal water barrier, the ring shall comprise all layers external to the conductor.

If the cable contains intermittent barriers to longitudinal water penetration, then the sample shall contain at least two of these barriers, the ring being removed from between the barriers. In this case, the average distance between the barriers in such cables should be known.

The surfaces shall be cut so that the interfaces intended to be longitudinally watertight shall be readily exposed to water. The interfaces not intended to be longitudinally watertight – e.g. the interface between the oversheath and the metallic sheath or if the cable design incorporates a conductor barrier only – shall be sealed with a suitable material or the outer coverings removed.

Arrange a suitable device (see Figure F.1) to allow a tube having a diameter of at least 10 mm to be placed vertically over the exposed ring and sealed to the surface of the oversheath. The seals where the cable exits the apparatus shall not exert mechanical stress on the cable.

NOTE The response of certain barriers to longitudinal penetration can be dependent on the composition of the water (e.g. pH, ion concentration).

F.2 Test

The tube shall be filled within 5 min with tap water at a temperature of $(20 \pm 10) ^\circ\text{C}$ so that the height of the water in the tube is 1 m above the cable centre (see Figure F.1).

The sample shall be allowed to stand for 24 h.

The sample shall then be subjected to 10 heating cycles. The conductor shall be heated by a suitable method until it has reached a steady temperature $5 ^\circ\text{C}$ to $10 ^\circ\text{C}$ above the maximum conductor temperature in normal operation; it shall not, however, reach the boiling point of water.

The heating shall be applied for at least 8 h. The conductor temperature shall be maintained within the stated temperature limits for at least 2 h of each heating period. This shall be followed by at least 16 h of natural cooling.

The water head shall be maintained at 1 m.

NOTE No voltage being applied throughout the test, it is advisable to connect a dummy cable in series with the cable to be tested, the temperature being measured directly on the conductor of this cable.

F.3 Requirements

During the period of testing, no water shall emerge from the ends of the test piece.

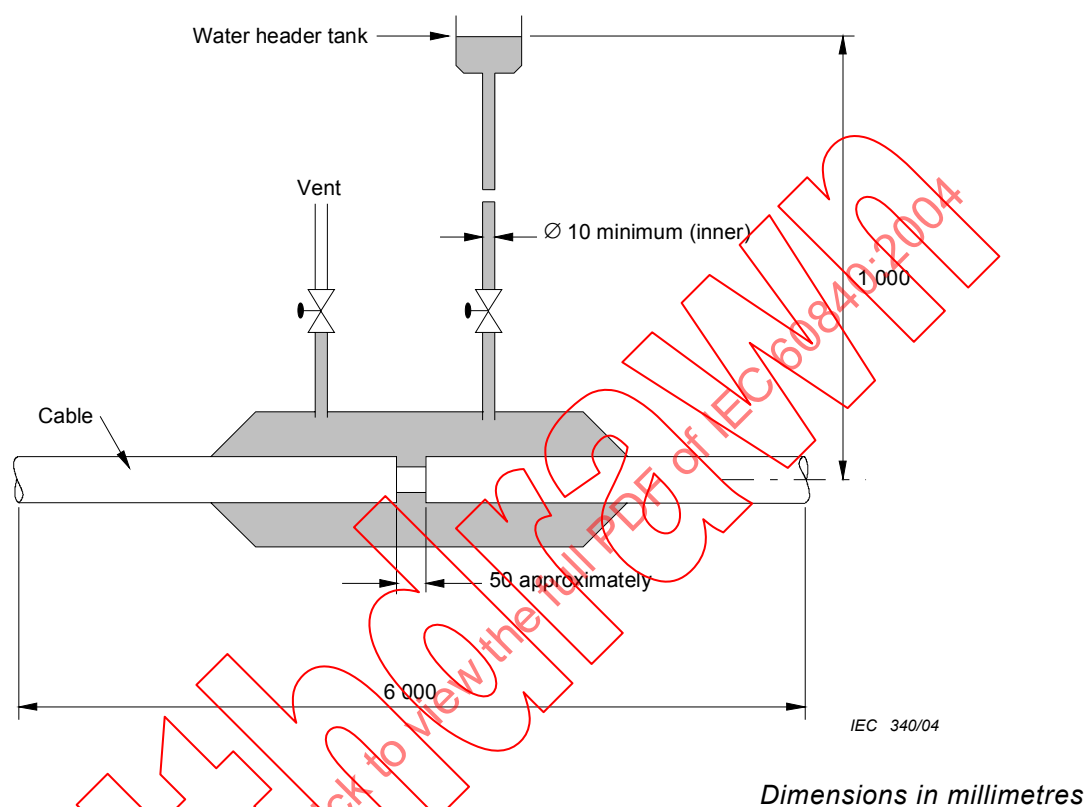


Figure F.1 – Schematic diagram of apparatus for water penetration test

Annex G (normative)

Tests on components of cables with a longitudinally applied metal foil

G.1 Visual inspection

The cable shall be dissected and visually examined. Examination of the samples with normal or corrected vision without magnification shall reveal no cracks or separation of the metal foil of laminated protective coverings or damage to other parts of the cable.

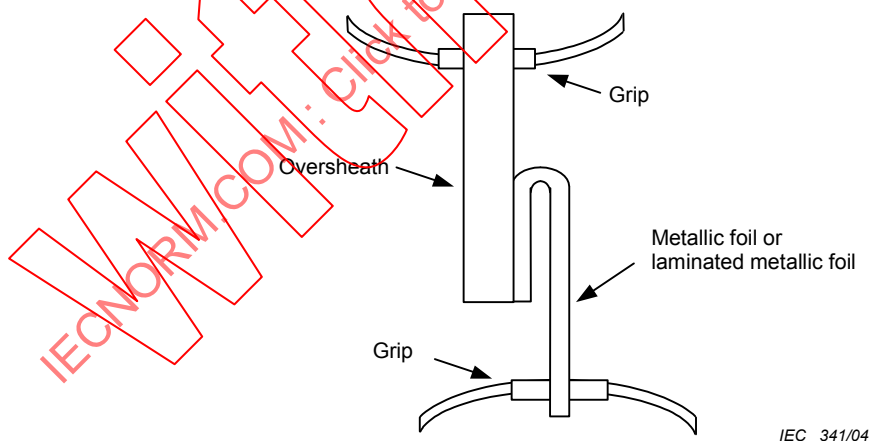
G.2 Adhesion strength of metallic foil

G.2.1 Procedure

The test specimen shall be taken from the cable covering where the metal foil is adhered to the oversheath.

The length and width of the test specimen shall be 200 mm and 10 mm respectively.

One end of the test specimen shall be peeled between 50 mm and 120 mm and inserted in a tensile testing machine by clamping the free end of the oversheath or the insulation screen in one grip. The free end of the metallic foil shall be turned back and clamped in the other grip as shown in Figure G.1.



IEC 341/04

Figure G.1 – Adhesion of metal foil

The specimen shall be maintained approximately vertical in the plane of the grips during the test by holding the specimen.

After adjusting the continuous recording device, the separating member shall be stripped from the specimen at an angle of approximately 180° and the separation continued for a sufficient distance to indicate the adhesion strength value. At least one half of the remaining bonded area shall be peeled with a speed of approximately 50 mm/min.

G.2.2 Requirements

The adhesion strength shall then be calculated by dividing the peel force, in newtons, by the width of the specimen, in millimetres. At least five specimens shall be submitted to the test and the minimum value of the adhesion strength shall not be less than 0,5 N/mm.

NOTE When the adhesion strength is greater than the tensile strength of the metal foil so that the latter breaks before peeling, the test should be terminated and the break point should be recorded.

G.3 Peel strength of overlapped metal foil

G.3.1 Procedure

A sample specimen 200 mm in length shall be taken from the cable including the overlapped portion of the metal foil. The test specimen shall be prepared by cutting only the overlapped portion from this sample as shown in Figure G.2.

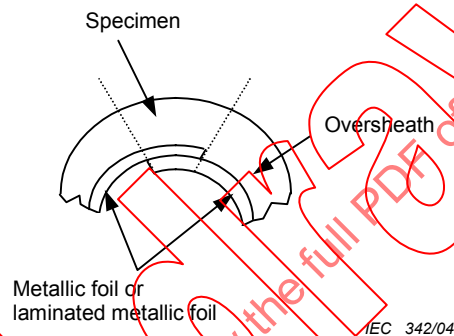


Figure G.2 – Example of overlapped metal foil

The test shall be conducted in the same manner as described in G.2. The arrangement of the test specimen is shown in Figure G.3.

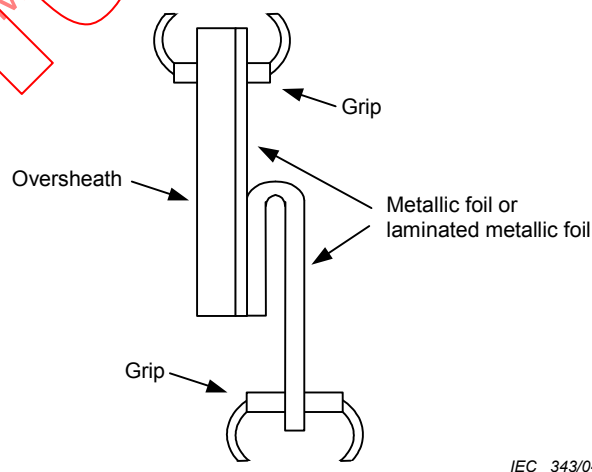


Figure G.3 – Peel strength of overlapped metal foil

G.3.2 Requirements

The minimum value of the peel strength shall not be less than 0,5 N/mm.

NOTE When the peel strength is greater than the tensile strength of the metal foil so that the latter breaks before peeling, the test should be terminated and the break point should be recorded.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60840:2004

Annex H (normative)

Tests of outer protection for buried joints

H.1 Scope

This annex specifies the procedure to be adopted for type approval testing of joint outer protection of all types, used in buried joints or sheath interrupters employed on insulated sheath power cable systems and, where employed, the associated sheath sectionalising insulation with screen interruption.

H.2 Range of approval

Where approval is required for joint outer protection embodying entries for items such as bonding leads, the outer protection tested shall include these design features.

A successful test on the joint outer protection for a sheath sectionalising insulation accessory for the smallest and largest diameters of completed cable for which approval is being sought will give approval to such protection for a similar accessory without sheath sectionalising insulation, but not the converse.

Where approval is granted for a design of joint outer protection, then all joint outer protections offered by the same manufacturer, embodying the same basic design principles, employing the same materials and within the diameter range tested, at equal or lower test voltages, shall be deemed to be approved.

The tests in H.3 and H.4 shall be applied successively to a joint which has passed the heating cycle voltage test (see 12.3.6) or to a separate joint which has undergone at least three thermal cycles without voltage, as specified in 12.3.2, item g).

H.3 Water immersion and heat cycling

The test assembly shall be immersed in water to a depth of not less than 1 m at the highest point of the outer protection. Where desired, this may be achieved by using a header tank connected to a sealed-off vessel containing the test assembly.

A total of 20 heating/cooling cycles shall be applied by raising the water temperature to within 15 °C to 20 °C below the maximum temperature of the cable conductor in normal operation. In each cycle the water shall be raised to the specified temperature, maintained at that level for at least 5 h and then be permitted to cool to within 10 °C above ambient temperature. The test temperature may be achieved by diluting the water with water of higher or lower temperature.

H.4 Voltage tests

On completion of the heating cycles and with the test assembly still immersed, voltage tests shall be carried out as follows.

H.4.1 Assemblies embodying accessories without sheath sectionalising insulation

A test voltage of 20 kV d.c. shall be applied for 1 min between the metallic screen/sheath of the power cable and the earthed exterior of the joint outer protection.

H.4.2 Assemblies embodying sheath sectionalising insulation

H.4.2.1 DC voltage tests

A test voltage of 20 kV d.c. shall be applied for 1 min between the metallic screens/sheaths of the power cable, at either end of the accessory, and also between the metallic screens/sheaths and the earthed exterior of the joint outer protection.

H.4.2.2 Impulse voltage tests

To test each part to earth, a test voltage in accordance with Table H.1 shall be applied between the metallic screens/sheaths and the exterior of the assembly whilst immersed. If it is not practicable to carry out the impulse test on the assembly whilst immersed, it may be removed from the water and impulse tested with a minimum of delay or it may be maintained wet by wrapping with a wet fabric, or a conductive coating may be applied over the entire exterior surface of the test assembly. For the test between the metallic screens/sheaths, the assembly shall be removed from the water before the impulse test.

The testing procedure shall be performed in accordance with IEC 60230, the joint being at ambient temperature.

Table H.1 – Impulse voltage tests

Rated lightning impulse voltage for main insulation ¹⁾ kV	Impulse level			
	Between parts		Each part to earth	
	Bonding leads ≤3 m kV	Bonding leads >3 m and ≤10 m ²⁾ kV	Bonding leads ≤3 m kV	Bonding leads >3 m and ≤10 m ²⁾ kV
250 to 325	60	60	30	30
>325 to 750	60	75	30	37,5
¹⁾ See Table 4, column 8. ²⁾ If sheath voltage limiters are placed adjacent to the joint, the voltages for bonding leads ≤3 m are used.				

No breakdown shall occur during any of the above tests.

H.5 Examination of test assembly

On completion of the tests described in H.4, the test assembly shall be examined.

For joint outer protection boxes filled with removable compounds, these shall be regarded as satisfactory if there is no visible evidence of either internal voids or internal displacement of compound by water ingress, or of compound loss via the various seals or box walls.

For joint outer protections employing alternative designs and materials, there shall be no evidence of water ingress or internal corrosion.

Bibliography

IEC 60287 (all parts), *Electric cables – Calculation of the current rating*

IEC 60853-2, *Calculation of the cyclic and emergency current rating of cables – Part 2: Cyclic rating of cables greater than 18/30 (36) kV and emergency ratings for cables of all voltages*

IEC 61443, *Short-circuit temperature limits of electric cables with rated voltages above 30 kV ($U_m = 36$ kV)*

Guide to the protection of specially bonded cable systems against sheath overvoltages, Electra No128, January 1990, pp 46-62

Guidelines for tests on high voltage cables with extruded insulation and laminated protective coverings, Electra No141, April 1992, pp 53-61

CIGRE Technical Brochure: *Accessories for HV extruded cables*, Electra No157, December 1994, pp 84-89

After laying tests on high voltage extruded insulation cable systems, Electra No173, August 1997, pp 32-41

Experiences with AC tests after installation on the main insulation of polymeric (E)HV cable systems, Electra No205, December 2002, pp 26-36

IEC NORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60840:2004

Withdawn

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	61
INTRODUCTION	63
1 Domaine d'application	64
2 Références normatives	64
3 Définitions	65
3.1 Définitions de valeurs dimensionnelles (épaisseurs, sections, etc.)	65
3.2 Définitions relatives aux essais	65
4 Désignations des tensions et des matériaux	66
4.1 Tensions assignées	66
4.2 Mélanges isolants pour câbles	66
4.3 Mélanges pour gaines extérieures de câbles	66
5 Précautions contre l'entrée d'eau dans les câbles	67
6 Caractéristiques du câble	67
7 Caractéristiques des accessoires	67
8 Conditions d'essai	68
8.1 Température ambiante	68
8.2 Fréquence et forme d'onde des tensions d'essai à fréquence industrielle	68
8.3 Forme d'onde des tensions d'essai en choc de foudre	68
8.4 Relations entre tensions d'essai et tensions assignées	68
8.5 Détermination de la température de l'âme du câble	68
9 Essais individuels des câbles et de l'isolation principale des accessoires préfabriqués	69
9.1 Généralités	69
9.2 Essai de décharges partielles	69
9.3 Essai de tension	69
9.4 Essai électrique sur la gaine extérieure du câble	70
10 Essais sur prélèvements des câbles	70
10.1 Généralités	70
10.2 Fréquence des essais	70
10.3 Répétition des essais	70
10.4 Examen de l'âme	70
10.5 Mesure de la résistance électrique de l'âme et de l'écran métallique	70
10.6 Mesure de l'épaisseur de l'enveloppe isolante et de celle de la gaine extérieure du câble	71
10.7 Mesure de l'épaisseur de la gaine métallique	72
10.8 Mesure des diamètres	73
10.9 Essai d'allongement à chaud des enveloppes isolantes en PR, en EPR et en HEPR	73
10.10 Mesure de la capacité	73
10.11 Mesure de la masse volumique des enveloppes isolantes en PEHD	73
11 Essais sur prélèvements des accessoires	73
11.1 Essais des composants	73
11.2 Essais sur accessoires complets	73
12 Essais de type des systèmes de câbles	74
12.1 Etendue de l'acceptation de type	74
12.2 Résumé des essais de type	75
12.3 Essais électriques sur systèmes de câble complet	75
12.4 Essais de type non électriques sur les constituants du câble et sur câble complet ..	79

13	Essai de type des câbles	84
13.1	Etendue de l'acceptation de l'essai de type	84
13.2	Résumé des essais de type	85
13.3	Essai de type sur câble complet.....	85
14	Essais de type des accessoires	86
14.1	Etendue de l'acceptation de l'essai de type	86
14.2	Résumé des essais de type	86
14.3	Essais de type électriques des accessoires.....	87
15	Essais électriques après pose.....	88
15.1	Essai sous tension continue de la gaine extérieure.....	88
15.2	Essai sous tension alternative de l'enveloppe isolante.....	88
	Annexe A (informative) Détermination de la température de l'âme du câble	95
	Annexe B (normative) Arrondissement des nombres.....	99
	Annexe C (informative) Résumé des essais de type des systèmes de câbles, des câbles et des accessoires	100
	Annexe D (normative) Méthode de mesure de la résistivité des écrans semi-conducteurs	101
	Annexe E (normative) Détermination de la dureté des enveloppes isolantes en HEPR	103
	Annexe F (normative) Essai de pénétration d'eau.....	105
	Annexe G (normative) Essais des composants de câbles comportant un écran de protection laminé.....	107
	Annexe H (normative) Essais de la protection externe des jonctions enterrées.....	110
	Bibliographie.....	112
	Figure A.1 – Montage typique de la boucle de référence et de la boucle principale d'essai	96
	Figure A.2 – Mise en place des thermocouples sur l'âme de la boucle de référence	96
	Figure D.1 – Préparation des échantillons pour la mesure de la résistivité des écrans sur âme et sur enveloppe isolante	102
	Figure E.1 – Essai des surfaces de grands rayons de courbure	104
	Figure E.2 – Essai des surfaces de petit rayon de courbure	104
	Figure F.1 – Schéma de principe de l'appareillage pour l'essai de pénétration d'eau	106
	Figure G.1 – Adhérence de la bande métallique.....	107
	Figure G.2 – Exemple de bande métallique avec recouvrement	108
	Figure G.3 – Force de décollement au recouvrement de la bande métallique	108
	Tableau 1 – Mélanges isolants pour câbles	88
	Tableau 2 – Mélanges de gaines extérieures pour câbles	89
	Tableau 3 – Exigences pour $\tan \delta$ pour les mélanges isolants pour câbles	89
	Tableau 4 – Tensions d'essai	89
	Tableau 5 – Essais de type non électriques pour mélanges pour enveloppes isolantes et pour gaines extérieures de câbles	90
	Tableau 6 – Exigences d'essai pour les caractéristiques mécaniques des mélanges pour enveloppes isolantes de câbles (avant et après vieillissement)	91

Tableau 7 – Exigences d'essai pour les caractéristiques mécaniques des mélanges de gaine extérieure de câbles (avant et après vieillissement).....	92
Tableau 8 – Exigences d'essai pour les caractéristiques particulières des mélanges pour enveloppes isolantes de câbles	93
Tableau 9 – Exigences d'essai pour les caractéristiques particulières des mélanges à base de PVC pour gaines extérieures de câbles	94
Tableau C.1 – Essais de type des systèmes de câbles, des câbles et des accessoires	100
Tableau H.1 – Essais aux ondes de choc	111

IEC NORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60840:2004

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CÂBLES D'ÉNERGIE À ISOLATION EXTRUDÉE ET LEURS ACCESSOIRES
POUR DES TENSIONS ASSIGNÉES SUPÉRIEURES À 30 kV ($U_m = 36$ kV)
ET JUSQU'À 150 kV ($U_m = 170$ kV) –
MÉTHODES ET EXIGENCES D'ESSAI**

AVANT-PROPOS

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

La Norme Internationale CEI 60840 a été établie par le comité d'études 20 de la CEI: Câbles électriques.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 1999 et constitue une révision technique.

Les modifications principales par rapport à l'édition précédente sont décrites dans l'introduction de cette édition.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
20/684/FDIS	20/692/RVD

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

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

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2008. A cette date, la publication sera

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60840:2004

INTRODUCTION

Ce document est une révision majeure de la CEI 60840, deuxième édition, publiée en février 1999.

Pendant la préparation de la deuxième édition, de nombreux commentaires de principe ont été émis sur les documents CD et CDV et, lors de sa réunion en février 1998, l'ancien SC20A du TC 20 décida que ces commentaires devaient être la base d'une révision majeure de la CEI 60840 dans le cadre du cycle de maintenance de la norme. De plus, lors de la préparation de la nouvelle CEI 62067 qui couvre les systèmes de câbles d'énergie pour des tensions assignées supérieures à 150 kV et jusqu'à 500 kV, il s'est avéré que de nombreux commentaires pouvaient aussi être appliqués à la CEI 60840. Tous ces commentaires ont été pris en compte lors de la préparation de cette troisième édition.

De plus, il a été tenu compte des aspects suivants.

La première édition de la CEI 60840 publiée en 1988 traitait seulement des câbles. Les accessoires furent ajoutés à la deuxième édition, publiée en février 1999, qui couvrait séparément les méthodes d'essais et les exigences d'essais pour

- a) les câbles seuls;
- b) les câbles avec les accessoires (système de câbles).

Certains pays ont suggéré qu'une meilleure distinction devrait être faite entre système, câbles, et accessoires, plus particulièrement pour les tensions les plus basses du domaine d'application, par exemple 45 kV. Cela a été pris en considération dans cette révision, qui donne les exigences d'acceptation de type et l'étendue de celle-ci pour

- a) les systèmes de câble,
- b) les câbles seuls,
- c) les accessoires seuls.

Les fabricants et utilisateurs sont invités à choisir l'option la plus appropriée pour l'acceptation de type.

Pendant la réunion du TC 20 à Stockholm en septembre 2000, il avait été convenu que le WG 16 prenne en considération les indications du CIGRE pour les câbles comportant un écran laminé posé en long, publiées dans Electra n°141 en avril 1992. Le WG16 a rempli cette tâche et, suite à une étude de l'expérience acquise avec de tels câbles, a conclu qu'une partie seulement de ce guide serait introduite dans la présente norme en tant qu'annexe normative.

Le travail récent du CIGRE concernant les essais après pose sur des câbles à isolation extrudée à haute tension a été pris en compte. Des recommandations CIGRE avaient été publiées dans Electra n°173 en août 1997. Elles recommandent, entre autres, que les essais sous tension continue soient évités sur l'isolation principale car ils sont à la fois inefficaces et dangereux. Par contre, les essais sous tension continue sont recommandés sur les gaines extérieures.

Une liste des références CIGRE appropriées est donnée dans la bibliographie.

CÂBLES D'ÉNERGIE À ISOLATION EXTRUDÉE ET LEURS ACCESSOIRES POUR DES TENSIONS ASSIGNÉES SUPÉRIEURES À 30 kV ($U_m = 36$ kV) ET JUSQU'À 150 kV ($U_m = 170$ kV) – MÉTHODES ET EXIGENCES D'ESSAI

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les exigences et méthodes d'essai applicables aux systèmes de câbles d'énergie pour installations fixes, pour des tensions assignées supérieures à 30 kV ($U_m = 36$ kV) et jusqu'à 150 kV ($U_m = 170$ kV) compris. Elle couvre aussi séparément câbles et accessoires.

Les exigences sont applicables aux câbles unipolaires, aux câbles tripolaires à écran individuel et à leurs accessoires, pour des conditions habituelles d'installation et de fonctionnement, mais ne le sont pas à des câbles spéciaux et à leurs accessoires, comme les câbles sous-marins, pour lesquels il peut être nécessaire d'apporter des modifications aux essais normaux ou d'élaborer des conditions d'essai particulières.

Les jonctions assurant le raccordement des câbles à isolant extrudé aux câbles isolés au papier ne sont pas couvertes par la présente norme.

2 Références normatives

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

CEI 60060-1:1989, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 60183:1984, *Guide pour le choix des câbles à haute tension*

CEI 60228:1978, *Âmes des câbles isolés*

CEI 60229:1982, *Essais sur les gaines extérieures des câbles, qui ont une fonction spéciale de protection et sont appliquées par extrusion*

CEI 60230:1966, *Essais de choc des câbles et de leurs accessoires*

CEI 60287-1-1:1994, *Câbles électriques – Calcul du courant admissible – Partie 1: Equations de l'intensité du courant admissible (facteur de charge 100 %) et calcul des pertes – Section 1: Généralités*

CEI 60332-1:1993, *Essais des câbles électriques soumis au feu – Partie 1: Essais sur un conducteur ou câble isolé vertical*

CEI 60811-1-1:1993, *Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques – Partie 1: Méthodes d'application générale – Section 1: Mesure des épaisseurs et des dimensions extérieures – Détermination des propriétés mécaniques*

CEI 60811-1-2:1985, *Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques – Partie 1: Méthodes d'application générale – Section 2: Méthodes de vieillissement thermique*

CEI 60811-1-3:1993, *Matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques – Méthodes d'essais communes – Partie 1: Application générale – Section 3: Méthodes de détermination de la masse volumique – Essais d'absorption d'eau – Essai de rétraction*

CEI 60811-1-4:1985, *Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques – Partie 1: Méthodes d'application générale – Section 4: Essais à basse température*

CEI 60811-2-1:1998, *Matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques et optiques – Méthodes d'essais communes – Partie 2-1: Méthodes spécifiques pour les mélanges élastomères – Essais relatifs à la résistance à l'ozone, à l'allongement à chaud et à la résistance à l'huile*

CEI 60811-3-1:1985, *Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques – Partie 3: Méthodes spécifiques pour les mélanges PVC – Section 1: Essais de pression à température élevée – Essais de résistance à la fissuration*

CEI 60811-3-2:1985, *Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques – Partie 3: Méthodes spécifiques pour les mélanges PVC – Section 2: Essai de perte de masse – Essai de stabilité thermique*

CEI 60811-4-1:1985, *Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques – Partie 4: Méthodes spécifiques pour les mélanges polyéthylène et polypropylène – Section 1: Résistance aux craquelures sous contraintes dues à l'environnement – Essai d'enroulement après vieillissement thermique dans l'air – Mesure de l'indice de fluidité à chaud – Mesure dans le PE du taux de noir de carbone et/ou des charges minérales*

CEI 60885-3:1988, *Méthodes d'essais électriques pour les câbles électriques – Partie 3: Méthodes d'essais pour mesures de décharges partielles sur longueurs de câbles de puissance extrudés*

ISO 48:1994, *Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique – Détermination de la dureté (dureté comprise entre 10 DIDS et 100 DIDS)*

3 Définitions

Pour les besoins du présent document, les définitions suivantes s'appliquent.

3.1 Définitions de valeurs dimensionnelles (épaisseurs, sections, etc.)

3.1.1

valeur nominale

valeur par laquelle une grandeur est dénommée et qui est souvent utilisée dans les tableaux

NOTE Régulièrement, dans cette norme, les valeurs nominales correspondent à des valeurs qui sont vérifiées par des mesures, tenant compte des tolérances spécifiées.

3.1.2

valeur médiane

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

3.2 Définitions relatives aux essais

3.2.1

essais individuels

essais effectués par le fabricant sur chacun des composants fabriqués (longueur de câble ou accessoire) afin de vérifier qu'il répond aux caractéristiques spécifiées

3.2.2

essais sur prélèvements

essais effectués par le fabricant sur des échantillons de câble complet ou sur des constituants prélevés sur câble complet ou accessoire, à une fréquence spécifiée, afin de vérifier que le produit fini répond aux caractéristiques spécifiées

3.2.3

essais de type

essais effectués avant la livraison sur une base commerciale générale d'un type système de câble, ou câble, ou accessoire, visé par la présente norme, afin de démontrer que ses caractéristiques répondent aux applications prévues. Ces essais sont de telle nature qu'après avoir été effectués avec succès il n'est pas nécessaire de les répéter, à moins que des modifications n'aient été introduites dans les matériaux constituant le câble ou les accessoires, dans leur conception ou dans leur procédé de fabrication, susceptibles d'en modifier les caractéristiques

3.2.4

essais électriques après pose

essais effectués pour vérifier l'intégrité du système de câble après la pose

3.3

système de câble

câble équipé de ses accessoires

3.4

gradient électrique nominal

gradient électrique calculé à U_0 avec les dimensions nominales

4 Désignations des tensions et des matériaux

4.1 Tensions assignées

Dans cette norme, les symboles U_0 , U et U_m sont utilisés pour désigner les tensions assignées des câbles et des accessoires, ces symboles ayant la signification donnée dans la CEI 60183.

4.2 Mélanges isolants pour câbles

La présente norme s'applique aux câbles isolés au moyen des mélanges énumérés dans le Tableau 1. Il spécifie également pour chaque type de mélange isolant les températures maximales de service de l'âme servant de base aux conditions d'essai spécifiées.

4.3 Mélanges pour gaines extérieures de câbles

Les essais sont spécifiés pour quatre types de gaines extérieures comme suit:

- ST_1 et ST_2 à base de PVC;
- ST_3 et ST_7 à base de polyéthylène.

Le choix du type de gaine extérieure dépend de la conception du câble et de ses contraintes mécaniques et thermiques à la pose et en fonctionnement.

Les températures maximales de service de l'âme pour les différents matériaux de gaine prévus par la présente norme sont données dans le Tableau 2.

5 Précautions contre l'entrée d'eau dans les câbles

Lorsque les systèmes de câbles sont installés dans le sol, dans des galeries facilement inondables ou dans l'eau, une barrière d'étanchéité radiale est recommandée.

NOTE Actuellement, il n'existe pas d'essai de pénétration radiale de l'eau.

Des barrières d'étanchéité longitudinale peuvent également être appliquées afin d'éviter le remplacement de grandes longueurs de câble en cas de détérioration en présence d'eau.

Un essai de pénétration longitudinale de l'eau est donné en 12.4.18.

6 Caractéristiques du câble

Dans le but de réaliser et d'enregistrer les résultats des essais sur système de câble, ou câble, décrits dans cette norme, le câble doit être identifié. Les caractéristiques suivantes doivent être connues ou annoncées.

- a) Le nom du fabricant, le type, la désignation et la date de fabrication ou le code de la date.
- b) La tension assignée: les valeurs de U_0 , U , U_m doivent être indiquées (voir 4.1 et 8.4).
- c) Le type d'âme, son matériau constitutif et sa section nominale, exprimée en millimètres carrés. Si la section nominale n'est pas conforme à la CEI 60228, la résistance en courant continu et la construction de l'âme doivent être annoncées. La présence éventuelle et la nature des dispositions prises pour assurer une étanchéité longitudinale.
- d) Le matériau et l'épaisseur nominale de l'enveloppe isolante (voir 4.2). Si l'enveloppe isolante est en PR, la présence d'additifs spéciaux doit être déclarée si la plus forte valeur de $\tan \delta$ selon le Tableau 3 est valable.
- e) Le procédé de fabrication pour le système d'isolation.
- f) La présence éventuelle et la nature des dispositions prises pour assurer l'étanchéité au niveau de l'écran.
- g) Le matériau et la constitution de l'écran métallique, par exemple le nombre et le diamètre des fils. La résistance en courant continu de l'écran métallique. Le matériau, la constitution et l'épaisseur nominale de la gaine métallique ou de l'écran laminé posé en long éventuels.
- h) Le matériau et l'épaisseur nominale de la gaine extérieure.
- i) Le diamètre nominal sur âme (d).
- j) Le diamètre nominal sur câble complet (D).
- k) Le diamètre nominal intérieur et extérieur de l'enveloppe isolante.
- l) La capacité nominale entre l'âme et l'écran ou la gaine métallique.

7 Caractéristiques des accessoires

Dans le but de réaliser les essais des accessoires ou des systèmes de câbles décrits dans cette norme et d'enregistrer les résultats, l'accessoire doit être identifié. Les caractéristiques suivantes doivent être connues ou annoncées.

- a) Les câbles utilisés pour essayer les accessoires doivent être identifiés conformément à l'Article 6.
- b) Les raccords de connexion d'âme utilisés dans les accessoires doivent être correctement identifiés en ce qui concerne
 - la technique de montage;
 - les outils, matrices et matériels nécessaires;
 - la préparation des surfaces de contact;

- les type, numéro de référence et toute autre caractérisation du raccord de connexion,
 - les détails de l'acceptation de type du raccord de connexion.
- c) Les accessoires à essayer doivent être correctement identifiés en ce qui concerne
- le nom du fabricant;
 - les type, désignation, date de fabrication ou code de date;
 - la tension assignée (voir 6 b) ci-dessus);
 - les instructions de montage (référence et date).

8 Conditions d'essai

8.1 Température ambiante

Sauf spécification contraire précisée pour chaque essai particulier, les essais doivent être effectués à une température ambiante de $(20 \pm 15) ^\circ\text{C}$.

8.2 Fréquence et forme d'onde des tensions d'essai à fréquence industrielle

La fréquence des tensions alternatives d'essai doit être comprise entre 49 Hz et 61 Hz, sauf indication contraire dans la présente norme. La forme d'onde de ces tensions doit être pratiquement sinusoïdale. Les valeurs indiquées sont des valeurs efficaces.

8.3 Forme d'onde des tensions d'essai en choc de foudre

Comme spécifié dans la CEI 60230, le front d'onde doit avoir une durée comprise entre 1 μs et 5 μs . Conformément à la CEI 60060-1, le choc de foudre normalisé doit avoir une durée jusqu'à mi-valeur de $50 \mu\text{s} \pm 10 \mu\text{s}$.

8.4 Relations entre tensions d'essai et tensions assignées

Lorsque les tensions d'essai sont spécifiées dans cette norme comme étant des multiples de la tension assignée U_0 , la valeur de U_0 pour la détermination des tensions d'essai doit être conforme au Tableau 4.

Pour les câbles et les accessoires dont la tension assignée ne figure pas dans le tableau, la valeur de U_0 pour la détermination des tensions d'essai peut être la même que pour la tension assignée donnée la plus proche, à condition que la valeur de U_m pour le câble et l'accessoire ne soit pas supérieure à la valeur correspondante du tableau. Dans le cas contraire, et en particulier si la tension assignée n'est pas proche d'une des valeurs du tableau, la valeur de U_0 sur laquelle sont basées les tensions d'essai doit être égale à la valeur assignée, à savoir U divisée par $\sqrt{3}$.

Les tensions d'essai figurant dans la norme sont fondées sur l'hypothèse que les câbles et les accessoires sont utilisés sur des réseaux de la catégorie A ou B, telle que définie dans la CEI 60183.

8.5 Détermination de la température de l'âme du câble

Il est recommandé que l'une des méthodes décrites à l'Annexe A soit utilisée pour déterminer la température réelle de l'âme.

9 Essais individuels des câbles et de l'isolation principale des accessoires préfabriqués

9.1 Généralités

Les essais suivants doivent être effectués sur toutes les longueurs de câble:

- a) essai de décharges partielles (voir 9.2);
- b) essai de tension (voir 9.3);
- c) essai électrique sur la gaine extérieure, s'il est prescrit (voir 9.4).

L'ordre de succession des essais est laissé à la discrétion du fabricant.

L'isolation principale des accessoires préfabriqués doit être soumise aux essais individuels de décharges partielles (voir 9.2) et de tension (voir 9.3), selon l'une des variantes 1), 2) ou 3) ci-dessous:

- 1) sur les accessoires montés sur câble;
- 2) en utilisant un accessoire hôte dans lequel le composant à éprouver est inséré en substitution du composant correspondant de l'accessoire hôte;
- 3) en utilisant un dispositif de simulation de l'accessoire, dans lequel on reproduit l'environnement électrique d'un composant de l'isolation principale.

Dans les cas 2) et 3), la tension d'essai doit être choisie de façon à obtenir des champs électriques au moins égaux à ceux qui seraient appliqués au composant dans un accessoire complet soumis aux tensions d'essai spécifiées en 9.2 et 9.3.

NOTE L'isolation principale des accessoires préfabriqués est constituée des composants qui sont en contact direct avec l'enveloppe isolante du câble et qui sont nécessaires au contrôle de la répartition du champ électrique dans l'accessoire. Des exemples sont des composants isolants en élastomère ou en résine époxyde, prémoulés ou coulés, pouvant être utilisés individuellement ou en combinaison, de façon à assurer la reconstitution d'enveloppe isolante et d'écran des accessoires.

9.2 Essai de décharges partielles

L'essai de décharges partielles doit être réalisé conformément à la CEI 60885-3 pour les câbles, excepté que la sensibilité, telle que définie dans la CEI 60885-3, doit être de 10 pC ou mieux. L'essai des accessoires suit les mêmes principes mais la sensibilité doit être de 5 pC ou mieux.

La tension d'essai doit être augmentée progressivement et maintenue à $1,75 U_0$ pendant 10 s puis ramenée lentement à $1,5 U_0$ (voir Tableau 4, colonne 5).

Il ne doit pas y avoir de décharge détectable supérieure à la sensibilité déclarée provenant de l'objet en essai à $1,5 U_0$.

9.3 Essai de tension

L'essai de tension doit être effectué à la température ambiante en appliquant une tension d'essai alternative à fréquence industrielle.

La tension d'essai doit être augmentée progressivement jusqu'à $2,5 U_0$, (voir Tableau 4, colonne 4) puis maintenue à cette valeur pendant 30 min entre l'âme et l'écran ou la gaine métallique.

Il ne doit pas se produire de perforation de l'enveloppe isolante.

9.4 Essai électrique sur la gaine extérieure du câble

Si cela est exigé dans un contrat particulier, la gaine extérieure doit être soumise à l'essai électrique individuel spécifié à l'Article 3 de la CEI 60229.

10 Essais sur prélèvements des câbles

10.1 Généralités

Les essais suivants doivent être effectués sur des échantillons qui, pour les essais des points b) et g), peuvent être des longueurs complètes de câble sur touret, représentatives de lots:

- a) examen de l'âme (voir 10.4);
- b) mesure de la résistance électrique de l'âme et de l'écran métallique (voir 10.5);
- c) mesure de l'épaisseur de l'enveloppe isolante et de celle de la gaine extérieure (voir 10.6);
- d) mesure de l'épaisseur de la gaine métallique (voir 10.7);
- e) mesure des diamètres, si cela est prescrit (voir 10.8);
- f) essai d'allongement à chaud des enveloppes isolantes en PR, en EPR et HEPR (voir 10.9);
- g) mesure de la capacité (voir 10.10);
- h) mesure de la masse volumique des enveloppes isolantes en PEHD (voir 10.11);
- i) essai de pénétration d'eau, s'il s'applique (voir 12.4.18);
- j) essais sur les composants de câbles avec des écrans laminés posés en long (voir 12.4.19).

10.2 Fréquence des essais

Les essais sur prélèvements des points a) à h) en 10.1 doivent être effectués sur une longueur de câble prise dans chaque lot de fabrication (séries de fabrication) de câbles de même type et de même section, le nombre de longueurs étant toutefois limité à 10 %, arrondi à l'unité supérieure, du nombre total de longueurs stipulées dans tout contrat.

Les essais des points i) et j) en 10.1 doivent être effectués à la fréquence indiquée dans les procédures agréées de contrôle de la qualité. En l'absence de telles procédures, les essais doivent être réalisés pour les contrats portant sur une longueur supérieure à 20 km.

10.3 Répétition des essais

Si l'un des échantillons choisis ne satisfait pas à l'un des essais énumérés en 10.1, on doit prélever de nouveaux échantillons sur deux autres longueurs de câble du même lot et les soumettre aux essais dans lesquelles l'échantillon d'origine s'est montré défectueux. Si ces deux longueurs sont satisfaisantes, l'ensemble des câbles du lot est considéré comme conforme aux exigences de cette norme. Si l'une ou l'autre des longueurs est défectueuse, le lot de câbles est considéré comme non conforme.

10.4 Examen de l'âme

La conformité aux exigences de la CEI 60228 concernant la constitution de l'âme, ou la construction annoncée, doit être vérifiée par examen et par mesure, lorsque cela est possible.

10.5 Mesure de la résistance électrique de l'âme et de l'écran métallique

La longueur de câble complète, ou un échantillon prélevé sur elle, doit être placée dans le local d'essai maintenu à une température sensiblement constante pendant au moins 12 h avant l'essai. En cas de doute sur la coïncidence entre la température de l'âme ou de celle de l'écran métallique et celle du local, la résistance doit être mesurée après un séjour de 24 h dans le local d'essai. En variante, la résistance peut être mesurée sur un échantillon d'âme ou d'écran métallique conditionné pendant au moins 1 h dans un bain de liquide à température régulée.

La résistance de l'âme ou de l'écran métallique en courant continu doit être ramenée à une température de 20 °C et à une longueur de 1 km au moyen des formules et facteurs indiqués dans la CEI 60228. Les coefficients de température et formules de correction pour des écrans autres que Cuivre et Aluminium doivent être repris du Tableau 1 et du Paragraphe 2.1.1 de la CEI 60287-1-1.

La résistance de l'âme en courant continu à 20 °C ne doit pas être supérieure soit à la valeur maximale correspondante indiquée dans la CEI 60228 soit à la valeur annoncée.

La résistance de l'écran métallique en courant continu à 20 °C ne doit pas être supérieure à la valeur annoncée.

10.6 Mesure de l'épaisseur de l'enveloppe isolante et de celle de la gaine extérieure du câble

10.6.1 Généralités

La méthode d'essai doit être conforme à celle qui est décrite dans l'Article 8 de la CEI 60811-1-1.

Chaque longueur de câble choisie pour l'essai est représentée par un échantillon de câble prélevé à une extrémité, après élimination des parties éventuellement endommagées.

10.6.2 Exigences relatives à l'enveloppe isolante

La plus faible épaisseur mesurée ne doit pas être inférieure à 90 % de l'épaisseur nominale:

$$t_{\min} \geq 0,90 t_n$$

en outre:

$$\frac{t_{\max} - t_{\min}}{t_{\max}} \leq 0,15$$

où

$t_{\max}$ est l'épaisseur maximale, en millimètres;

$t_{\min}$ est l'épaisseur minimale, en millimètres;

t_n est l'épaisseur nominale, en millimètres.

NOTE $t_{\max}$ et $t_{\min}$ sont les valeurs mesurées dans une seule et même coupe de l'enveloppe isolante.

L'épaisseur des écrans semi-conducteurs sur âme et sur enveloppe isolante ne doit pas être comprise dans l'épaisseur de l'enveloppe isolante.

10.6.3 Exigences relatives à la gaine extérieure du câble

La plus petite épaisseur mesurée ne doit pas être inférieure à 85 % de l'épaisseur nominale, diminuée de 0,1 mm:

$$t_{\min} \geq 0,85 t_n - 0,1$$

où

$t_{\min}$ est l'épaisseur minimale, en millimètres;

t_n est l'épaisseur nominale, en millimètres.

De plus, pour les gaines appliquées sur une surface pratiquement lisse, la moyenne des valeurs mesurées, arrondie à 0,1 mm près selon l'Annexe B, ne doit pas être inférieure à l'épaisseur nominale.

Cette dernière exigence ne concerne pas les gaines appliquées sur une surface irrégulière, par exemple sur des écrans métalliques constitués de fils et/ou de rubans ou des gaines métalliques ondulées.

10.7 Mesure de l'épaisseur de la gaine métallique

Lorsque le câble comporte une gaine métallique de plomb, d'alliage de plomb ou d'aluminium, les essais suivants s'appliquent.

10.7.1 Gaine de plomb ou d'alliage de plomb

L'épaisseur minimale de la gaine métallique ne doit pas être inférieure à 95 % de l'épaisseur nominale, diminuée de 0,1 mm, c'est-à-dire

$$t_{\min} \geq 0,95 t_n - 0,1$$

La mesure de l'épaisseur de la gaine de plomb est effectuée selon l'une des méthodes suivantes, au choix du fabricant.

10.7.1.1 Méthode «à plat»

La mesure doit être effectuée à l'aide d'un micromètre à faces planes, de touches de diamètre de 4 mm à 8 mm et de précision $\pm 0,01$ mm.

La mesure doit être faite sur un échantillon de gaine de 50 mm de longueur environ, prélevé sur le câble complet. L'échantillon est fendu longitudinalement, puis soigneusement redressé. Après nettoyage de l'éprouvette, l'épaisseur de l'échantillon doit être mesurée le long de la périphérie de la gaine, à 10 mm au moins du bord de l'éprouvette redressée, en un nombre de points suffisamment grand pour être sûr que l'épaisseur minimale est mesurée.

10.7.1.2 Méthode de l'anneau

Les mesures doivent être faites à l'aide d'un micromètre ayant soit une touche plane et une touche sphérique, soit une touche plane et une touche rectangulaire de 0,8 mm de largeur et 2,4 mm de longueur. La touche sphérique ou la touche rectangulaire doit être appliquée sur la face intérieure de l'anneau. La précision du micromètre doit être de $\pm 0,01$ mm.

Les mesures sont prises sur un anneau de gaine soigneusement prélevé sur l'échantillon. L'épaisseur doit être mesurée en un nombre de points suffisant, sur la périphérie de l'anneau, afin d'être sûr d'obtenir l'épaisseur minimale.

10.7.2 Gaine lisse ou ondulée en aluminium

Pour une gaine lisse en aluminium, l'épaisseur minimale de la gaine métallique ne doit pas être inférieure à 90 % de l'épaisseur nominale, diminuée de 0,1 mm, c'est-à-dire

$$t_{\min} \geq 0,9 t_n - 0,1$$

Pour une gaine ondulée en aluminium, l'épaisseur minimale de la gaine métallique ne doit pas être inférieure à 85 % de l'épaisseur nominale, diminuée de 0,1 mm, c'est-à-dire

$$t_{\min} \geq 0,85 t_n - 0,1$$

Les mesures doivent être effectuées à l'aide d'un micromètre ayant des touches sphériques d'un rayon de 3 mm environ. La précision doit être de $\pm 0,01$ mm.

Les mesures doivent être effectuées sur un anneau de gaine de 50 mm de largeur environ, soigneusement prélevé sur le câble complet. L'épaisseur doit être mesurée en un nombre de points suffisant, sur la périphérie de l'anneau, afin d'être sûr d'obtenir l'épaisseur minimale.

10.8 Mesure des diamètres

Lorsque l'acheteur demande que le diamètre du conducteur et/ou le diamètre extérieur du câble soient mesurés, les mesures doivent être effectuées conformément à 8.3 de la CEI 60811-1-1.

10.9 Essai d'allongement à chaud des enveloppes isolantes en PR, en EPR et en HEPR

10.9.1 Mode opératoire

L'échantillonnage et la méthode d'essai doivent être conformes à l'Article 9 de la CEI 60811-2-1, les conditions d'essai étant données au Tableau 8.

Les échantillons doivent être prélevés dans la partie de l'enveloppe isolante où le degré de réticulation est considéré le plus faible pour le procédé de réticulation utilisé.

10.9.2 Exigences

Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux exigences du Tableau 8.

10.10 Mesure de la capacité

La capacité de l'échantillon doit être mesurée entre l'âme et l'écran ou la gaine métallique.

La valeur mesurée ne doit pas dépasser de plus de 8 % la valeur nominale déclarée par le fabricant.

10.11 Mesure de la masse volumique des enveloppes isolantes en PEHD

10.11.1 Mode opératoire

La masse volumique du PEHD doit être mesurée en utilisant l'échantillonnage et le mode opératoire indiqués à l'Article 8 de la CEI 60811-1-3.

10.11.2 Exigences

Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux exigences du Tableau 8.

11 Essais sur prélèvements des accessoires

11.1 Essais des composants

Les caractéristiques de chaque composant doivent être vérifiées selon les spécifications du fabricant d'accessoires, soit par un rapport d'essai du fournisseur d'un composant, soit par des essais internes.

Le fabricant d'un accessoire doit présenter une liste des essais à effectuer sur chaque composant, et indiquer la fréquence de chaque essai. Les composants doivent être inspectés en référence à leur plan. Aucune déviation en dehors des tolérances annoncées n'est admise.

NOTE Comme les composants diffèrent d'un fournisseur à l'autre, il n'est pas possible de définir pour ceux-ci des essais sur prélèvement communs dans cette norme.

11.2 Essais sur accessoires complets

Lorsque l'isolation principale ne peut pas être essayée indépendamment (voir 9.1), les essais électriques suivants doivent être effectués par le fabricant sur un accessoire complètement monté:

- a) essai de décharges partielles (voir 9.2);
- b) essai de tension (voir 9.3).

La séquence d'essais est laissée à l'appréciation du fabricant.

NOTE A titre d'exemple d'isolations principales qui ne peuvent pas être essayées individuellement, on cite les isolations rétractables à chaud et les isolations rubanées ou moulées sur place.

Un accessoire de chaque type doit être essayé si le contrat comporte la fourniture de plus de 50 accessoires.

Si un accessoire ne satisfait pas à l'un des deux essais ci-dessus, deux autres accessoires de même type doivent être prélevés et soumis aux mêmes essais. Si les deux accessoires satisfont à l'essai, l'ensemble des accessoires du même type du contrat doivent être considérés comme conformes aux exigences de la présente norme. Si l'un d'eux est défectueux, ce type d'accessoire du contrat doit être considéré comme non conforme.

12 Essais de type des systèmes de câbles

Les essais spécifiés dans cet article ont pour but de démontrer le comportement satisfaisant des systèmes de câbles.

Les essais de type des systèmes de câble sont résumés à l'Annexe C.

NOTE Les essais ayant trait au comportement environnemental des extrémités ne sont pas compris dans cette norme.

12.1 Etendue de l'acceptation de type

Lorsque les essais de type ont été réalisés avec succès sur un ou plusieurs systèmes de câble de section(s) spécifique(s), de même tension assignée et de même constitution, l'acceptation de type doit être considérée comme valable pour les systèmes de câbles du domaine d'application de la présente norme avec d'autres sections, tensions assignées et constitutions si toutes les conditions suivantes sont remplies:

- a) le groupe de tension n'est pas supérieur à celui du système de câble essayé;

NOTE Dans ce contexte, les systèmes de câbles du même groupe de tension assignée sont ceux qui ont des tensions assignées ayant une même valeur de U_m , tension la plus élevée pour le matériel, et par conséquent les mêmes valeurs de tension d'essai (voir Tableau 4, colonnes 1 et 2). Par exemple, les essais conduits sur un système de câbles de tension assignée U égale à 66 kV couvriront également les systèmes de câbles pour les tensions assignées U de 60 kV et de 69 kV.

- b) la section d'âme n'est pas supérieure à celle du câble essayé;
- c) le câble et les accessoires ont la même constitution ou une constitution similaire à celle du système de câble essayé;

NOTE Des câbles et des accessoires sont considérés comme étant de constitution similaire si la nature et le procédé de fabrication de l'enveloppe isolante et des écrans semi-conducteurs sont les mêmes. Il n'est pas nécessaire de répéter les essais de type électriques en raison de différences dans le type ou le matériau de l'âme ou des couches protectrices appliquées sur les conducteurs isolés ou sur l'isolation principale de l'accessoire, à moins que ces différences ne soient susceptibles d'avoir un effet significatif sur les résultats d'essai. Dans certains cas (par exemple pour l'extension aux câbles tripolaires), il peut être opportun de reprendre un ou plusieurs des essais de type (l'essai d'enroulement, de cycles de chauffage et/ou l'essai de compatibilité).

- d) la valeur calculée du gradient nominal sur l'écran sur âme ne dépasse pas de plus de 10 % celle du ou des systèmes de câbles essayés;
- e) la valeur calculée du gradient nominal sur l'écran sur l'enveloppe isolante n'est pas supérieure à celle du ou des systèmes de câbles essayés;
- f) les valeurs calculées du gradient nominal dans l'isolation principale de l'accessoire et aux interfaces entre câble et accessoire ne sont pas supérieures à celles du ou des systèmes de câbles essayés.

Les essais de type des constituants du câble (voir 12.4) doivent être effectués sur des échantillons de câble de différentes tensions assignées et/ou sections d'âme seulement si des matériaux ou des procédés de production différents ont été utilisés pour leur fabrication. Cependant, il peut être nécessaire de répéter les essais de vieillissement sur câble complet pour vérifier la compatibilité des matériaux (voir 12.4.4) si la combinaison des matériaux appliqués au-dessus du conducteur isolé est différente de celle du câble qui a subi les essais de type antérieurement.

Un procès-verbal d'essai de type signé par le représentant d'un organisme de contrôle compétent, ou un rapport établi par le fabricant donnant les résultats des essais et signé par le responsable habilité, ou un procès-verbal d'essai de type établi par un laboratoire d'essais indépendant, constituent des preuves acceptables de l'exécution des essais de type.

12.2 Résumé des essais de type

Les essais de type doivent comprendre les essais électriques effectués sur le système de câble complet, spécifiés en 12.3, et les essais non électriques appropriés sur les constituants de câble et sur câble complet, spécifiés en 12.4.

Les essais non électriques sur les constituants de câble et sur câble complet sont résumés au Tableau 5, qui indique les essais applicables à chaque type de matériau d'enveloppe isolante et de gaine extérieure. L'essai de câbles soumis au feu n'est exigé que dans le cas où le fabricant souhaite obtenir la conformité à cet essai comme caractéristique particulière du type du câble.

Les essais énumérés en 12.3.2 doivent être effectués sur un ou plusieurs échantillons de câble complet en fonction du nombre d'accessoires concernés, d'au moins 10 m de longueur, accessoires non compris.

La longueur de câble minimale entre accessoires doit être de 5 m.

Les accessoires doivent être montés après que le câble a subi l'essai d'enroulement. Un accessoire de chaque type doit être essayé.

Les accessoires doivent être montés conformément aux instructions du fabricant avec les qualités et les quantités de matériaux compris dans la fourniture, lubrifiants éventuels inclus.

La surface externe des accessoires doit être sèche et propre, mais ni les câbles ni les accessoires ne doivent être soumis à un conditionnement qui ne soit pas spécifié dans les instructions du fabricant, susceptible de modifier les caractéristiques électriques, thermiques ou mécaniques.

Pendant les essais des points c) à g) de 12.3.2, la jonction doit être munie de sa protection externe. S'il peut être démontré que cette protection n'exerce pas d'influence sur le comportement de l'enveloppe isolante de la jonction, par exemple qu'il n'y a pas d'effet thermo-mécanique ou de compatibilité, la protection peut être omise.

La mesure de la résistivité des écrans semi-conducteurs décrite en 12.3.9 doit être réalisée sur un échantillon séparé.

12.3 Essais électriques sur systèmes de câble complet

12.3.1 Valeurs des tensions d'essais

Avant de procéder aux essais électriques de type, l'épaisseur de l'enveloppe isolante doit être mesurée selon la méthode spécifiée en 8.1 de la CEI 60811-1-1, sur un tronçon représentatif de la longueur de câble à essayer, afin de vérifier que cette épaisseur moyenne n'est pas excessive en regard de la valeur nominale.

Si l'épaisseur moyenne de l'enveloppe isolante ne dépasse pas la valeur nominale de plus de 5 %, les tensions d'essai doivent être les valeurs normales spécifiées au Tableau 4 pour la tension assignée du câble.

Si l'épaisseur moyenne de l'enveloppe isolante dépasse la valeur nominale de plus de 5 %, sans toutefois excéder 15 %, la tension d'essai doit être ajustée de manière que le gradient électrique sur l'écran sur âme soit égal à celui qu'on obtiendrait si l'épaisseur moyenne de l'enveloppe isolante était égale à la valeur nominale et si les tensions d'essai avaient les valeurs normales spécifiées pour la tension assignée du câble.

L'épaisseur moyenne d'enveloppe isolante de la longueur de câble utilisée pour les essais électriques de type ne doit pas être supérieure à la valeur nominale de plus de 15 %.

12.3.2 Essais et séquence d'essais

Les essais des points a) à h) doivent se dérouler selon la séquence suivante:

- a) essai d'enroulement du câble (voir 12.3.3) suivi de l'installation des accessoires et d'un essai de décharges partielles à la température ambiante (voir 12.3.4);
- b) mesure de $\tan \delta$ (voir 12.3.5);
NOTE Cet essai peut être effectué sur un échantillon différent de câble, muni d'extrémités d'essai spéciales différentes de celles utilisées pour le reste de la séquence d'essais.
- c) essai de cycles de chauffage sous tension (voir 12.3.6);
- d) essais de décharges partielles (voir 12.3.4)
 - à température ambiante,
 - à température élevée.

Les essais doivent être effectués après le dernier cycle du point c) ci-dessus ou, en variante, après l'essai aux chocs de foudre du point e) ci-dessous.

- e) essai aux chocs de foudre, suivi d'un essai de tenue sous tension à fréquence industrielle (voir 12.3.7);
- f) essais de décharges partielles, s'ils n'ont pas été réalisés au point d) ci-dessus;
- g) essais de la protection externe des jonctions enterrées (voir Annexe H);

NOTE 1 Ces essais peuvent être réalisés sur une jonction qui a satisfait à l'essai du point c), essai de cycles de chauffage sous tension, ou sur une jonction distincte qui a subi au moins trois cycles thermiques (voir Annexe H).

NOTE 2 Si le câble et la jonction ne sont pas soumis à des conditions humides en service (c'est-à-dire non directement enterrés dans le sol, ou sans immersion intermittente ou permanente dans l'eau), les essais du point g) peuvent être omis.

- h) examen du système de câble comprenant le câble et les accessoires après la réalisation de l'ensemble des essais ci-dessus (voir 12.3.8).

La mesure de la résistivité des écrans semi-conducteurs (voir 12.3.9) doit être réalisée sur un échantillon séparé.

Les tensions d'essai doivent être en accord avec les valeurs figurant dans la colonne appropriée du Tableau 4.

12.3.3 Essai d'enroulement

L'échantillon de câble doit être enroulé autour d'un cylindre d'essai (par exemple le tambour d'un touret) à la température ambiante, sur un tour complet et redéroulé, sans rotation axiale du câble. L'échantillon est ensuite tourné de 180° et l'opération est répétée.

Ce cycle d'opérations doit être effectué trois fois en tout.

Le diamètre du cylindre d'essai ne doit pas être supérieur à ce qui suit:

- pour les câbles sous gaine lisse en aluminium:
 - $36 (d + D) + 5 \%$ pour les câbles monopolaires;
 - $25 (d + D) + 5 \%$ pour les câbles tripolaires;
- pour les câbles à gaine en plomb, en alliage de plomb, à gaine métallique ondulée ou comportant une bande de métal appliquée longitudinalement (avec recouvrement ou soudée) et collée à la gaine extérieure:
 - $25 (d + D) + 5 \%$ pour les câbles monopolaires;
 - $20 (d + D) + 5 \%$ pour les câbles tripolaires;
- pour les autres câbles:
 - $20 (d + D) + 5 \%$ pour les câbles monopolaires;
 - $15 (d + D) + 5 \%$ pour les câbles tripolaires.

où

d est le diamètre nominal de l'âme, en millimètres (voir 6 i));

D est le diamètre nominal extérieur du câble, en millimètres (voir 6 i)).

NOTE Une tolérance négative n'est pas spécifiée, mais des essais avec des diamètres en-dessous des valeurs spécifiées peuvent être effectués avec l'agrément du fabricant.

12.3.4 Essai de décharges partielles

L'essai doit être effectué conformément à la CEI 60885-3, la sensibilité étant de 5 pC ou mieux.

La tension d'essai doit être augmentée progressivement et maintenue à $1,75 U_0$ pendant 10 s puis ramenée lentement à $1,5 U_0$ (voir Tableau 4, colonne 5).

Lorsque l'essai est effectué à haute température, l'âme du câble doit être à une température comprise entre 5°C et 10°C au-dessus de la température maximale de l'âme en service normal. La température de l'âme doit être maintenue entre les limites de température indiquées pendant au moins 2 h.

Il ne doit pas y avoir de décharge détectable, supérieure à la sensibilité déclarée, provenant de l'objet en essai à $1,5 U_0$.

12.3.5 Mesure de $\tan \delta$

L'échantillon doit être chauffé selon une méthode appropriée et la température de l'âme déterminée soit en mesurant sa résistance, soit par des thermocouples placés à la surface de l'écran ou de la gaine, soit encore par des thermocouples placés sur l'âme d'un autre échantillon du même câble chauffé par la même méthode.

L'échantillon doit être chauffé jusqu'à ce que l'âme atteigne une température qui se maintienne entre 5°C et 10°C au-dessus de la température maximale de l'âme en service normal.

La $\tan \delta$ doit être mesurée sous la tension U_0 à fréquence industrielle et à la température spécifiée ci-dessus.

La valeur mesurée ne doit pas être supérieure à la valeur donnée dans le Tableau 3.

12.3.6 Essai de cycles de chauffage sous tension

Le câble doit être courbé en forme de U selon le diamètre spécifié en 12.3.3.

Le montage doit être chauffé par circulation de courant dans l'âme, jusqu'à ce que celle-ci atteigne une température qui se maintienne entre 5 °C et 10 °C au-dessus de la température maximale de l'âme en service normal.

NOTE Si, pour des raisons pratiques, il n'est pas possible de réaliser la température d'essai, on peut appliquer une isolation thermique additionnelle.

Le chauffage doit être appliqué pendant au moins 8 h. La température de l'âme doit être maintenue entre les limites de température indiquées pendant au moins 2 h au cours de chaque période de chauffage. On laisse ensuite le montage refroidir naturellement pendant au moins 16 h jusqu'à ce que l'âme atteigne une température ne dépassant pas la température ambiante de plus de 10 °C. Le courant de l'âme doit être enregistré pendant les deux dernières heures de chaque période de chauffage.

Les cycles de chauffage et de refroidissement doivent être réalisés 20 fois au total.

Pendant toute la période d'essai, une tension de $2 U_0$ doit être appliquée au montage (voir Tableau 4, colonne 7).

12.3.7 Essai aux chocs de foudre suivi d'un essai sous tension alternative à fréquence industrielle

L'essai doit être effectué sur le montage à une température de l'âme qui se maintienne entre 5 °C et 10 °C au-dessus de la température maximale de l'âme en service normal.

La tension de choc doit être appliquée conformément au mode opératoire indiqué dans la CEI 60230.

Le montage doit résister sans claquage ou contournement à 10 chocs positifs et à 10 chocs négatifs de tension de valeur appropriée, indiquée au Tableau 4, colonne 8.

Après l'essai aux chocs de foudre, le montage doit être soumis à un essai de tension à fréquence industrielle à $2,5 U_0$ pendant 15 min (voir Tableau 4, colonne 4). Au choix du fabricant, l'essai peut être effectué soit pendant la période de refroidissement soit à la température ambiante.

Il ne doit se produire ni perforation de l'enveloppe isolante ni contournement.

12.3.8 Examen

12.3.8.1 Système de câble et accessoires

L'examen en vision normale ou corrigée sans grossissement du câble et, si possible, des accessoires ne doit révéler aucun signe de détérioration (par exemple dégradation électrique, écoulement, corrosion ou rétraction nuisible), susceptible d'affecter le système en exploitation.

12.3.8.2 Essais complémentaires des câbles avec écran laminé posé en long

Un échantillon de câble d'1 m de long doit être prélevé du câble et soumis aux essais de 12.4.19.

12.3.9 Résistivité des écrans semi-conducteurs

La mesure de la résistivité des écrans semi-conducteurs du câble doit être réalisée sur un échantillon séparé.

La résistivité des écrans semi-conducteurs extrudés appliqués sur âme et sur enveloppe isolante doit être déterminée par des mesures sur des éprouvettes prélevées sur le conducteur d'un échantillon de câble après fabrication, et sur un échantillon de câble ayant subi l'essai de vieillissement spécifié en 12.4.4, destiné à vérifier la compatibilité des matériaux constitutifs.

12.3.9.1 Mode opératoire

La procédure d'essai doit être conforme à la description donnée à l'Annexe D.

Les mesures doivent être effectuées à la température maximale de l'âme en service normal, à ± 2 °C près.

12.3.9.2 Exigences

Avant et après vieillissement, la résistivité ne doit pas être supérieure aux valeurs suivantes:

- écran sur âme: 1 000 $\Omega \cdot m$;
- écran sur enveloppe isolante: 500 $\Omega \cdot m$.

12.4 Essais de type non électriques sur les constituants du câble et sur câble complet

Les essais sont les suivants:

- a) vérification de la constitution du câble (voir 12.4.1);
- b) détermination des propriétés mécaniques des enveloppes isolantes avant et après vieillissement (voir 12.4.2);
- c) détermination des propriétés mécaniques des gaines extérieures avant et après vieillissement (voir 12.4.3);
- d) essais de vieillissement sur tronçons de câbles complets pour vérifier la compatibilité des matériaux (voir 12.4.4);
- e) essai de perte de masse pour les gaines extérieures en PVC du type ST₂ (voir 12.4.5);
- f) essai de pression à température élevée sur les gaines extérieures (voir 12.4.6);
- g) essai à basse température pour les gaines extérieures en PVC (ST₁ et ST₂) (voir 12.4.7);
- h) essai de choc thermique pour les gaines extérieures en PVC (ST₁ et ST₂) (voir 12.4.8);
- i) essai de résistance à l'ozone des enveloppes isolantes en EPR et en HEPR (voir 12.4.9);
- j) essai d'allongement à chaud pour les enveloppes en EPR, en HEPR et en PR (voir 12.4.10);
- k) mesure de la masse volumique des enveloppes isolantes en PEHD (voir 12.4.11);
- l) mesure du taux de noir des gaines extérieures en PE de couleur noire (ST₃ et ST₇) (voir 12.4.12);
- m) essai de rétraction des enveloppes isolantes en PE, PEHD et PR (voir 12.4.13);
- n) essai de rétraction des gaines extérieures en PE (ST₃ et ST₇) (voir 12.4.14);
- o) détermination de la dureté de l'enveloppe isolante en HEPR (voir 12.4.15);
- p) détermination du module d'élasticité de l'enveloppe isolante en HEPR (voir 12.4.16);
- q) essai des câbles soumis au feu (voir 12.4.17);
- r) essai de pénétration d'eau (voir 12.4.18);
- s) essais sur les composants de câbles avec des écrans laminés posés en long (voir 12.4.19).

12.4.1 Vérification de la constitution du câble

L'examen de l'âme et les mesures des épaisseurs de l'enveloppe isolante, de la gaine extérieure et de la gaine métallique doivent être effectués conformément à 10.4, 10.6 et 10.7 et satisfaire aux exigences qui y sont données.

12.4.2 Détermination des propriétés mécaniques des enveloppes isolantes avant et après vieillissement

12.4.2.1 Echantillonnage

L'échantillonnage et la préparation des éprouvettes doivent être effectués conformément à 9.1 de la CEI 60811-1-1.

12.4.2.2 Vieillissement thermique

Le traitement de vieillissement doit être effectué conformément à 8.1 de la CEI 60811-1-2, selon les conditions indiquées au Tableau 6.

12.4.2.3 Conditionnement et essais mécaniques

Le conditionnement et la mesure des propriétés mécaniques doivent être effectués conformément à 9.1 de la CEI 60811-1-1.

12.4.2.4 Exigences

Les résultats des essais sur les éprouvettes vieilles et non vieilles doivent satisfaire aux exigences du Tableau 6.

12.4.3 Détermination des propriétés mécaniques des gaines extérieures avant et après vieillissement

12.4.3.1 Echantillonnage

L'échantillonnage et la préparation des éprouvettes doivent être effectués conformément à 9.2 de la CEI 60811-1-1.

12.4.3.2 Vieillissement thermique

Le traitement de vieillissement doit être effectué conformément à 8.1 de la CEI 60811-1-2, selon les conditions indiquées au Tableau 7.

12.4.3.3 Conditionnement et essais mécaniques

Le conditionnement et la mesure des propriétés mécaniques doivent être effectués conformément à 9.2 de la CEI 60811-1-1.

12.4.3.4 Exigences

Les résultats des essais sur les éprouvettes vieilles et non vieilles doivent satisfaire aux exigences du Tableau 7.

12.4.4 Essais de vieillissement sur tronçons de câbles complets pour vérifier la compatibilité des matériaux

12.4.4.1 Généralités

L'essai de vieillissement sur tronçons de câbles complets est effectué pour vérifier que l'enveloppe isolante, les couches semi-conductrices extrudées et la gaine extérieure ne sont pas susceptibles de se détériorer en service de manière exagérée du fait du contact avec les autres constituants du câble.

L'essai s'applique à tous les modèles de câbles.

12.4.4.2 Echantillonnage

Les échantillons destinés à l'essai sur l'enveloppe isolante et sur la gaine extérieure doivent être prélevés sur le câble complet comme indiqué en 8.1.4 de la CEI 60811-1-2.

12.4.4.3 Vieillissement thermique

Le vieillissement des tronçons de câble doit être effectué dans une étuve à air, conformément à 8.1.4 de la CEI 60811-1-2, dans les conditions suivantes:

- température: $(10 \pm 2) ^\circ\text{C}$ au-dessus de la température maximale de l'âme du câble en service normal (voir Tableau 1);
- durée: $7 \times 24 \text{ h}$.

12.4.4.4 Essais mécaniques

Les éprouvettes d'enveloppe isolante et de gaine extérieure provenant des échantillons préalablement vieillis doivent être préparées et soumises aux essais mécaniques comme indiqué en 8.1.4 de la CEI 60811-1-2.

12.4.4.5 Exigences

Les variations entre les valeurs médianes de résistance à la traction et d'allongement à la rupture après vieillissement et les valeurs correspondantes obtenues sans vieillissement (voir 12.4.2 et 12.4.3) ne doivent pas excéder les valeurs imposées après vieillissement en étuve à air spécifiées au Tableau 6 pour les enveloppes isolantes et au Tableau 7 pour les gaines extérieures.

12.4.5 Essai de perte de masse pour les gaines extérieures en PVC du type ST₂

12.4.5.1 Mode opératoire

L'essai de perte de masse pour les gaines extérieures du type ST₂ doit être réalisé conformément à 8.2 de la CEI 60811-3-2, dans les conditions indiquées au Tableau 9.

12.4.5.2 Exigences

Les résultats doivent satisfaire aux exigences indiquées au Tableau 9.

12.4.6 Essai de pression à température élevée sur les gaines extérieures

12.4.6.1 Mode opératoire

L'essai de pression à température élevée sur les gaines extérieures de type ST₁, ST₂ et ST₇ doit être effectué conformément à 8.2 de la CEI 60811-3-1, selon les conditions d'essai indiquées dans la méthode d'essai et dans le Tableau 7.

12.4.6.2 Exigences

Les résultats des essais doivent satisfaire aux exigences indiquées en 8.2 de la CEI 60811-3-1.

12.4.7 Essais à basse température pour les gaines extérieures en PVC (ST₁ et ST₂)

12.4.7.1 Mode opératoire

Les essais à basse température pour les gaines extérieures de type ST₁ et ST₂ doivent être effectués conformément à l'Article 8 de la CEI 60811-1-4, les températures d'essai étant indiquées au Tableau 9.

12.4.7.2 Exigences

Les résultats des essais doivent satisfaire aux exigences de l'Article 8 de la CEI 60811-1-4.

12.4.8 Essai de choc thermique pour les gaines extérieures en PVC (ST₁ et ST₂)

12.4.8.1 Mode opératoire

L'essai de choc thermique sur les gaines extérieures de type ST₁ et ST₂ doit être effectué conformément à 9.2 de la CEI 60811-3-1, la température d'essai et la durée de chauffage étant conformes au Tableau 9.

12.4.8.2 Exigences

Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux exigences de 9.2 de la CEI 60811-3-1.

12.4.9 Essai de résistance à l'ozone des enveloppes isolantes en EPR et HEPR

12.4.9.1 Mode opératoire

Les enveloppes isolantes en EPR et HEPR doivent faire l'objet d'un essai de résistance à l'ozone selon l'échantillonnage et le mode opératoire spécifiés à l'Article 8 de la CEI 60811-2-1. La concentration en ozone et la durée de l'essai sont indiquées au Tableau 8.

12.4.9.2 Exigences

Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux exigences de l'Article 8 de la CEI 60811-2-1.

12.4.10 Essai d'allongement à chaud pour les enveloppes isolantes en EPR, en HEPR et en PR

Les enveloppes isolantes en EPR, en HEPR et en PR doivent être soumises à l'essai d'allongement à chaud décrit en 10.9 et doivent satisfaire aux exigences qui y sont données.

12.4.11 Mesure de la masse volumique des enveloppes isolantes en PEHD

La masse volumique des enveloppes isolantes en PEHD doit être mesurée conformément aux indications de 10.11 et doit satisfaire aux exigences qui y sont données.

12.4.12 Mesure du taux de noir de carbone des gaines extérieures en PE de couleur noire (ST₃ et ST₇)

12.4.12.1 Mode opératoire

Le taux de noir de carbone des gaines extérieures de type ST₃ et ST₇ doit être mesuré en utilisant l'échantillonnage et le mode opératoire spécifiés à l'Article 11 de la CEI 60811-4-1.

12.4.12.2 Exigences

Le taux de noir de carbone nominal doit être de 2,5 % avec une tolérance de $\pm 0,5$ %.

12.4.13 Essai de rétraction des enveloppes isolantes en PE, en PEHD et en PR

12.4.13.1 Procédure

L'essai de rétraction doit être effectué sur les enveloppes isolantes en PE, en PEHD ou en PR, selon l'échantillonnage et le mode opératoire indiqués à l'Article 10 de la CEI 60811-1-3, et les conditions d'essai précisées au Tableau 8.

12.4.13.2 Exigences

Les résultats doivent satisfaire aux exigences du Tableau 8.

12.4.14 Essai de rétraction des gaines extérieures en PE (ST₃ et ST₇)

12.4.14.1 Procédure

L'essai de rétraction doit être exécuté sur les gaines extérieures en PE selon l'échantillonnage et le mode opératoire indiqués à l'Article 11 de la CEI 60811-1-3 conformément aux conditions suivantes:

- température: $(80 \pm 2) ^\circ\text{C}$
- durée de chauffage: 5 h
- nombre de cycles: 5

12.4.14.2 Exigences

La rétraction ne doit pas dépasser 3 %.

12.4.15 Détermination de la dureté de l'enveloppe isolante en HEPR

12.4.15.1 Procédure

L'échantillonnage et la procédure d'essai doivent être conformes à l'Annexe E.

12.4.15.2 Exigences

Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux exigences du Tableau 8.

12.4.16 Détermination du module d'élasticité de l'enveloppe isolante en HEPR

12.4.16.1 Procédure

L'échantillonnage, la préparation des éprouvettes et le mode opératoire doivent être conformes à l'Article 9 de la CEI 60811-1-1.

Les charges nécessaires pour obtenir 150 % d'allongement doivent être mesurées. Les contraintes correspondantes doivent être calculées en divisant les charges mesurées par la section des éprouvettes non étirées. Les rapports entre contraintes et déformations sont déterminés pour obtenir les modules d'élasticité correspondant à l'allongement de 150 %.

La valeur médiane doit constituer le module d'élasticité correspondant.

12.4.16.2 Exigences

Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux exigences du Tableau 8.

12.4.17 Essai des câbles soumis au feu

L'essai de comportement en présence de feu doit être conforme à la CEI 60332-1. Il doit être effectué sur un échantillon de câble complet, lorsque la gaine extérieure est en matériau de type ST₁ ou ST₂ et lorsque le fabricant souhaite faire la preuve que ce type de câble de constitution particulière satisfait aux exigences.

Les résultats doivent être conformes aux exigences de la CEI 60332-1.

12.4.18 Essai de pénétration d'eau

L'essai de pénétration d'eau doit être appliqué aux technologies de câbles comportant des barrières telles qu'annoncées en 6 c) et 6 f) empêchant la pénétration longitudinale de l'eau. L'essai est conçu pour être appliqué aux câbles enterrés et n'est pas destiné aux câbles prévus pour un usage sous-marin.

L'appareillage, l'échantillonnage, la méthode d'essai et les exigences doivent être conformes à l'Annexe F.

Pour des câbles qui ont un écran laminé posé en long, un échantillon de câble d'1 m de long doit être prélevé du câble et soumis aux essais de 12.4.19.

12.4.19 Essais sur les composants de câbles avec des écrans laminés posés en long

Un échantillon de câble complet d'une longueur de 1 m doit être prélevé et soumis aux essais ci-dessous:

- a) examen visuel (voir Article G.1);
- b) force d'adhérence de la bande métallique (voir Article G.2);
- c) force de décollement au recouvrement de la bande métallique (voir Article G.3).

L'appareillage, la méthode d'essai et les exigences doivent être conformes à l'Annexe G.

13 Essai de type des câbles

Les essais spécifiés dans cet article ont pour but de démontrer le comportement satisfaisant des câbles seuls.

Les essais de type des câbles sont résumés à l'Annexe C.

13.1 Etendue de l'acceptation de l'essai de type

Lorsque les essais de type ont été réalisés avec succès sur un ou plusieurs câbles de section(s) spécifique(s), de même tension assignée et de même constitution, l'acceptation de type doit être considérée comme valable pour les câbles du domaine d'application de la présente norme avec d'autres sections, tensions assignées et constitutions si toutes les conditions suivantes sont remplies:

- a) le groupe de tension n'est pas supérieur à celui du ou des câbles essayés;

NOTE Dans ce contexte, les câbles du même groupe de tension assignée sont ceux qui ont des tensions assignées ayant une même valeur de U_m , tension la plus élevée pour le matériel, et par conséquent les mêmes valeurs de tension d'essai (voir Tableau 4, colonnes 1 et 2). Par exemple, les essais conduits sur un câble de tension assignée U égale à 66 kV couvriront également les câbles pour les tensions assignées U de 60 kV et de 69 kV.

- b) la section d'âme n'est pas supérieure à celle du câble essayé;

- c) le câble a la même constitution ou une constitution similaire à celle du ou des câbles essayés;

NOTE Des câbles sont considérés comme étant de constitution similaire si la nature et le procédé de fabrication de l'enveloppe isolante et des écrans semi-conducteurs sont les mêmes. Il n'est pas nécessaire de répéter les essais de type électriques en raison de différences dans le type ou le matériau de l'âme ou des couches protectrices appliquées sur les conducteurs isolés, à moins que ces différences ne soient susceptibles d'avoir un effet significatif sur les résultats d'essai. Dans certains cas (par exemple pour l'extension aux câbles tripolaires), il peut être opportun de reprendre un ou plusieurs des essais de type (l'essai d'enroulement, de cycles de chauffage et/ou l'essai de compatibilité).

- d) la valeur calculée du gradient nominal sur l'écran sur âme ne dépasse pas de plus de 10 % celle du ou des câbles essayés;
- e) la valeur calculée du gradient nominal sur l'enveloppe isolante n'est pas supérieure à celle sur l'enveloppe isolante du ou des câbles essayés.

Les essais de type des constituants du câble (voir 12.4) doivent être effectués sur des échantillons de câble de différentes tensions assignées et/ou sections d'âme seulement si des matériaux ou des procédés de production différents ont été utilisés pour leur fabrication. Cependant, il peut être nécessaire de répéter les essais de vieillissement sur câble complet pour vérifier la compatibilité des matériaux (voir 12.4.4) si la combinaison des matériaux appliqués au-dessus du conducteur isolé est différente de celle du câble qui a subi les essais de type antérieurement.

Un procès-verbal d'essai de type signé par le représentant d'un organisme de contrôle compétent, ou un rapport établi par le fabricant donnant les résultats des essais et signé par le responsable habilité, ou un procès-verbal d'essai de type établi par un laboratoire d'essais indépendant, constituent des preuves acceptables de l'exécution des essais de type.

13.2 Résumé des essais de type

Les essais de type doivent comprendre les essais électriques effectués sur le câble complet, spécifiés en 12.3.1 et 13.3 et les essais non électriques appropriés sur les constituants de câble et sur câble complet, spécifiés en 12.4.

Les essais non électriques sur les constituants de câble et sur câble complet sont résumés au Tableau 5, qui indique les essais applicables à chaque type de matériau d'enveloppe isolante et de gaine extérieure. L'essai de câbles soumis au feu n'est exigé que dans le cas où le fabricant souhaite obtenir la conformité à cet essai comme caractéristique particulière du type du câble.

13.3 Essai de type sur câble complet

Les essais de a) à f) doivent être effectués en séquence sur un échantillon de câble complet d'au moins 10 m de longueur, accessoires d'essais non compris:

- a) essai d'enroulement du câble (voir 12.3.3) suivi de l'installation des accessoires et d'un essai de décharges partielles (voir 12.3.4);
- b) mesure de $\tan \delta$ (voir 12.3.5);

NOTE Cet essai peut être effectué sur un échantillon différent de câble, muni d'extrémités d'essai spéciales différentes de celles utilisées pour le reste de la séquence d'essais.

- c) essai de cycles de chauffage sous tension (voir 12.3.6), suivi d'un essai de décharges partielles à température ambiante (voir 12.3.4), qui doit être effectué après le dernier cycle ou, en variante, après l'essai de chocs de foudre (voir le point d) ci-dessous);
- d) essai aux chocs de foudre, suivi d'un essai de tenue sous tension à fréquence industrielle (voir 12.3.7);
- e) essai de décharges partielles à la température ambiante (voir 12.3.4), s'il n'a pas été effectué en c) ci-dessus;
- f) examen du câble après la réalisation de l'ensemble des essais ci-dessus (voir 12.3.8).

La mesure de la résistivité des écrans semi-conducteurs (voir 12.3.9) doit être réalisée sur un échantillon séparé.

Les tensions d'essai doivent être en accord avec les valeurs figurant dans la colonne appropriée du Tableau 4.

14 Essais de type des accessoires

Les essais spécifiés dans cet article ont pour but de démontrer le comportement satisfaisant des accessoires seuls.

Les essais de type des accessoires sont résumés à l'Annexe C.

NOTE Les essais ayant trait au comportement environnemental des extrémités ne sont pas compris dans cette norme.

14.1 Etendue de l'acceptation de l'essai de type

Lorsque les essais de type ont été réalisés avec succès sur un ou plusieurs accessoires avec un ou plusieurs câbles de section(s) spécifique(s), de même tension assignée et de même constitution, l'acceptation de type doit être considérée comme valable pour les accessoires du domaine d'application de la présente norme avec d'autres tensions assignées et constitutions et avec d'autres câbles si toutes les conditions suivantes sont remplies:

- a) le groupe de tension n'est pas supérieur à celui du ou des accessoires essayés;

NOTE Dans ce contexte, les accessoires du même groupe de tension assignée sont ceux qui ont des tensions assignées ayant une même valeur de U_m , tension la plus élevée pour le matériel, et par conséquent les mêmes valeurs de tension d'essai (voir Tableau 4, colonnes 1 et 2). Par exemple, les essais conduits sur un accessoire de tension assignée U égale à 66 kV couvriront également les accessoires pour les tensions assignées U de 60 kV et de 69 kV.

- b) le câble avec une autre section d'âme, un autre groupe de tension assignée et une autre construction est dans l'étendue de l'acceptation de l'essai de type comme indiqué en 13.1. Si le gradient nominal calculé sur l'écran sur enveloppe isolante n'est pas supérieur à 2,5 kV/mm, l'acceptation doit être considérée comme valable pour les accessoires sur tous les câbles de cette étendue.

- c) l'accessoire a la même constitution ou une constitution similaire à celle du ou des accessoires essayés;

NOTE Des accessoires sont considérés comme étant de constitution similaire si la nature et le procédé de fabrication de l'enveloppe isolante et des écrans semi-conducteurs sont les mêmes. Il n'est pas nécessaire de répéter les essais de type électriques en raison de différences dans le type de connecteur ou de matériau ou des couches protectrices appliquées sur l'isolation principale de l'accessoire, à moins que ces différences ne soient susceptibles d'avoir un effet significatif sur les résultats d'essai. Dans certains cas il peut être opportun de reprendre un ou plusieurs des essais de type (par exemple les essais de décharges partielles).

- d) la valeur calculée du gradient nominal dans l'isolation principale de l'accessoire et à l'interface entre câble et accessoire n'est pas supérieure à celle du ou des accessoires essayés.

Un procès-verbal d'essai de type signé par le représentant d'un organisme de contrôle compétent, ou un rapport établi par le fabricant donnant les résultats des essais et signé par le responsable habilité, ou un procès-verbal d'essai de type établi par un laboratoire d'essais indépendant, constituent des preuves acceptables de l'exécution des essais de type.

14.2 Résumé des essais de type

Les accessoires doivent satisfaire aux essais spécifiés en 14.3.1 et 14.3.2.

La longueur minimum de câble entre accessoires doit être de 5 m.

Un accessoire de chaque type doit être essayé.

Les accessoires doivent être montés avant le premier essai de décharges partielles.

Les accessoires doivent être montés conformément aux instructions du fabricant avec les qualités et les quantités de matériaux compris dans la fourniture, lubrifiants éventuels inclus.

La surface externe des accessoires doit être sèche et propre, mais ni les câbles ni les accessoires ne doivent être soumis à un conditionnement qui ne soit pas spécifié dans les instructions du fabricant, susceptible de modifier les caractéristiques électriques, thermiques ou mécaniques.

Pendant les essais des points a) à e) de 14.3.2, la jonction doit être munie de sa protection externe. S'il peut être démontré que cette protection n'exerce pas d'influence sur le comportement de l'enveloppe isolante de la jonction, par exemple qu'il n'y a pas d'effet thermo-mécanique ou de compatibilité, la protection peut être omise.

14.3 Essais de type électriques des accessoires

14.3.1 Valeurs des tensions d'essais

Avant d'effectuer les essais de type électriques sur les accessoires, on doit mesurer l'épaisseur de l'enveloppe isolante du câble et, si nécessaire, ajuster les tensions d'essais aux valeurs fixées en 12.3.1.

14.3.2 Essais et séquence d'essais

Les accessoires doivent être soumis à la séquence d'essais suivantes:

- a) essai de décharges partielles à la température ambiante (voir 12.3.4);
- b) essai de cycles de chauffage sous tension (voir 12.3.6);

NOTE Le câble peut être installé en U avec un diamètre conforme à 12.3.3.

- c) essais de décharges partielles (voir 12.3.4).

- à température ambiante,
- à température élevée.

Les essais doivent être effectués après le dernier cycle du point b) ci-dessus ou, en variante, après l'essai aux chocs de foudre du point d) ci-dessous;

- d) essai aux chocs de foudre, suivi d'un essai de tenue sous tension à fréquence industrielle (voir 12.3.7);
- e) essais de décharges partielles, s'ils n'ont pas été réalisés au point c) ci-dessus;
- f) essais de la protection extérieure des jonctions (voir Annexe H);

NOTE 1 Ces essais peuvent être réalisés sur une jonction qui a satisfait à l'essai du point b), essai de cycles de chauffage sous tension, ou sur une jonction distincte qui a subi avec succès au moins trois cycles thermiques (voir Annexe H).

NOTE 2 Si la jonction n'est pas soumise à des conditions humides en service (c'est-à-dire non directement enterrée dans le sol, ou sans immersion intermittente ou permanente dans l'eau), les essais du point f) peuvent être omis.

- g) examen des accessoires après la réalisation de l'ensemble des essais ci-dessus (voir 12.3.8.1).

Les tensions d'essai doivent être en accord avec les valeurs figurant dans la colonne appropriée du Tableau 4.

15 Essais électriques après pose

Les essais des liaisons neuves sont effectués lorsque l'installation du câble et de ses accessoires est terminée.

Un essai de la gaine extérieure en courant continu selon 15.1, et/ou un essai de l'enveloppe isolante en courant alternatif selon 15.2, est recommandé. Pour les installations pour lesquelles seul un essai de la gaine extérieure selon 15.1 est effectué, des procédures d'assurance qualité pendant la réalisation des accessoires peuvent, selon accord entre fournisseur et entrepreneur, remplacer l'essai de l'enveloppe isolante.

15.1 Essai sous tension continue de la gaine extérieure

Le niveau de tension et la durée spécifiés à l'Article 5 de la CEI 60229 doivent être appliqués entre chaque gaine métallique ou écran métallique et la terre.

Pour que l'essai soit efficace, il est nécessaire que la terre soit en bon contact avec toute la surface externe de la gaine extérieure. A cet égard, une couche conductrice sur la gaine extérieure peut s'avérer utile.

15.2 Essai sous tension alternative de l'enveloppe isolante

La tension d'essai alternative à appliquer doit faire l'objet d'un accord entre le fournisseur et l'entrepreneur. La forme d'onde doit être sensiblement sinusoïdale et la fréquence comprise entre 20 Hz et 300 Hz. Une tension conforme au Tableau 4, colonne 9, doit être appliquée pendant 1 h.

En variante, on peut appliquer une tension de U_0 pendant 24 h.

NOTE Pour des installations qui ont été exploitées, on peut utiliser des tensions plus faibles et/ou de durées plus courtes. Il convient de négocier les valeurs en fonction de l'âge, de l'environnement, des précédents claquages et du but poursuivi en effectuant l'essai.

Tableau 1 – Mélanges isolants pour câbles

Mélange isolant	Température maximale de l'âme °C	
	Service normal	Court-circuit (durée maximale 5 s)
Polyéthylène thermoplastique à basse densité (PE)	70	130 ¹⁾
Polyéthylène thermoplastique à haute densité (PEHD)	80	160 ¹⁾
Polyéthylène réticulé (PR)	90	250
Caoutchouc d'éthylène-propylène (EPR)	90	250
Caoutchouc d'éthylène-propylène dur ou à module élevé (HEPR)	90	250

¹⁾ Pour le PE et le PEHD, des températures de court-circuit dépassant de 20 °C au plus les températures indiquées peuvent être acceptées si des couches semi-conductrices convenables sont utilisées sur l'âme et sur l'enveloppe isolante et après accord entre le fabricant et l'acheteur.

Tableau 2 – Mélanges de gaines extérieures pour câbles

Mélange de gaine	Désignation abrégée	Température maximale de l'âme en service normal °C
Polychlorure de vinyle (PVC)	ST ₁	80
	ST ₂	90
Polyéthylène	ST ₃	80
	ST ₇	90

Tableau 3 – Exigences pour $\tan \delta$ pour les mélanges isolants pour câbles

Désignation du mélange (voir 4.2)	PE	PEHD	EPR/ HEPR	PR	
Tan δ maximale	10 ⁻⁴	10	10	50	10 ¹⁾

1) Pour les câbles isolés par un mélange PR contenant des additifs spéciaux, la valeur maximale de tan δ est de 50 $\times$ 10⁻⁴.

Tableau 4 – Tensions d'essai

1	2	3	4 ¹⁾	5 ¹⁾	6 ¹⁾	7 ¹⁾	8 ¹⁾	9
Tension assignée	Tension la plus élevée pour le matériel	Valeur de U_0 pour la détermination des tensions d'essai	Tension d'essai selon 9.3 et 12.3.7	Essai de décharges partielles selon 9.2 et 12.3.4	Mesure de $\tan \delta$ selon 12.3.5	Essai de cycles de chauffage sous tension selon 12.3.6	Essais aux chocs de foudre selon 12.3.7	Essai de tension après pose selon 15.2
U	U_m	U_0	$2,5 U_0$	$1,5 U_0$	U_0	$2 U_0$		
kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV
45 à 47	52	26	65	39	26	52	250	52
60 à 69	72,5	36	90	54	36	72	325	72
110 à 115	123	64	160	96	64	128	550	128
132 à 138	145	76	190	114	76	152	650	132
150 à 161	170	87	218	131	87	174	750	150

¹⁾ Si nécessaire ces tensions d'essai doivent être adaptées comme indiqué en 12.3.1.

Tableau 5 – Essais de type non électriques pour mélanges pour enveloppes isolantes et pour gaines extérieures de câbles

	Enveloppe isolante					Gaine extérieure			
Désignation du mélange (voir 4.2 and 4.3)	PE	PEHD	EPR	HEPR	PR	ST ₁	ST ₂	ST ₃	ST ₇
Vérification de la construction Essai de pénétration d'eau ¹⁾	Applicables quels que soient les matériaux de l'enveloppe isolante et de gaine								
Propriétés mécaniques (Résistance à la traction et allongement à la rupture)									
a) Sans vieillissement	x	x	x	x	x	x	x	x	x
b) Après vieillissement en étuve à air	x	x	x	x	x	x	x	x	x
c) Après vieillissement dans la bombe à air	—	—	x	x	—	—	—	—	—
d) Après vieillissement du câble complet (essai de compatibilité)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Essai de pression à haute température	—	—	—	—	—	x	x	—	x
Comportement à basse température									
a) Essai d'allongement à froid	—	—	—	—	—	x	x	—	—
b) Choc mécanique à froid	—	—	—	—	—	x	x	—	—
Perte de masse en étuve à air	—	—	—	—	—	—	x	—	—
Essai de chocs thermiques	—	—	—	—	—	x	x	—	—
Essai de résistance à l'ozone	—	—	x	x	—	—	—	—	—
Essai d'allongement à chaud	—	—	x	x	x	—	—	—	—
Mesure de la masse volumique	—	x	—	—	—	—	—	—	—
Mesure du taux de noir de carbone ²⁾	—	—	—	—	—	—	—	x	x
Essai de rétraction	x	x	—	—	x	—	—	x	x
Détermination de la dureté	—	—	—	x	—	—	—	—	—
Détermination du module d'élasticité	—	—	—	x	—	—	—	—	—
Essai du câble soumis au feu ³⁾	—	—	—	—	—	x	x	—	—

NOTE x indique que l'essai de type est à appliquer.

¹⁾ A appliquer aux technologies de câbles pour lesquelles le fabricant déclare avoir prévu des barrières empêchant les pénétrations longitudinales de l'eau.

²⁾ Seulement pour les gaines extérieures de couleur noire.

³⁾ N'est applicable que lorsque le fabricant désire la conformité pour le modèle du câble.