

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 150 kV ($U_m = 170$ kV) up to 500 kV ($U_m = 550$ kV) – Test methods and requirements

Câbles d'énergie à isolation extrudée et leurs accessoires pour des tensions assignées supérieures à 150 kV ($U_m = 170$ kV) et jusqu'à 500 kV ($U_m = 550$ kV) – Méthodes et prescriptions d'essai



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2006 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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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 150 kV ($U_m = 170$ kV) up to 500 kV ($U_m = 550$ kV) – Test methods and requirements

Câbles d'énergie à isolation extrudée et leurs accessoires pour des tensions assignées supérieures à 150 kV ($U_m = 170$ kV) et jusqu'à 500 kV ($U_m = 550$ kV) – Méthodes et prescriptions d'essai

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

CM

CONTENTS

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

12	Type tests on cable systems	17
12.1	General	17
12.2	Range of type approval	17
12.3	Summary of type tests	18
12.4	Electrical type tests on complete cable systems	18
12.5	Non-electrical type tests on cable components and on complete cable	22
13	Prequalification test of the cable system	25
13.1	Range of prequalification test approval	25
13.2	Prequalification test on complete cable system	26
14	Electrical tests after installation	27
14.1	DC voltage test of the oversheath	27
14.2	AC voltage test of the insulation	27
	Annex A (normative) Rounding of numbers	34
	Annex B (normative) Method of measuring resistivity of semi-conducting screens	35
	Annex C (normative) Water penetration test	37
	Annex D (normative) Tests of outer protection for buried joints	39
	Bibliography	41
	Figure B.1 – Preparation of samples for measurement of resistivity of conductor and insulation screens	36
	Figure C.1 – Schematic diagram of apparatus for water penetration test	38
	Table 1 – Insulating compounds for cables	28
	Table 2 – Tan δ requirements for insulating compounds for cables	28
	Table 3 – Test voltages	28
	Table 4 – Non-electrical type tests for insulating and oversheathing compounds for cables	29
	Table 5 – Test requirements for mechanical characteristics of insulating compounds for cables (before and after ageing)	30
	Table 6 – Test requirements for mechanical characteristics of oversheathing compounds for cables (before and after ageing)	31
	Table 7 – Test requirements for particular characteristics of insulating compounds for cables	32
	Table 8 – Carbon black content of thermoplastic polyethylene oversheathing compounds for cables	32
	Table 9 – Test requirements for particular characteristics of PVC oversheathing compounds for cables	33
	Table 10 – AC test voltages after installation	33
	Table D.1 – Impulse voltage tests	40

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**POWER CABLES WITH EXTRUDED INSULATION AND THEIR ACCESSORIES
FOR RATED VOLTAGES ABOVE 150 kV ($U_m = 170$ kV)
UP TO 500 kV ($U_m = 550$ 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 62067 has been prepared by IEC technical committee 20: Electric cables

This consolidated version of IEC 62067 consists of the first edition (2001) [documents 20/482/FDIS and 20/489/RVD] and its amendment 1 (2006) [documents 20/784/FDIS and 20/802/RVD].

The technical content is therefore identical to the base edition and its amendment and has been prepared for user convenience.

It bears the edition number 1.1.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendment 1.

Annexes A, B, C and D form an integral part of this standard.

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

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62067:2001+AMD1:2006 CSV

Withdrawn

INTRODUCTION

As a result of major developments in cable systems with extruded insulation for voltages above 150 kV, CIGRE Study Committee 21 set up Working Group (WG) 21.03 in 1990. The terms of reference of WG 21.03 were *"to prepare recommendations for electrical type tests, sample and routine tests, based on extending IEC 60840 (1988) up to 400 kV and to make proposals for prequalification/development tests which, as a minimum, should be performed"*.

WG 21.03 reported that the extension of IEC 60840 to voltages above 150 kV needed extra consideration because of the following factors:

- such cables form part of the backbone of the transmission system and, therefore, reliability considerations are of the highest priority;
- these cables and their accessories operate with higher electrical stresses than cables up to 150 kV and, as a result, have a smaller safety margin with respect to the intrinsic performance boundaries of the cable system;
- such cables and accessories have a thicker insulation wall than those up to 150 kV and, as a result, are subjected to greater thermomechanical effects;
- the design and coordination of the cables and accessories become more difficult with increasing system voltage levels.

The recommendations of the WG 21.03 were published in Electra No. 151 in December 1993 and taken into account by IEC in 1995 in the preparation of this standard for cable systems with extruded insulation for voltages above 150 kV. IEC considered that this new standard should also cover the 500 kV level. Thus, at its meeting in September 1996, CIGRE Study Committee 21 set up a Task Force 21.18 to study the extension of the initial recommendations to the 500 kV level. The updated recommendations were cited in Electra No. 193 in December 2000 and again taken into account by IEC in the preparation of this standard.

Compared with IEC 60840, first edition (1988), revised and published in 1999 as IEC 60840 edition 2, there is a major difference: CIGRE advised that, in order to gain some indication of the long term reliability of a cable system, it is necessary to carry out a long term accelerated ageing test. This test, known as the "prequalification test", is to be performed on the complete system comprising the cable, joints and terminations in order to demonstrate the performance of the system.

In addition, CIGRE WG 21.09, given the task to study tests after installation on high-voltage extruded insulation cable systems, published its recommendations in Electra No 173 in August 1997. In the preparation of this International Standard, account has also been taken of these recommendations which 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 150 kV ($U_m = 170$ kV)
UP TO 500 kV ($U_m = 550$ kV) –
TEST METHODS AND REQUIREMENTS**

1 Scope

This International Standard specifies test methods and requirements for power cable systems, cables with extruded insulation and their accessories for fixed installations, for rated voltages above 150 kV ($U_m = 170$ kV) up to and including 500 kV ($U_m = 550$ kV).

The requirements apply to single-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 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 2: 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 60840:2004, *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.*

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

3 Definitions

For the purpose of this International Standard, 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 complete cable or components taken from a complete 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 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

prequalification test

test made before supplying on a general commercial basis a type of cable system covered by this standard, in order to demonstrate satisfactory long term performance of the complete cable system. The prequalification test need only be carried out once unless there is a substantial change in the cable system with respect to material, manufacturing process, design and design levels

NOTE A substantial change is defined as that which might adversely affect the performance of the cable system. The supplier should provide a detailed case, including test evidence, if modifications are introduced, which are claimed not to constitute a substantial change.

3.2.5

electrical tests after installation

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

3.3

cable system

cable with installed accessories

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 the materials listed in table 1, which also specifies for cables with 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:

- ST₁ and ST₂ based on PVC;
- ST₃ and ST₇ based on polyethylene.

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

The maximum conductor temperatures in normal operation given in IEC 60840 apply to this standard.

5 Precautions against water penetration in cables

When cable systems are installed in the ground, in easily flooded galleries or in 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, either by agreement between the purchaser and the manufacturer or as recommended by the manufacturer, 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 12.5.14.

6 Cable characteristics

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

6.1 Rated voltage: values shall be given for U_0 , U , U_m (see 4.1 and 8.5).

6.2 Type of conductor, its material and nominal cross-sectional area, in square millimetres. Presence, if any, and nature of measures taken to achieve longitudinal watertightness. If the nominal cross-sectional area is not in accordance with IEC 60228, the d.c. conductor resistance shall be declared.

6.3 Material and nominal thickness of insulation (see 4.2).

6.4 Type of manufacturing process for insulation system.

6.5 Presence, if any, and nature of watertightness measures in screening area.

6.6 Material and construction of metallic screen, e.g. number and diameter of wires, if any. Material, construction and nominal thickness of metallic sheath, if any. The d.c. resistance of the metallic screen shall be declared.

6.7 Material and nominal thickness of oversheath.

6.8 Nominal diameter over conductor (d).

6.9 Nominal diameter over complete cable (D).

6.10 Nominal capacitance between conductor and metallic screen/sheath.

7 Accessory characteristics

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

7.1 Conductor connectors used within the accessories shall be correctly identified with respect to

- assembly technique;
- tooling, dies and necessary setting;
- preparation of contact surfaces, if applicable;
- type, reference number and any other identification of the connector.

7.2 Accessories to be tested shall be correctly identified with respect to

- name of manufacturer;
- type, designation, manufacturing date or date code;
- rated voltage (see 6.1);
- 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 voltage

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 Waveform of switching impulse test voltage

In accordance with IEC 60060-1, the standard switching impulse voltage shall have a time to peak of $250 \mu\text{s} \pm 50 \mu\text{s}$ and a time to half value of $2\,500 \mu\text{s} \pm 1\,500 \mu\text{s}$.

8.5 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 3.

For cables and accessories of rated voltage 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, as defined in IEC 60183.

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 and on the main insulation of each prefabricated accessory, to check that the whole of each cable length and that the main insulation of each prefabricated accessory complies with the requirements.

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

- 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 applicability of the test on the oversheath of the cable, in item c) above, when the test is specified in the particular contract or order, depends upon the function of the oversheath in the installation (see IEC 60229). Therefore, this test shall only be carried out when required for the particular contract.

The main insulation of prefabricated accessories is required to undergo partial discharge and voltage routine tests according to alternative 1), 2) or 3) below:

- 1) on the main insulation of prefabricated 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 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 and essential to control the electrical field 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 follow the same principles.

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 3, column 5).

There shall be no detectable discharge 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 the specified value which shall then be held for the specified time between the conductor and metallic screen/sheath according to table 3, column 4.

No breakdown of the insulation shall occur.

9.4 Electrical test on oversheath of the cable

If required for the particular contract or order, the oversheath shall be subjected to the routine 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 complete drum lengths of cable, taken to represent batches:

- a) conductor examination (see 10.4);
- b) measurement of electrical resistance of conductor (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 and EPR insulations (see 10.9);
- g) measurement of capacitance (see 10.10);
- h) measurement of density of HDPE insulation (see 10.11);
- i) lightning impulse voltage test followed by a power frequency voltage test (see 10.12);
- j) water penetration test, if applicable (see 12.5.14).

10.2 Frequency of tests

The sample tests in items a) to h) in 10.1 shall be carried out on one length from each batch 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) in 10.1 shall be according to agreed quality control procedures. In the absence of such an agreement, tests shall be made on the following basis:

Size of order (core length)	Number of samples
>4 km and ≤20 km	1
>20 km	2

10.3 Repetition of tests

If the sample from any length selected for the tests fails in any of the tests in clause 10, 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 shall be checked by inspection and measurement when practicable.

10.5 Measurement of electrical resistance of conductor

The complete 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 temperature is not the same as the room temperature, the resistance shall be measured after the cable has been in the test room for at least 24 h. Alternatively, the resistance may be measured on a sample of conductor, conditioned for at least 1 h in a temperature-controlled liquid bath.

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

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

10.6 Measurement of thickness of insulation and cable 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:

$$\frac{t_{\max} - t_{\min}}{t_{\max}} \leq 0,10$$

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 the nominal thickness by more than 0,1 mm + 15 % of the nominal thickness:

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

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 A 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 sheaths.

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

If the cable has a lead or lead alloy sheath, the minimum thickness of the metallic sheath shall not fall below the nominal thickness by more than 0,1 mm + 5 % of the nominal thickness, i.e.

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

The thickness of the lead 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 lead sheath about 50 mm in length removed from the complete 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 lead 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 lead 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 measurements shall be made with a micrometer having ball noses of radii about 3 mm. The accuracy shall be $\pm 0,01$ mm.

If the cable has an aluminium sheath, the minimum thickness of the metallic sheath shall not fall below the nominal thickness by more than 0,1 mm + 10 % of the nominal thickness for plain aluminium sheath, i.e.

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

and by more than 0,1 mm + 15 % of the nominal thickness for corrugated aluminium sheath, i.e.

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

The measurements shall be made on a ring of the aluminium sheath, about 50 mm wide, carefully removed from the complete 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 and EPR 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 7.

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 7.

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 requirement given in table 7.

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

The test shall be performed on a complete cable at least 10 m in length excluding test accessories, at a 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 cable shall withstand without failure 10 positive and 10 negative voltage impulses of the appropriate value given in table 3, column 7.

After the impulse voltage test, the cable sample shall be subjected to a power frequency voltage test at $2 U_0$ for 15 min (see table 3, column 8). 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 shall occur.

11 Sample tests on accessories

Under consideration.

12 Type tests on cable systems

12.1 General

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 of the test assemblies.

During tests c) to g) of 12.4.2, 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.

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

12.2 Range of type approval

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

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

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.

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

- c) the cable and the accessories have the same or a similar construction as that of the tested cable system,

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 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, 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) calculated maximum electrical stresses on the conductor and insulation screens, in the main insulation part(s) of the accessory and in boundaries are equal to or lower than for the tested cable and accessory.

NOTE If the voltage group is the same, if the cable conductor cross-section is smaller and if the insulation thickness is not less than that of the tested cable, calculated maximum electrical stress on the conductor may be 10 % higher than that of the tested cable.

The type tests on cable components (see 12.5) need not be carried out on samples from cables of different voltage ratings and/or conductor cross-sectional areas unless different materials are used to produce them. However, repetition of the ageing tests on pieces of complete cable to check compatibility of materials (see 12.5.4) 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.

12.3 Summary of type tests

The type tests shall comprise the electrical tests on the complete cable system as specified in 12.4 and the appropriate non-electrical tests on cable components and complete cable as specified in 12.5.

The electrical tests shall be carried out in sequence on one sample of the cable system, except as provided for in 12.4.3.

The non-electrical tests on cable components and complete cable are summarized in table 4, 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.

12.4 Electrical type tests on complete cable systems

The tests listed in 12.4.2 shall be performed on one or more samples of complete 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.

With the exception of the provisions of 12.4.3, all the tests listed in 12.4.2 shall be applied successively to the same sample. The accessories shall be installed after the bending test on the cable. One sample of each accessory type shall be tested.

Measurement of resistivity of semi-conducting screens described in 12.4.11 shall be made on a separate sample.

12.4.1 Test voltage values

Prior to the electrical type tests, the insulation thickness 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 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 3 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 %.

12.4.2 Sequence of tests

Tests shall be carried out in the following sequence:

- a) bending test on the cable (see 12.4.4) followed by installation of accessories and a partial discharge test at ambient temperature (see 12.4.5);
- b) $\tan \delta$ measurement (see 12.4.6);
- c) heating cycle voltage test (see 12.4.7);
- d) partial discharge tests (see 12.4.5):
 - 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 f) below;

- e) switching impulse voltage test (required for $U_m \geq 300$ kV, see 12.4.8);
- f) lightning impulse voltage test followed by a power frequency voltage test (see 12.4.9);
- g) partial discharge tests, if not previously carried out in item d) above;
- h) tests of outer protection for buried joints (see annex D);

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 passed at least three thermal cycles (see annex D).

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), these tests may be omitted.

- i) examination of the cable system with cable and accessories shall be carried out after completion of the tests above (see 12.4.10).

12.4.3 Special provisions

The test in item b) of 12.4.2 may be carried out on a different cable sample with special test terminations from that used for the remainder of the sequence of tests listed in 12.4.2.

12.4.4 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

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

where

d is the nominal diameter of the conductor, in millimetres (see 6.8);

D is the nominal external diameter of the cable, in millimetres (see 6.9).

On completion of this test, the accessories shall be installed on the cable. The test assembly shall be subjected to a partial discharge test at ambient temperature and shall comply with the requirements specified in 12.4.5.

12.4.5 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 3, column 5).

At high temperature, the test shall be performed on the assembly at a cable conductor temperature $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 from the test object at $1,5 U_0$.

12.4.6 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 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 2.

12.4.7 Heating cycle voltage test

The cable shall have a U-bend with a diameter as specified in 12.4.4.

The assembly shall be heated by conductor current until the cable conductor reaches a steady temperature $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ of ambient temperature, with a maximum of $45\text{ }^{\circ}\text{C}$. 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 $2 U_0$ (see table 3, column 6) shall be applied to the assembly.

The assembly at high temperature and at ambient temperature shall be subjected to and shall comply with the requirements of the partial discharge test in accordance with 12.4.5 after the final cycle or, alternatively, after the impulse voltage test in 12.4.9.

12.4.8 Switching impulse voltage test

A switching impulse voltage test shall be carried out on the assembly for systems, cables and accessories of voltage $U_m \geq 300$ kV.

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 conductor temperature shall be maintained within the stated temperature limits for at least 2 h.

The impulse voltage shall be applied according to the procedure given in IEC 60230 with standard switching impulse withstand voltage levels according to table 3, column 9.

The assembly shall withstand without failure or flashover 10 positive and 10 negative voltage impulses.

12.4.9 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 conductor temperature shall be maintained within the stated temperature limits for at least 2 h.

The lightning 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 3, column 7.

After the lightning impulse voltage test, the assembly shall be subjected to a power frequency voltage test at $2 U_0$ for 15 min (see table 3, column 8). 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.

If not previously carried out at the end of the heating cycle voltage test in 12.4.7, the assembly at high temperature and at ambient temperature shall be subjected to and shall comply with the requirements of a partial discharge test in accordance with 12.4.5.

12.4.10 Examination

Examination of the cable system with cable and accessories with unaided vision shall reveal no signs of deterioration (e.g. electrical degradation, leakage, corrosion or harmful shrinkage) which could affect the system in service operation.

12.4.11 Resistivity of semi-conducting screens

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 as specified in 12.5.4.

12.4.11.1 Procedure

The test procedure shall be in accordance with annex B.

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

12.4.11.2 Requirements

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

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

12.5 Non-electrical type tests on cable components and on complete cable

Details of the tests are specified in 12.5.1 to 12.5.14.

12.5.1 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.

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

12.5.2.1 Sampling

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

12.5.2.2 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 5.

12.5.2.3 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.

12.5.2.4 Requirements

The test results for unaged and aged test pieces shall comply with the requirements given in table 5.

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

12.5.3.1 Sampling

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

12.5.3.2 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 6.

12.5.3.3 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.

12.5.3.4 Requirements

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

12.5.4 Ageing tests on pieces of complete cable to check compatibility of materials

12.5.4.1 General

The ageing test on pieces of complete 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.

12.5.4.2 Sampling

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

12.5.4.3 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 5);
- duration: 7×24 h.

12.5.4.4 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.

12.5.4.5 Requirements

The variations between the median values of tensile strength and elongation at break after ageing, and the corresponding values obtained without ageing (see 12.5.2 and 12.5.3), shall not exceed the values applying to the test after ageing in an air oven as given in table 5 for insulations and in table 6 for oversheaths.

12.5.5 Loss of mass test on PVC oversheaths of type ST₂

12.5.5.1 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.

12.5.5.2 Requirements

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

12.5.6 Pressure test at high temperature on oversheaths

12.5.6.1 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 6.

12.5.6.2 Requirements

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

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

12.5.7.1 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.

12.5.7.2 Requirements

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

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

12.5.8.1 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.

12.5.8.2 Requirements

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

12.5.9 Ozone resistance test for EPR insulation

12.5.9.1 Procedure

EPR insulation 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 7.

12.5.9.2 Requirements

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

12.5.10 Hot set test for EPR and XLPE insulations

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

12.5.11 Measurement of density of HDPE insulation

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

12.5.12 Measurement of carbon black content of black PE oversheaths

12.5.12.1 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.

12.5.12.2 Requirements

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

12.5.13 Test under fire conditions

The test under fire conditions in accordance with IEC 60332-1 shall be carried out on a sample of complete 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.

12.5.14 Water penetration test

The water penetration test shall be applied to those designs of cable where barriers to longitudinal water penetration have been included. 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 test is applicable to the following cable designs:

- a) a barrier is included which prevents longitudinal water penetration along the gap between the outer surface of the insulation screen and the water impermeable barrier;
- b) a barrier is included which prevents longitudinal water penetration along the conductor.

The apparatus, sampling, test procedure and requirements shall be in accordance with annex C.

13 Prequalification test of the cable system

13.1 Range of prequalification test approval

When a prequalification test has been successfully performed on a cable system, it qualifies the manufacturer as a supplier of cable systems with the same or lower voltage ratings as long as the calculated electrical stresses at the insulation screen are equal to or lower than for the cable system tested.

NOTE It is recommended to carry out a prequalification test using a cable of a large conductor cross-section in order to cover thermomechanical aspects.

A prequalification 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 prequalification test certificate issued by an independent test laboratory shall be acceptable as evidence of prequalification testing.

13.2 Prequalification test on complete cable system

The prequalification test shall comprise the electrical tests on the complete cable system with approximately 100 m of full sized cable including at least one of each type of accessory. The normal sequence of tests shall be as follows:

- a) heating cycle voltage test (see 13.2.3);
- b) lightning impulse voltage test on cable samples (see 13.2.4);
- c) examination of the cable system after completion of the tests above (see 13.2.5).

NOTE The prequalification test may be omitted if an alternative long term test has been carried out and satisfactory service experience can be demonstrated.

13.2.1 Check on insulation thickness of cable for electrical prequalification test

Prior to the electrical prequalification test, the insulation thickness 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 thickness is not excessive compared with the nominal value.

The requirements for the nominal value are as given in 12.4.1.

13.2.2 Test arrangement

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 test arrangement shall be representative of the installation design conditions e.g. rigidly fixed, flexible and transition arrangements, underground and in air. In particular, special attention shall be paid to thermo-mechanical aspects of accessories.

Ambient conditions may vary between installations and during the test and are not considered to have any major influence. Temperature limits of 8.1 do not apply.

13.2.3 Heating cycle voltage test

The assembly shall be heated by conductor current until the cable conductor reaches a temperature 0 °C to 5 °C above the maximum conductor temperature in normal operation. Variable ambient conditions may require adjustment of the conductor current during the test.

The heating arrangements shall be selected so that the cable conductor attains the temperature specified above, remote from the accessories.

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.

A voltage of 1,7 U_0 and heating cycles shall be applied to the assembly during the whole of the test period of 8 760 h. The cycles of heating and cooling shall be carried out at least 180 times.

No breakdown shall occur.

13.2.4 Lightning impulse voltage test on cable samples

The test shall be performed on one or more cable samples, with a minimum total active length of 30 m, cut from the assembly with the cable conductor temperature 0 °C to 5 °C above the maximum conductor temperature in normal operation. The conductor temperature shall be maintained within the stated temperature limits for at least 2 h.

NOTE As an alternative, the test may be carried out on the whole test assembly.

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

The cable samples shall withstand without failure 10 positive and 10 negative voltage impulses of the appropriate value given in table 3, column 7.

13.2.5 Examination

Examination of the cable system with cable and accessories with unaided vision shall reveal no signs of deterioration (e.g. electrical degradation, moisture ingress, leakage, corrosion or harmful shrinkage) which could affect the system in service operation.

14 Electrical tests after installation

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

An oversheath test according to 14.1 and/or an a.c. insulation test according to 14.2 is recommended. For installations where only the oversheath test according to 14.1 is carried out, quality assurance procedures during installation of accessories may, by agreement between the purchaser and contractor, replace the insulation test.

14.1 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 concentric wires or tapes 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.

14.2 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. The voltage shall be applied for 1 h, either with a voltage according to table 10 or with $1,7 U_0$, depending on practical operational conditions.

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 ²⁾	(EPR)	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. ²⁾ Only for cables with rated voltage $U_m = 245$ kV.			

Table 2 – Tan δ requirements for insulating compounds for cables

Designation of compound (see 4.2)	PE	HDPE	EPR	XLPE	
Maximum tan δ	10^{-4}	10	10	30	10

Table 3 – Test voltages

1	2	3	4		5	6	7	8	9
Rated voltage	Highest voltage for equipment	Value of U_0 for determination of test voltages	Voltage test of 9.3		Partial discharge test of 9.2 and 12.4.5	Heating cycle voltage test of 12.4.7	Impulse voltage test of 10.12, 12.4.9 and 13.2.4	Voltage test after impulse voltage test of 10.12 and 12.4.9	Switching impulse voltage test of 12.4.8
U	U_m	U_0	Voltage ¹⁾	Duration ¹⁾	$1,5 U_0$	$2 U_0$		$2 U_0$	
kV	kV	kV	kV	min	kV	kV	kV	kV	kV
220 to 230	245	127	318	30	190	254	1 050	254	–
275 to 287	300	160	400	30	240	320	1 050	320	850
330 to 345	362	190	420	60	285	380	1 175	380	950
380 to 400	420	220	440	60	330	440	1 425	440	1 050
500	550	290	580	60	435	580	1 550	580	1 175

¹⁾ A threshold limit of 27 MV/m to 30 MV/m should not be exceeded for some insulations (as specified by the supplier), in order to avoid any possible weakening of the insulation prior to delivery which might later cause a failure in service. At the voltage test of 9.3, for example for rated voltage 330 kV to 500 kV, the voltage is lowered, combined with a longer testing time in order to avoid too high stresses. For insulations where a threshold limit is not a problem, the supplier may increase the test voltage and reduce the testing time. However, the duration should be at least 30 min.

Subject to agreement between manufacturer and purchaser, the voltage test of 9.3 may be replaced by a test at lower voltage and longer duration, even if the maximum stress in the insulation is lower than 30 MV/m. However, the voltage level shall not be below $1,5 U_0$ and the duration not longer than 10 h.

Table 4 – Non-electrical type tests for insulating and oversheathing compounds for cables

Designation of compound (see 4.2 and 4.3)	Insulation				Oversheath			
	PE	HDPE	EPR	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
b) after ageing in air oven	x	x	x	x	x	x	x	x
c) after ageing in air bomb	—	—	x	—	—	—	—	—
d) after ageing of the complete cable (compatibility test)	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	—	—	—	—	—
Hot set test	—	—	x	x	—	—	—	—
Measurement of density	—	x	—	—	—	—	—	—
Carbon black content ²⁾	—	—	—	—	—	—	x	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 5 – 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
Maximum conductor temperature in normal operation	°C	70	80	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
Minimum elongation at break	%	300	350	200	200
<i>After ageing in air oven</i> (8.1 of IEC 60811-1-2)					
Treatment: temperature	°C	100	110	135	135
tolerance	°C	±2	±2	±3	±3
duration	days	10	10	7	7
Tensile strength					
a) minimum value after ageing	N/mm ²	–	–	–	–
b) maximum variation ¹⁾	%	–	–	±25	±30
Elongation at break					
a) minimum value after ageing	%	300	350	–	–
b) maximum variation ¹⁾	%	–	–	±25	±30
<i>After ageing in air bomb at (55 ± 2) N/cm²</i> (8.2 of IEC 60811-1-2)					
a) Treatment: temperature	°C	–	–	–	127
tolerance	°C	–	–	–	±1
duration	h	–	–	–	40
Maximum variation ¹⁾ of:					
b) Tensile strength	%	–	–	–	±30
c) Elongation at break	%	–	–	–	±30
¹⁾ Variation: difference between the median value obtained after ageing and the median value obtained without ageing, expressed as a percentage of the latter.					

**Table 6 – 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	days	7	7	10	10
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 ageing and the median value obtained without ageing, expressed as a percentage of the latter.					

Table 7 – Test requirements for particular characteristics of insulating compounds for cables

Designation of compound (see 4.2)	Unit	PE	HDPE	XLPE	EPR
<i>Ozone resistance test</i> (clause 8 of IEC 60811-2-1)					
Ozone concentration (by volume)	%	–	–	–	0,025 to 0,030
Test duration without cracks	h	–	–	–	24
<i>Hot set test</i> (clause 9 of IEC 60811-2-1)					
Treatment: air temperature	°C	–	–	200	250
tolerance	°C	–	–	±3	±3
time under load	min	–	–	15	15
mechanical stress	N/cm ²	–	–	20	20
Maximum elongation under load	%	–	–	175	175
Maximum permanent elongation after cooling	%	–	–	15	15
<i>Density</i> (clause 8 of IEC 60811-1-3)					
Minimum density	g/cm ³	–	0,94	–	–

Table 8 – Carbon black content of thermoplastic polyethylene oversheathing compounds for cables

Designation of compound (see 4.3)	Unit	ST ₃	ST ₇
<i>Carbon black content</i> (for black oversheaths only) (clause 11 of IEC 60811-4-1)			
Nominal value	%	2,5	2,5
Tolerance	%	±0,5	±0,5

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	days	–	7
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			
a) Cold elongation test on dumb-bells			
Test temperature	°C	–15	–15
Tolerance	°C	±2	±2
b) Cold impact test			
Test temperature	°C	–15	–15
Tolerance	°C	±2	±2
<i>Heat shock test</i> (9.2 of IEC 60811-3-1)			
1) Test temperature	°C	150	150
Tolerance	°C	±3	±3
2) Test duration	h	1	1
¹⁾ Due to climatic conditions, national standards may require the use of a lower test temperature.			

Table 10 – AC test voltages after installation

Rated voltage		Test voltage (phase-to-ground)
U kV	U_0 kV	kV r.m.s.
220 to 230	127	180
275 to 287	160	210
330 to 345	190	250
380 to 500	220	260
500	290	320

Annex A (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 B (normative)

Method of measuring resistivity of semi-conducting screens

Each test piece shall be prepared from a 150 mm sample of complete 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 B.1a). The insulation screen test piece shall be prepared by removing all the coverings from a sample of core (see figure B.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 B.1a and B.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 screen and the thicknesses 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 B.1b.

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

a) *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.

b) *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.

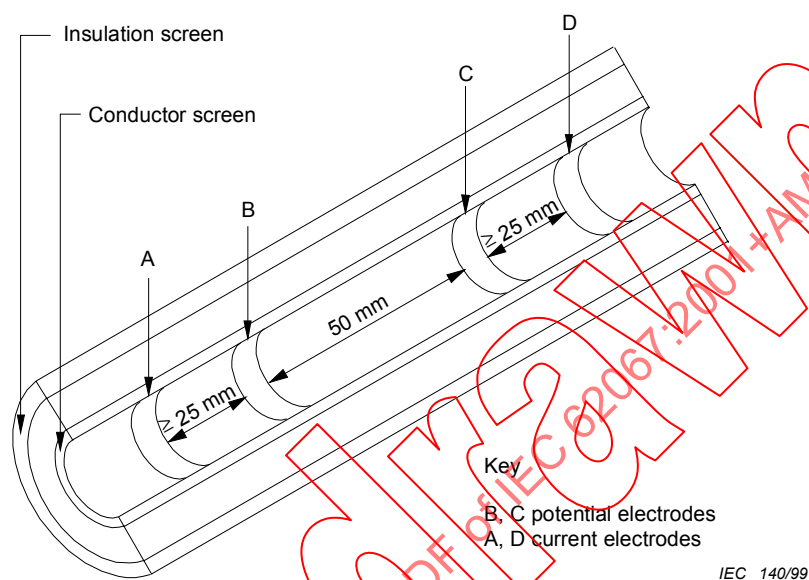


Figure B.1a – Measurement of the volume resistivity of the conductor screen

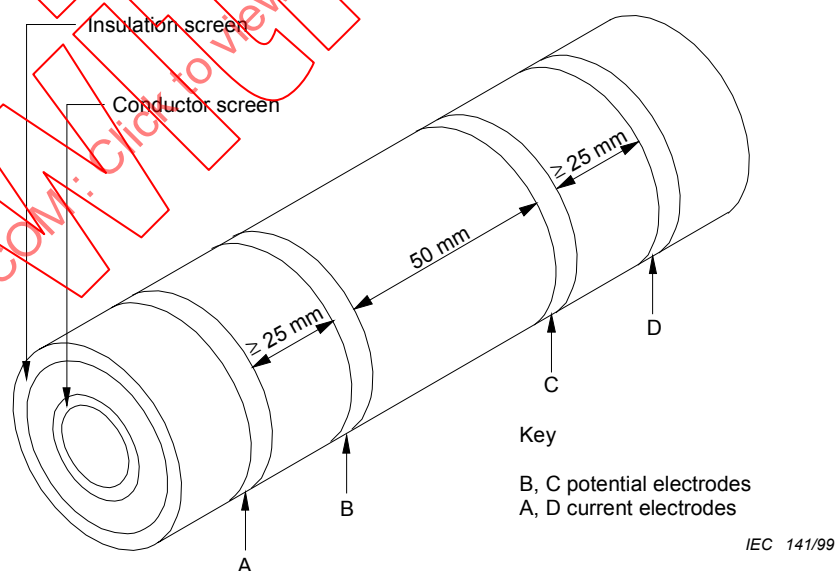


Figure B.1b – Measurement of the volume resistivity of the insulation screen

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

Annex C (normative)

Water penetration test

C.1 Test piece

A sample of complete cable at least 8 m in length which has not been subjected to any of the tests described in 12.4 shall be subjected to the bending test described in 12.4.4.

A 8 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 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 shall be sealed with a suitable material or the outer coverings removed.

Examples of such interfaces include:

- when the cable only has a conductor barrier;
- when the interface is positioned between the oversheath and the metallic sheath.

Arrange a suitable device (see figure C.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). Normal tap water should be used for the test unless otherwise specified.

C.2 Test

The tube is filled within 5 min with 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 C.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 $100 ^\circ\text{C}$.

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.

C.3 Requirements

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

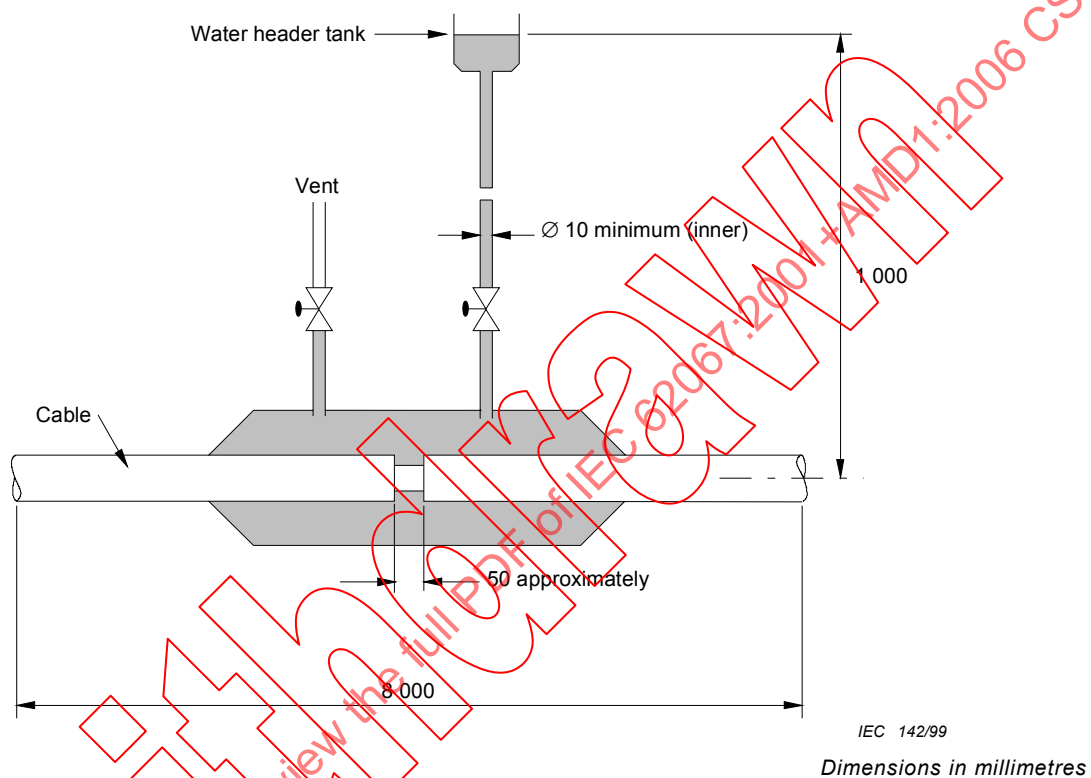


Figure C.1 – Schematic diagram of apparatus for water penetration test

Annex D **(normative)**

Tests of outer protection for buried joints

D.1 General

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 sectionalizing insulation with screen interruption.

D.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 sectionalizing insulation accessory for the smallest and largest diameters of complete cable for which approval is being sought will give approval to such protection for a similar accessory without sheath sectionalizing 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 D.3 and D.4 shall be applied successively to a joint which has passed the heating cycle voltage test (see 12.4.7) or to a separate joint which has undergone at least three thermal cycles without voltage, as specified in 12.4.7.

D.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.

D.4 Voltage tests

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

D.4.1 Assemblies embodying accessories without sheath sectionalizing 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.

D.4.2 Assemblies embodying sheath sectionalizing insulation

D.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.

D.4.2.2 Impulse voltage tests

To test each part to earth, a test voltage in accordance with table D.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 D.1 – Impulse voltage tests

Rated lightning impulse voltage for main insulation ¹⁾	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
1 050	60	95	30	47,5
1 175 to 1 425	75	125	37,5	62,5
1 550	75	145	37,5	72,5

¹⁾ See table 3, column 7.
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.

D.5 Examination of test assembly

On completion of the tests described in D.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

- [1] Guide to the protection of specially bonded cable systems against sheath overvoltages, Electra No. 128, January 1990, pp 46-62
 - [2] Recommendations for electrical tests, type, sample and routine on extruded cables and accessories at voltages above 150 kV ($U_m = 170$ kV) and up to and including 400 kV ($U_m = 420$ kV), Electra No. 151, December 1993, pp 20-28
 - [3] Recommendations for electrical tests prequalification and development on extruded cables and accessories at voltages above 150 kV ($U_m = 170$ kV) and up to and including 400 kV ($U_m = 420$ kV), Electra No. 151, December 1993, pp 14-19
 - [4] CIGRE Technical Brochure: Accessories for HV extruded cables, Electra No. 157, December 1994, pp 84-89
 - [5] After laying tests on high-voltage extruded insulation cable systems, Electra No. 173, August 1997, pp 32-41
 - [6] Recommendations for electrical tests, type, sample and routine on extruded cables and accessories at voltages above 150 kV ($U_m = 170$ kV) and up to and including 500 kV ($U_m = 550$ kV), cited in Electra No 193, December 2000, available at <http://www.cigre.org>
 - [7] Recommendations for electrical tests prequalification and development on extruded cables and accessories at voltages above 150 kV ($U_m = 170$ kV) and up to and including 500 kV ($U_m = 550$ kV), cited in Electra No 193, December 2000, available at <http://www.cigre.org>
-

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	44
INTRODUCTION	46
1 Domaine d'application	47
2 Références normatives	47
3 Définitions	48
3.1 Définitions de valeurs dimensionnelles (épaisseurs, sections, etc.)	48
3.2 Définitions relatives aux essais	48
4 Désignations des tensions et des matériaux	49
4.1 Tensions assignées	49
4.2 Mélanges isolants pour câbles	49
4.3 Mélanges pour gaines extérieures de câbles	49
5 Précautions contre l'entrée d'eau dans les câbles	50
6 Caractéristiques du câble	50
7 Caractéristiques des accessoires	50
8 Conditions d'essai	51
8.1 Température ambiante	51
8.2 Fréquence et forme d'onde des tensions d'essai à fréquence industrielle	51
8.3 Forme d'onde des tensions d'essai en choc de foudre	51
8.4 Forme d'onde des tensions d'essai en choc de manoeuvre	51
8.5 Relations entre tensions d'essai et tensions assignées	51
9 Essais individuels des câbles et de l'isolation principale des accessoires préfabriqués	52
9.1 Généralités	52
9.2 Essai de décharges partielles	52
9.3 Essai de tension	52
9.4 Essai électrique sur la gaine extérieure du câble	53
10 Essais sur prélèvements des câbles	53
10.1 Généralités	53
10.2 Fréquence des essais	53
10.3 Répétition des essais	53
10.4 Examen de l'âme	53
10.5 Mesure de la résistance électrique de l'âme	54
10.6 Mesure de l'épaisseur de l'enveloppe isolante et de celle de la gaine extérieure du câble	54
10.7 Mesure de l'épaisseur de la gaine métallique	55
10.8 Mesure des diamètres	56
10.9 Essai d'allongement à chaud des enveloppes isolantes en PR et en EPR	56
10.10 Mesure de la capacité	56
10.11 Mesure de la masse volumique des enveloppes isolantes en PEHD	56
10.12 Essai à la tension de choc de foudre suivi d'un essai de tension à fréquence industrielle	56
11 Essais sur prélèvements des accessoires	57

12	Essais de type des systèmes de câbles.....	57
12.1	Généralités.....	57
12.2	Etendue de l'acceptation de type.....	57
12.3	Résumé des essais de type.....	58
12.4	Essais électriques sur systèmes de câble complet	58
12.5	Essais de type non électriques sur les constituants du câble et sur câble complet	62
13	Essai de préqualification sur le système de câble	65
13.1	Domaine d'acceptation de l'essai de préqualification	65
13.2	Essai de préqualification sur système de câble complet	66
14	Essais électriques après pose	67
14.1	Essai sous tension continue de la gaine extérieure	67
14.2	Essai sous tension alternative de l'enveloppe isolante	67
	Annexe A (normative) Arrondissement des nombres	74
	Annexe B (normative) Méthode de mesure de la résistivité des écrans semi-conducteurs.....	75
	Annexe C (normative) Essai de pénétration d'eau.....	77
	Annexe D (normative) Essais de la protection externe des jonctions enterrées	79
	Bibliographie.....	81
	Figure B.1 – Préparation des échantillons pour la mesure de la résistivité des écrans sur âme et sur enveloppe isolante	76
	Figure C.1 – Schéma de principe de l'appareillage pour l'essai de pénétration d'eau.....	78
	Tableau 1 – Mélanges isolants pour câbles.....	68
	Tableau 2 – Prescriptions pour $\tan \delta$ pour les mélanges isolants pour câbles	68
	Tableau 3 – Tensions d'essai	68
	Tableau 4 – Essais de type non électriques pour mélanges pour enveloppes isolantes et pour gaines extérieures de câbles.....	69
	Tableau 5 – Prescriptions d'essai pour les caractéristiques mécaniques des mélanges pour enveloppes isolantes de câbles (avant et après vieillissement)	70
	Tableau 6 – Prescriptions d'essai pour les caractéristiques mécaniques des mélanges pour gaine extérieure de câbles (avant et après vieillissement).....	71
	Tableau 7 – Prescriptions d'essai pour les caractéristiques particulières des mélanges pour enveloppes isolantes de câbles	72
	Tableau 8 – Taux de noir de carbone des mélanges à base de polyéthylène thermoplastique pour gaines extérieures de câbles.....	72
	Tableau 9 – Prescriptions d'essai pour les caractéristiques particulières des mélanges à base de PVC pour gaines extérieures de câbles	73
	Tableau 10 – Tensions d'essai alternatives après pose	73
	Tableau D.1 – Essais aux ondes de choc.....	80

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CÂBLES D'ÉNERGIE À ISOLATION EXTRUDÉE ET LEURS ACCESSOIRES POUR DES TENSIONS ASSIGNÉES SUPÉRIEURES À 150 kV ($U_m = 170$ kV) ET JUSQU'À 500 kV ($U_m = 550$ kV) – MÉTHODES ET PRESCRIPTIONS 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 62067 a été établie par le Comité d'études 20 de la CEI: Câbles électriques.

La présente version consolidée de la CEI 62067 comprend la première édition (2001) [documents 20/482/FDIS et 20/489/RVD] et son amendement 1 (2006) [documents 20/784/FDIS et 20/802/RVD].

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et à son amendement; cette version a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

Elle porte le numéro d'édition 1.1.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par l'amendement 1.

Les annexes A, B, C et D font partie intégrante de cette norme.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62067:2001+A1:2006 CSV

Withdrawn

INTRODUCTION

En raison des développements importants des réseaux de câbles à isolation extrudée pour les tensions supérieures à 150 kV, le Comité d'études 21 de la CIGRE a constitué un groupe de travail (GT) 21.03 en 1990, dont les termes de référence étaient « *de préparer des recommandations pour les essais de type électriques, les essais sur prélèvements et les essais individuels, en étendant la norme CEI 60840 (1988) jusqu'à 400 kV, et de faire des propositions pour les essais de préqualification/développement qui doivent être effectués a minima* ».

Le GT 21.03 a indiqué que l'extension de la CEI 60840 aux tensions supérieures à 150 kV méritait une considération particulière en raison des facteurs suivants:

- ces câbles constituent l'un des éléments essentiels des réseaux de transport et, par conséquent, les considérations de fiabilité sont de la plus haute importance;
- ces câbles et leurs accessoires fonctionnent sous des contraintes électriques supérieures à celles des câbles de tensions jusqu'à 150 kV et, de ce fait, ont une marge de sécurité plus restreinte par rapport à la performance intrinsèque des liaisons par câbles;
- ces câbles et leurs accessoires ont une épaisseur d'isolation plus forte que celle des matériels jusqu'à 150 kV et sont donc soumis à des contraintes thermomécaniques plus fortes;
- la conception et la compatibilité des câbles et de leurs accessoires deviennent plus difficiles avec l'accroissement des niveaux de tension des réseaux.

Les recommandations du GT 21.03 ont été publiées dans Electra n°151 en décembre 1993 et prises en compte par la CEI en 1995 dans la préparation de la présente norme pour les réseaux de câbles à isolation extrudée de tensions supérieures à 150 kV. La CEI a cependant considéré que cette norme devrait aussi couvrir le niveau 500 kV. Ainsi, lors de sa réunion de septembre 1996, le Comité d'études 21 de la CIGRE a créé un groupe ad hoc 21.18 pour étudier l'extension des recommandations initiales au niveau 500 kV. Les recommandations mises à jour ont été citées dans Electra n° 193 en décembre 2000 et, de nouveau, prises en compte dans la préparation de la présente norme.

Par rapport à la CEI 60840, première édition (1988), révisée et publiée en 1999 en tant que CEI 60840, deuxième édition, il existe une différence majeure: la CIGRE a estimé que, afin d'obtenir des indications sur la fiabilité à long terme d'un réseau de câbles, il est nécessaire de procéder à un essai de vieillissement accéléré de longue durée. Cet essai, dénommé «essai de préqualification», doit être effectué sur le système complet comprenant câble, jonctions et extrémités afin de démontrer la performance du système.

En outre, le GT 21.09 de la CIGRE, dont la tâche était d'étudier les essais après la pose des réseaux de câbles haute tension à isolation extrudée, a publié ses recommandations dans Electra n° 173 en août 1997. Celles-ci ont également été prises en compte dans la préparation de la présente Norme internationale. Ces recommandations indiquent, entre autres, qu'il convient 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 150 kV ($U_m = 170$ kV) ET JUSQU'À 500 kV ($U_m = 550$ kV) – MÉTHODES ET PRESCRIPTIONS D'ESSAI

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les méthodes et les prescriptions d'essai applicables aux systèmes de câbles d'énergie, comprenant les câbles à isolation extrudée et leurs accessoires pour installations fixes, pour des tensions assignées supérieures à 150 kV ($U_m = 170$ kV) et jusqu'à 500 kV compris ($U_m = 550$ kV).

Les prescriptions sont applicables aux câbles unipolaires 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.

Cette norme ne concerne pas les jonctions de transition entre câbles à isolation extrudée et câbles isolés au papier.

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 – Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

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

CEI 60228:1978, *Ames des câbles isolés*

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

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

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 – Première partie: 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 – Première partie: Méthodes d'application générale – Section quatre: 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 – Troisième partie: Méthodes spécifiques pour les mélanges PVC – Section une: Essai 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 – Troisième partie: Méthodes spécifiques pour les mélanges PVC – Section deux: 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 – Quatrième partie: Méthodes spécifiques pour les mélanges polyéthylène et polypropylène – Section un: 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 60840:2004, *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.*

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

3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, 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, en 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 sur 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 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

essai de préqualification

essai effectué avant la livraison sur une base commerciale d'un type de système de câble visé par la présente norme, afin de démontrer que ses performances à long terme sont satisfaisantes. L'essai de préqualification n'est réalisé qu'une fois, sauf si une modification majeure est apportée au système de câble en ce qui concerne les matériaux, le procédé de fabrication, le dimensionnement et le niveau de dimensionnement

NOTE Une modification majeure est définie comme un changement susceptible d'avoir un effet néfaste sur les performances du système de câble. Il convient que le fournisseur fournisse un dossier détaillé comprenant des preuves d'essai si des modifications sont introduites, démontrant qu'elles ne constituent pas une modification majeure.

3.2.5

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

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, qui spécifie également pour les câbles, avec 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 en fonctionnement.

Les températures maximales en service normal données dans la CEI 60840 s'appliquent à cette norme.

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, soit selon accord entre l'acheteur et le fabricant, soit selon les recommandations de ce dernier, 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 12.5.14.

6 Caractéristiques du câble

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

6.1 La tension assignée: les valeurs de U_0 , U , U_m doivent être indiquées (voir 4.1 et 8.5).

6.2 Le type d'âme, son matériau constitutif et sa section nominale exprimée en millimètres carrés. La présence éventuelle et la nature des dispositions prises pour assurer une étanchéité longitudinale. Si la section nominale n'est pas en accord avec la CEI 60228, la résistance de l'âme en courant continu doit être annoncée.

6.3 Le matériau et l'épaisseur nominale de l'enveloppe isolante (voir 4.2).

6.4 Le procédé de fabrication pour le système d'isolation.

6.5 La présence éventuelle et la nature des dispositions prises pour assurer l'étanchéité au niveau de l'écran.

6.6 Le matériau et la constitution de l'écran métallique éventuel, par exemple le nombre et le diamètre des fils. Le matériau, la constitution et l'épaisseur nominale de la gaine métallique éventuelle. La résistance en courant continu de l'écran métallique doit être déclarée.

6.7 Le matériau et l'épaisseur nominale de la gaine extérieure.

6.8 Le diamètre nominal sur âme (d).

6.9 Le diamètre nominal sur câble complet (D).

6.10 La capacité nominale entre l'âme et l'écran ou la gaine métallique.

7 Caractéristiques des accessoires

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

7.1 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 équipements nécessaires;
- la préparation des surfaces de contact, le cas échéant;
- le type, numéro de référence et toute autre caractérisation du raccord de connexion.

7.2 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 6.1);
- 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

Sauf spécification contraire indiquée dans cette norme, la fréquence des tensions alternatives d'essai doit être comprise entre 49 Hz et 61 Hz. 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

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

8.4 Forme d'onde des tensions d'essai en choc de manoeuvre

Conformément à la CEI 60060-1, le choc de manoeuvre normalisé doit avoir une durée jusqu'à la crête de $250 \mu\text{s} \pm 50 \mu\text{s}$ et une durée jusqu'à la mi-valeur de $2\,500 \mu\text{s} \pm 1\,500 \mu\text{s}$.

8.5 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 3.

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 cette norme sont fondées sur l'hypothèse que les câbles et les accessoires sont utilisés sur des réseaux de la catégorie A, telle que définie dans la CEI 60183.

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 produites et sur l'isolation principale de tous les accessoires préfabriqués, afin de vérifier que chaque longueur de câble et que l'isolation principale de chaque accessoire répondent aux prescriptions.

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

- 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'application de l'essai du point c) ci-dessus à une gaine extérieure, lorsqu'il est prévu par le contrat particulier ou dans la commande, dépend de la fonction de la gaine dans l'installation (voir la CEI 60229). Pour cette raison, cet essai ne doit être effectué que s'il est exigé par le contrat particulier.

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

- 1) sur l'isolation principale d'accessoires préfabriqués 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 est 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 et essentiels 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'une enveloppe isolante ou d'un 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.

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 3, colonne 5).

Il ne doit pas y avoir de décharge détectable 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 la valeur spécifiée puis maintenue à cette valeur pendant la durée spécifiée entre l'âme et l'écran ou la gaine métallique, selon le tableau 3, colonne 4.

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 ou une commande particulière, 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 (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 et en EPR (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 aux chocs de foudre suivi d'un essai de tension à fréquence industrielle (voir 10.12);
- j) essai de pénétration d'eau, s'il s'applique (voir 12.5.14).

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 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 sur les bases suivantes:

Longueur commandée (longueur de conducteur)	Nombre d'échantillons
>4 km et ≤20 km	1
>20 km	2

10.3 Répétition des essais

Si l'un des échantillons choisis ne satisfait pas à l'un des essais énumérés à l'article 10, de nouveaux échantillons doivent être prélevés sur deux autres longueurs de câble du même lot et être soumis aux essais dans lesquels l'échantillon d'origine s'est montré défectueux. Si ces deux longueurs sont satisfaisantes, l'ensemble des câbles du lot dont ils ont été extraits est considéré comme conforme aux prescriptions de cette norme. Si l'une ou l'autre des longueurs est défectueuse, le lot de câbles doit être considéré comme non conforme.

10.4 Examen de l'âme

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

10.5 Mesure de la résistance électrique de l'âme

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 et celle du local, la résistance de l'âme doit être mesurée après un séjour d'au moins 24 h dans le local d'essai. En variante, la résistance peut être mesurée sur un échantillon d'âme conditionné pendant au moins 1 h dans un bain de liquide à température régulée.

La résistance de l'âme en courant continu doit être ramenée à une température de 20 °C et à une longueur de 1 km au moyen des formules et des facteurs indiqués dans la CEI 60228.

La résistance de l'âme en courant continu à 20 °C ne doit pas être supérieure à la valeur maximale correspondante indiquée dans la CEI 60228 si celle-ci s'applique.

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, si nécessaire, des parties éventuellement endommagées.

10.6.2 Prescriptions 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:

$$\frac{t_{\max} - t_{\min}}{t_{\max}} \leq 0,10$$

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 Prescriptions relatives à la gaine extérieure du câble

La plus petite épaisseur mesurée ne doit pas être inférieure à l'épaisseur nominale, diminuée de 0,1 mm + 15 % de la valeur nominale:

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

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 A, ne doit pas être inférieure à l'épaisseur nominale.

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

Lorsque le câble comporte une gaine de plomb ou d'alliage de plomb, l'épaisseur minimale de la gaine métallique ne doit pas être inférieure à l'épaisseur nominale diminuée de 0,1 mm + 5 % de l'épaisseur nominale, c'est-à-dire

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

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 d'une précision de $\pm 0,01$ mm.

La mesure doit être faite sur un échantillon de gaine de 50 mm de longueur environ, prélevé sur le câble complet. L'échantillon doit être 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 de 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 doivent être 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

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.

Lorsque le câble comporte une gaine en aluminium, l'épaisseur minimale de la gaine métallique ne doit pas être inférieure à l'épaisseur nominale diminuée de 0,1 mm + 10 % de l'épaisseur nominale, pour une gaine lisse en aluminium, c'est-à-dire

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

et de 0,1 mm + 15 % de l'épaisseur nominale, pour une gaine ondulée en aluminium, c'est-à-dire

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

Les mesures doivent être effectuées sur un anneau de gaine en aluminium 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 et en EPR

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 7.

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 Prescriptions

Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux prescriptions du tableau 7.

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 Prescriptions

Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux prescriptions du tableau 7.

10.12 Essai à la tension de choc de foudre suivi d'un essai de tension à fréquence industrielle

L'essai doit être effectué sur un câble complet d'au moins 10 m de longueur, en excluant les accessoires, l'âme étant à une température comprise 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 câble doit résister sans perforation à 10 chocs positifs et à 10 chocs négatifs de tension de valeur appropriée, indiquée au tableau 3, colonne 7.

Après l'essai aux ondes de choc, l'échantillon de câble doit être soumis à un essai de tension à fréquence industrielle à $2 U_0$ pendant 15 min (voir tableau 3, colonne 8). Au choix du fabricant, l'essai peut être effectué soit pendant la période de refroidissement soit à la température ambiante.

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

11 Essais sur prélèvements des accessoires

A l'étude.

12 Essais de type des systèmes de câbles

12.1 Généralités

Les câbles et 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, et qui serait susceptible de modifier les performances électriques, thermiques ou mécaniques des montages d'essai.

Pendant les essais des points c) à g) de 12.4.2, 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 thermomécanique ou de compatibilité, la protection peut être omise.

NOTE Les essais des extrémités sous condition climatique ne sont pas spécifiés dans cette norme.

12.2 Etendue de l'acceptation de type

Lorsque les essais de type ont été réalisés avec succès sur un système de câble de section, de tension assignée et de constitution spécifiques, 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 les mêmes valeurs de tension d'essai.

- 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, il peut être opportun de reprendre un ou plusieurs des essais de type (par exemple l'essai d'enroulement, l'essai de cycles de chauffage et/ou l'essai de compatibilité).

- d) les valeurs calculées du gradient maximal sur les écrans sur âme et sur enveloppe isolante, dans l'isolation principale de l'accessoire et aux interfaces, ne sont pas supérieures à celles du câble et de l'accessoire essayés.

NOTE Si le groupe de tension est le même, si la section d'âme est plus petite et si l'épaisseur de l'enveloppe isolante n'est pas inférieure à celle du câble essayé, la valeur calculée du gradient maximal sur l'âme peut être supérieure de 10 % à celle du câble essayé.

Les essais de type des constituants du câble (voir 12.5) n'ont pas à être effectués sur des échantillons de câble de différentes tensions assignées et/ou sections d'âme, à moins que des matériaux différents n'aient 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 12.5.4) 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 certificat 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 certificat d'essai de type établi par un laboratoire d'essais indépendant, constituent des preuves acceptables de l'exécution des essais de type.

12.3 Résumé des essais de type

Les essais de type doivent comprendre les essais électriques effectués sur le système de câble complet, spécifiés en 12.4, et les essais non électriques appropriés sur les constituants de câble et sur câble complet, spécifiés en 12.5.

Les essais électriques doivent être réalisés successivement sur un même échantillon de système de câble, sauf dans le cas prévu en 12.4.3.

Les essais non électriques sur les constituants de câble et sur câble complet sont résumés au tableau 4, 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.

12.4 Essais électriques sur systèmes de câble complet

Les essais énumérés en 12.4.2 doivent être effectués sur un ou plusieurs échantillons de câble complet, selon le nombre d'accessoires concerné, d'au moins 10 m de longueur, les accessoires étant non compris.

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

Exception faite des dispositions de 12.4.3, tous les essais énumérés en 12.4.2 doivent être effectués successivement sur le même échantillon. Les accessoires doivent être installés après l'essai d'enroulement du câble. On doit essayer un échantillon de chaque type d'accessoire.

La mesure de la résistivité des écrans semi-conducteurs décrite en 12.4.11 doit être effectuée sur un échantillon séparé.

12.4.1 Valeurs des tensions d'essai

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 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 spécifiées au tableau 3 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 %.

12.4.2 Séquence d'essais

Les essais doivent se dérouler selon la séquence suivante:

- a) essai d'enroulement du câble (voir 12.4.4) suivi de l'installation des accessoires et d'un essai de décharges partielles à la température ambiante (voir 12.4.5);
- b) mesure de $\tan \delta$ (voir 12.4.6);
- c) essai de cycles de chauffage sous tension (voir 12.4.7);
- d) essais de décharges partielles (voir 12.4.5):
 - à la température ambiante, et
 - 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 f) ci-après;

- e) essai aux chocs de manoeuvre (prescrit pour $U_m \geq 300$ kV, voir 12.4.8);
- f) essai aux chocs de foudre, suivi d'un essai de tenue sous tension à fréquence industrielle (voir 12.4.9);
- g) essais de décharges partielles, s'ils n'ont pas été réalisés au point d) ci-dessus;
- h) essais de la protection externe des jonctions enterrées (voir annexe D);

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 avec succès au moins trois cycles thermiques (voir annexe D).

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

- i) l'examen du système de câble comprenant le câble et les accessoires doit être effectué après la réalisation de l'ensemble des essais ci-dessus (voir 12.4.10).

12.4.3 Dispositions particulières

L'essai du point b) de 12.4.2 peut être effectué sur un échantillon de câble différent, muni d'extrémités d'essai particulières, de celui qui est utilisé pour le reste de la séquence d'essais de 12.4.2.

12.4.4 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 au moins, et déroulé sans rotation axiale. On doit ensuite faire faire à l'échantillon une rotation de 180° et répéter le processus.

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

Le diamètre du cylindre d'essai ne doit pas être supérieur à

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

où

d est le diamètre nominal de l'âme, en millimètres (voir 6.8);

D est le diamètre nominal extérieur du câble, en millimètres (voir 6.9).

Après cet essai, les accessoires doivent être installés sur le câble. Le montage est soumis à un essai de décharges partielles à la température ambiante et doit satisfaire aux prescriptions indiquées en 12.4.5.

12.4.5 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 3, colonne 5).

A température élevée, l'essai doit être effectué sur le montage, l'âme du câble étant 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 provenant de l'objet en essai à $1,5 U_0$.

12.4.6 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 comprise entre 5 °C et 10 °C au-dessus de la température maximale de l'âme en service normal.

$\tan \delta$ doit être mesuré 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 2.

12.4.7 Essai de cycles de chauffage sous tension

Le câble doit être courbé en forme de U selon le diamètre spécifié en 12.4.4.

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, la température d'essai ne peut pas être atteinte, un calorifugeage supplémentaire peut être appliqué.

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 15 °C, avec un maximum de 45 °C. On doit enregistrer le courant dans l'âme 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 $2 U_0$ (voir tableau 3, colonne 6) doit être appliquée au montage.

A température élevée et à température ambiante, le montage doit être soumis avec succès à l'essai de décharges partielles de 12.4.5, après le dernier cycle ou, en variante, après l'essai à la tension de choc de 12.4.9.

12.4.8 Essai aux chocs de manoeuvre

Pour les systèmes, câbles et accessoires de tensions $U_m \geq 300$ kV, le montage doit être soumis à un essai aux chocs de manoeuvre.

L'essai doit être effectué sur le montage à une température de l'âme 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.

La tension de choc doit être appliquée conformément au mode opératoire indiqué dans la CEI 60230 en utilisant les niveaux de chocs de manoeuvre normalisés indiqués au tableau 3, colonne 9.

Le montage doit résister sans claquage ou contournement à 10 chocs positifs et à 10 chocs négatifs.

12.4.9 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 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.

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 3, colonne 7.

Après l'essai aux chocs de foudre, le montage doit être soumis à un essai de tension à fréquence industrielle à $2 U_0$ pendant 15 min (voir tableau 3, colonne 8). Au choix du fabricant, l'essai peut être effectué soit pendant la période de refroidissement soit à la température ambiante.

Il ne doit pas se produire de claquage de l'enveloppe isolante ou de contournement.

Si cela n'a pas été réalisé à la fin de l'essai de cycles de chauffage sous tension de 12.4.7, le montage à chaud et à température ambiante doit être soumis à l'essai de décharges partielles indiqué en 12.4.5 et satisfaire aux prescriptions.

12.4.10 Examen

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

12.4.11 Résistivité des écrans semi-conducteurs

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 12.5.4, destiné à vérifier la compatibilité des matériaux constitutifs.

12.4.11.1 Mode opératoire

La procédure d'essai doit être conforme à la description donnée à l'annexe B.

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

12.4.11.2 Prescriptions

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 $\Omega \cdot m$.

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

Le détail de ces essais est indiqué de 12.5.1 à 12.5.14.

12.5.1 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 prescriptions qui y sont données.

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

12.5.2.1 Echantillonnage

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

12.5.2.2 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 5.

12.5.2.3 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.

12.5.2.4 Prescriptions

Les résultats des essais sur les éprouvettes vieilles et non vieilles doivent satisfaire aux prescriptions du tableau 5.

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

12.5.3.1 Echantillonnage

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

12.5.3.2 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 6.

12.5.3.3 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.

12.5.3.4 Prescriptions

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

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

12.5.4.1 Généralités

L'essai de vieillissement sur tronçons de câbles complets doit être 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.

12.5.4.2 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.

12.5.4.3 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 5);
- durée: $7 \times 24 \text{ h}$.

12.5.4.4 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.

12.5.4.5 Prescriptions

Les variations entre les valeurs médianes de résistance à la traction et d'allongement à la rupture après vieillissement et les valeurs correspondantes obtenues avant vieillissement (voir 12.5.2 et 12.5.3) ne doivent pas excéder les valeurs imposées après vieillissement en étuve à air spécifiées au tableau 5 pour les enveloppes isolantes et au tableau 6 pour les gaines extérieures.

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

12.5.5.1 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.

12.5.5.2 Prescriptions

Les résultats doivent satisfaire aux prescriptions indiquées au tableau 9.

12.5.6 Essai de pression à température élevée sur les gaines extérieures

12.5.6.1 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 6.

12.5.6.2 Prescriptions

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

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

12.5.7.1 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.

12.5.7.2 Prescriptions

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

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

12.5.8.1 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.

12.5.8.2 Prescriptions

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

12.5.9 Essai de résistance à l'ozone des enveloppes isolantes en EPR

12.5.9.1 Mode opératoire

Les enveloppes isolantes en EPR 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 7.

12.5.9.2 Prescriptions

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

12.5.10 Essai d'allongement à chaud pour les enveloppes isolantes en EPR et en PR

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

12.5.11 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 prescriptions qui y sont données.

12.5.12 Mesure du taux de noir de carbone des gaines extérieures en PE de couleur noire

12.5.12.1 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.

12.5.12.2 Prescriptions

Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux prescriptions du tableau 8.

12.5.13 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 apporter la preuve que ce type de câble de constitution particulière satisfait aux prescriptions.

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

12.5.14 Essai de pénétration d'eau

L'essai de pénétration d'eau doit être appliqué aux technologies de câbles comportant des barrières 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'essai s'applique aux conceptions de câble suivantes:

- a) une barrière est prévue pour empêcher la pénétration longitudinale d'eau dans l'intervalle compris entre la surface externe de l'écran sur enveloppe isolante et la barrière d'étanchéité;
- b) une barrière est prévue pour empêcher la pénétration longitudinale de l'eau dans l'âme.

L'appareillage, l'échantillonnage, la méthode d'essai et les prescriptions doivent être conformes à l'annexe C.

13 Essai de préqualification sur le système de câble

13.1 Domaine d'acceptation de l'essai de préqualification

Lorsqu'un essai de préqualification a été réalisé avec succès sur un système de câble, il qualifie le fabricant en tant que fournisseur de systèmes de câble de tensions assignées inférieures ou égales à condition que les gradients électriques calculés sur l'écran sur enveloppe isolante n'excèdent pas ceux du système de câble essayé.

NOTE Il est recommandé de réaliser l'essai de préqualification en utilisant un câble de forte section d'âme afin d'appréhender les aspects thermomécaniques.

Un certificat d'essai de préqualification 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 certificat d'essai de préqualification établi par un laboratoire d'essais indépendant, constituent des preuves acceptables de l'exécution de l'essai de préqualification.

13.2 Essai de préqualification sur système de câble complet

L'essai de préqualification doit comprendre les essais électriques sur le système de câble complet et porter sur une longueur d'environ 100 m de câble en vraie grandeur muni d'au moins un échantillon de chaque type d'accessoire. La séquence normale d'essai doit être la suivante:

- a) essai de cycles de chauffage sous tension (voir 13.2.3);
- b) essai à la tension de choc de foudre sur des échantillons de câble (voir 13.2.4);
- c) examen du système de câble après la réalisation des essais ci-dessus (voir 13.2.5).

NOTE L'essai de préqualification peut être omis si un autre essai de longue durée a été réalisé et si on peut apporter la preuve d'une expérience en service satisfaisante.

13.2.1 Vérification de l'épaisseur de l'enveloppe isolante du câble soumis à l'essai de préqualification

Avant de procéder à l'essai de préqualification, 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 n'est pas excessive en regard de la valeur nominale.

Les prescriptions relatives à l'épaisseur nominale sont indiquées en 12.4.1.

13.2.2 Montage d'essai

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.

Le montage d'essai doit être représentatif des conditions de pose; par exemple il peut être fixé de façon rigide, souple, ou comprendre des conditions mixtes, dans le sol ou dans l'air. Une attention particulière doit être apportée en ce qui concerne les aspects thermomécaniques dans les accessoires.

Les conditions ambiantes peuvent varier entre installations d'essais et au cours de l'essai, mais on considère qu'elles n'ont pas d'influence majeure. Les limites de température indiquées en 8.1 ne s'appliquent pas.

13.2.3 Essai de cycles de chauffage sous tension

Le montage doit être chauffé par circulation de courant dans l'âme, jusqu'à ce que celle-ci atteigne une température comprise entre 0 °C et 5 °C au-dessus de la température maximale de l'âme en service normal. Les conditions ambiantes variables peuvent impliquer un ajustement du courant dans l'âme au cours de l'essai.

Les dispositions concernant le chauffage doivent être choisies de façon telle que l'âme du câble atteigne la température spécifiée ci-dessus en dehors des accessoires.

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.

Une tension de $1,7 U_0$ et des cycles thermiques doivent être appliqués au montage pendant toute la durée d'essai de 8 760 h. Les cycles de chauffage et de refroidissement doivent être réalisés au moins 180 fois.

Il ne doit pas se produire de claquage.