

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XB

ICS 29.060.20

ISBN 978-2-88912-752-8

CONTENTS

FOREWORD.....	6
INTRODUCTION.....	8
1 Scope.....	9
2 Normative references.....	9
3 Terms and definitions	10
3.1 Definitions of dimensional values (thicknesses, cross-sections, etc.).....	10
3.2 Definitions concerning tests	11
3.3 Other definitions	11
4 Voltage designations and materials	12
4.1 Rated voltages	12
4.2 Cable insulating materials.....	12
4.3 Cable metal screens/sheaths	12
4.4 Cable oversheathing materials	12
5 Precautions against water penetration in cables	12
6 Cable characteristics	13
7 Accessory characteristics.....	13
8 Test conditions	14
8.1 Ambient temperature	14
8.2 Frequency and waveform of power frequency test voltages	14
8.3 Waveform of lightning impulse test voltages.....	14
8.4 Relationship of test voltages to rated voltages.....	14
8.5 Determination of the cable conductor temperature	14
9 Routine tests on cables and on the main insulation of prefabricated accessories	15
9.1 General	15
9.2 Partial discharge test.....	15
9.3 Voltage test	15
9.4 Electrical test on oversheath of the cable	15
10 Sample tests on cables	16
10.1 General	16
10.2 Frequency of tests	16
10.3 Repetition of tests.....	16
10.4 Conductor examination	16
10.5 Measurement of electrical resistance of conductor and metal screen.....	16
10.6 Measurement of thickness of cable insulation and oversheath.....	17
10.6.1 General	17
10.6.2 Requirements for the insulation.....	17
10.6.3 Requirements for the cable oversheath	17
10.7 Measurement of thickness of metal sheath.....	18
10.7.1 Lead or lead alloy sheath	18
10.7.2 Plain or corrugated aluminium sheath	18
10.8 Measurement of diameters	19
10.9 Hot set test for XLPE, EPR and HEPR insulations	19
10.9.1 Procedure.....	19
10.9.2 Requirements	19
10.10 Measurement of capacitance.....	19

10.11	Measurement of density of HDPE insulation	19
10.11.1	Procedure	19
10.11.2	Requirements	19
10.12	Lightning impulse voltage test	19
10.13	Water penetration test	20
10.14	Tests on components of cables with a longitudinally applied metal tape or foil, bonded to the oversheath	20
11	Sample tests on accessories	20
11.1	Tests on components	20
11.2	Tests on complete accessory	20
12	Type tests on cable systems	20
12.1	General	20
12.2	Range of type approval	21
12.3	Summary of type tests	21
12.4	Electrical type tests on complete cable systems	22
12.4.1	Test voltage values	22
12.4.2	Tests and sequence of tests	22
12.4.3	Bending test	23
12.4.4	Partial discharge tests	24
12.4.5	Tan δ measurement	24
12.4.6	Heating cycle voltage test	24
12.4.7	Lightning impulse voltage test followed by a power frequency voltage test	25
12.4.8	Examination	25
12.4.9	Resistivity of semi-conducting screens	25
12.5	Non-electrical type tests on cable components and on complete cable	26
12.5.1	Check of cable construction	26
12.5.2	Tests for determining the mechanical properties of insulation before and after ageing	26
12.5.3	Tests for determining the mechanical properties of oversheaths before and after ageing	27
12.5.4	Ageing tests on pieces of complete cable to check compatibility of materials	27
12.5.5	Loss of mass test on PVC oversheaths of type ST ₂	28
12.5.6	Pressure test at high temperature on oversheaths	28
12.5.7	Test on PVC oversheaths (ST ₁ , ST ₂) at low temperature	28
12.5.8	Heat shock test for PVC oversheaths (ST ₁ and ST ₂)	29
12.5.9	Ozone resistance test for EPR and HEPR insulations	29
12.5.10	Hot set test for EPR, HEPR and XLPE insulations	29
12.5.11	Measurement of density of HDPE insulation	29
12.5.12	Measurement of carbon black content of black PE oversheaths (ST ₃ and ST ₇)	29
12.5.13	Test under fire conditions	29
12.5.14	Water penetration test	30
12.5.15	Tests on components of cables with a longitudinally applied metal tape or foil, bonded to the oversheath	30
12.5.16	Shrinkage test for PE, HDPE and XLPE insulations	30
12.5.17	Shrinkage test for PE oversheaths (ST ₃ and ST ₇)	30
12.5.18	Determination of hardness of HEPR insulation	30
12.5.19	Determination of the elastic modulus of HEPR insulation	31

13	Prequalification test of the cable system.....	31
13.1	General and range of prequalification test approval.....	31
13.2	Prequalification test on complete system.....	32
13.2.1	Summary of prequalification tests	32
13.2.2	Test voltage values	32
13.2.3	Test arrangement	32
13.2.4	Heating cycle voltage test	33
13.2.5	Lightning impulse voltage test	34
13.2.6	Examination.....	34
13.3	Tests for the extension of the prequalification of a cable system.....	34
13.3.1	Summary of the extension of prequalification test.....	34
13.3.2	Electrical part of the extension of prequalification tests on complete cable system.....	34
14	Type tests on cables	36
14.1	General	36
14.2	Range of type approval	36
14.3	Summary of type tests	37
14.4	Electrical type tests on completed cables	37
15	Type tests on accessories.....	38
15.1	General	38
15.2	Range of type approval.....	38
15.3	Summary of type tests	38
15.4	Electrical type tests on accessories.....	39
15.4.1	Test voltage values	39
15.4.2	Tests and sequence of tests	39
16	Electrical tests after installation.....	40
16.1	General	40
16.2	DC voltage test of the oversheath	40
16.3	AC voltage test of the insulation.....	40
	Annex A (informative) Determination of the cable conductor temperature.....	47
	Annex B (normative) Rounding of numbers.....	52
	Annex C (informative) List of type, prequalification and extension of prequalification tests for cable systems, cables and accessories	53
	Annex D (normative) Method of measuring resistivity of semi-conducting screens.....	56
	Annex E (normative) Water penetration test	58
	Annex F (normative) Tests on components of cables with a longitudinally applied metal tape or foil, bonded to the oversheath.....	60
	Annex G (normative) Tests of outer protection for joints	63
	Annex H (normative) Determination of hardness of HEPR insulations	65
	Bibliography	67
	Figure 1 – Example of the test arrangement for the prequalification test.....	33
	Figure 2 – Example of extension of prequalification test arrangement for the prequalification of a system with another joint, designed for rigid and flexible installation	35
	Figure A.1 – Typical test set-up for the reference loop and the main test loop	48
	Figure A.2 – Example of an arrangement of the temperature sensors on the conductor of the reference loop	49

Figure D.1 – Preparation of samples for measurement of resistivity of conductor and insulation screens	57
Figure E.1 – Schematic diagram of apparatus for water penetration test	59
Figure F.1 – Adhesion of metal foil	60
Figure F.2 – Example of overlapped metal foil	61
Figure F.3 – Peel strength of overlapped metal foil	61
Figure H.1 – Test on surfaces of large radius of curvature	66
Figure H.2 – Test on surfaces of small radius of curvature.....	66
 Table 1 – Insulating compounds for cables	 40
Table 2 – Oversheathing compounds for cables.....	41
Table 3 – Tan δ requirements for insulating compounds for cables.....	41
Table 4 – Test voltages	41
Table 5 – Non-electrical type tests for insulating and oversheathing compounds for cables	42
Table 6 – Test requirements for mechanical characteristics of insulating compounds for cables (before and after ageing).....	43
Table 7 – Test requirements mechanical characteristics of oversheathing compounds for cables (before and after ageing).....	44
Table 8 – Test requirements for particular characteristics of insulating compounds for cables	45
Table 9 – Test requirements for particular characteristics of PVC oversheathing for cables	46
Table C.1 – Type tests on cable systems, on cables and on accessories	54
Table C.2 – Prequalification tests on cable systems with a calculated nominal conductor electric stress above 8,0 kV/mm or a calculated nominal insulation electric stress above 4,0 kV/mm.....	54
Table C.3 – Extension of prequalification tests on cable systems with a calculated nominal conductor electric stress above 8,0 kV/mm or a calculated nominal insulation electric stress above 4,0 kV/mm.....	55
Table G.1 – Impulse voltage tests	64

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

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

FOREWORD

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

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

This fourth edition cancels and replaces the third edition, published in 2004, and constitutes a major technical revision.

The significant technical change with respect to the previous edition is as follows:

- introduction of a prequalification test procedure for cables with high electrical stresses and tested as a cable system including accessories.

NOTE For a more detailed history of events leading up to this fourth edition, see the Introduction.

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

FDIS	Report on voting
20/1267/FDIS	20/1277A/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

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

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

INTRODUCTION

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

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

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

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

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

At its meeting in November 2004, TC 20 decided to prepare a further major revision of IEC 60840 and concluded that this edition should incorporate the recommendations for testing HV and EHV extruded cables that were under preparation by CIGRE study committee B1 WG B1.06. This work was made available as CIGRE technical brochure No. 303, before the meeting of TC 20 in October 2006. The brochure, entitled "Revision of qualification procedures for extruded (extra) high voltage a.c. underground cables", has therefore been considered by TC 20, and considerable parts implemented in this standard. Cables with high electrical stresses at the conductor screen and/or insulation screen are now required to undergo a prequalification test procedure (simplified compared to that in IEC 62067) as a cable system inclusive of accessories.

Additionally the following other significant changes to this standard have been introduced:

- a) The clause numbering of this standard and IEC 62067 (which has been revised at the same time as this standard) has been coordinated to achieve as much commonality as possible to assist users who use both standards.
- b) In the case of the sample test, the lightning impulse voltage test is no longer followed by a power frequency voltage test.

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

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

1 Scope

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

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

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

2 Normative references

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

NOTE The IEC 60811 series is currently undergoing a revision, which will lead to a restructuring of its parts. A description of this, as well as a cross-reference table between the current and planned parts will be given in IEC 60811-100.

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

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

IEC 60228, *Conductors of insulated cables*

IEC 60229:2007, *Electric cables – Tests on extruded oversheaths with a special protective function*

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

IEC 60287-1-1:2006, *Electric cables – Calculation of the current rating – Part 1-1: Current rating equations (100 % load factor) and calculation of losses – General*

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

IEC 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*
Amendment 1 (2001)

IEC 60811-1-2:1985, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 1: Methods for general application – Section Two: Thermal ageing methods*
Amendment 1 (1989)
Amendment 2 (2000)

IEC 60811-1-3:1993, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 1-3: General application – Methods for determining the density – Water absorption tests – Shrinkage test*
Amendment 1 (2001)

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*
Amendment 1 (1993)
Amendment 2 (2001)

IEC 60811-2-1:1998, *Common test methods for Insulating and sheathing materials of electric and optical cables –Part 2-1: Methods specific to elastomeric compounds – Ozone resistance, hot set and mineral oil immersion tests*
Amendment 1 (2001)

IEC 60811-3-1:1985, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 3-1: Methods specific to PVC compounds –Pressure test at high temperature – Tests for resistance to cracking*
Amendment 1 (1994)
Amendment 2 (2001)

IEC 60811-3-2:1985, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 3: Methods specific to PVC compounds –Loss of mass test – Section two: Thermal stability test*
Amendment 1 (1993)
Amendment 2 (2003)

IEC 60811-4-1:2004, *Insulating and sheathing materials of electric and optical cables – Common test methods – Part 4-1: Methods specific to polyethylene and polypropylene compounds – Resistance to environmental stress cracking –Measurement of the melt flow index – Carbon black and/or mineral filler content measurement in polyethylene by direct combustion – Measurement of carbon black content by thermogravimetric analysis (TGA) – Assessment of carbon black dispersion in polyethylene using a microscope*

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

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	72
INTRODUCTION.....	74
1 Domaine d'application	75
2 Références normatives.....	75
3 Termes et définitions	77
3.1 Définitions de valeurs dimensionnelles (épaisseurs, sections, etc.)	77
3.2 Définitions relatives aux essais	77
3.3 Autres définitions	78
4 Désignations des tensions et des matériaux	78
4.1 Tensions assignées.....	78
4.2 Mélanges isolants pour câbles	78
4.3 Ecrans et gaines métalliques pour câbles.....	78
4.4 Mélanges pour gaines extérieures de câbles	78
5 Précautions contre l'entrée d'eau dans les câbles.....	79
6 Caractéristiques du câble	79
7 Caractéristiques des accessoires	80
8 Conditions d'essai	80
8.1 Température ambiante	80
8.2 Fréquence et forme d'onde des tensions d'essai à fréquence industrielle	80
8.3 Forme d'onde des tensions d'essai en choc de foudre	81
8.4 Relations entre tensions d'essai et tensions assignées.....	81
8.5 Détermination de la température de l'âme du câble	81
9 Essais individuels des câbles et de l'isolation principale des accessoires préfabriqués	81
9.1 Généralités.....	81
9.2 Essai de décharges partielles.....	82
9.3 Essai de tension.....	82
9.4 Essai électrique sur la gaine extérieure du câble.....	82
10 Essais sur prélèvements des câbles	82
10.1 Généralités.....	82
10.2 Fréquence des essais	83
10.3 Répétition des essais	83
10.4 Examen de l'âme.....	83
10.5 Mesure de la résistance électrique de l'âme et de l'écran métallique	83
10.6 Mesure de l'épaisseur de l'enveloppe isolante et de celle de la gaine extérieure du câble.....	83
10.6.1 Généralités.....	83
10.6.2 Exigences relatives à l'enveloppe isolante	84
10.6.3 Exigences relatives à la gaine extérieure du câble.....	84
10.7 Mesure de l'épaisseur de la gaine métallique	84
10.7.1 Gaine de plomb ou d'alliage de plomb	84
10.7.2 Gaine lisse ou ondulée en aluminium	85
10.8 Mesure des diamètres	85
10.9 Essai d'allongement à chaud des enveloppes isolantes en PR, EPR et HEPR	85
10.9.1 Mode opératoire	85

10.9.2	Exigences.....	86
10.10	Mesure de la capacité.....	86
10.11	Mesure de la masse volumique des enveloppes isolantes en PEHD	86
10.11.1	Mode opératoire.....	86
10.11.2	Exigences	86
10.12	Essai au choc de foudre	86
10.13	Essai de pénétration d'eau	86
10.14	Essais sur les composants de câbles avec un ruban ou une feuille métallique posé(e) en long et contrecollé(e) à la gaine extérieure.....	86
11	Essais sur prélèvements des accessoires.....	87
11.1	Essais des composants	87
11.2	Essais sur accessoires complets	87
12	Essais de type des systèmes de câbles.....	87
12.1	Généralités.....	87
12.2	Etendue de l'acceptation de type.....	87
12.3	Résumé des essais de type.....	88
12.4	Essais électriques sur systèmes de câble complet	89
12.4.1	Valeurs des tensions d'essai	89
12.4.2	Essais et séquence d'essais	89
12.4.3	Essai d'enroulement	90
12.4.4	Essais de décharges partielles	90
12.4.5	Mesure de $\tan \delta$	91
12.4.6	Essai de cycles de chauffage sous tension.....	91
12.4.7	Essais aux chocs de foudre suivi d'un essai sous tension du réseau	92
12.4.8	Examen.....	92
12.4.9	Résistivité des écrans semi-conducteurs	92
12.5	Essais de type non électriques sur les constituants du câble et sur câble complet.....	93
12.5.1	Vérification de la constitution du câble	93
12.5.2	Détermination des propriétés mécaniques des enveloppes isolantes avant et après vieillissement	94
12.5.3	Détermination des propriétés mécaniques des gaines extérieures avant et après vieillissement	94
12.5.4	Essais de vieillissement sur tronçons de câbles complets pour vérifier la compatibilité des matériaux.....	94
12.5.5	Essai de perte de masse pour les gaines extérieures en PVC du type ST ₂	95
12.5.6	Essai de pression à température élevée sur les gaines extérieures	95
12.5.7	Essais à basse température pour les gaines extérieures en PVC (ST ₁ et ST ₂)	96
12.5.8	Essai de choc thermique pour les gaines extérieures en PVC (ST ₁ et ST ₂)	96
12.5.9	Essai de résistance à l'ozone des enveloppes isolantes en EPR et en HEPR	96
12.5.10	Essai d'allongement à chaud pour les enveloppes isolantes en EPR, en HEPR et en PR	96
12.5.11	Mesure de la masse volumique des enveloppes isolantes en PEHD	96
12.5.12	Mesure du taux de noir de carbone des gaines extérieures en PE de couleur noire (ST ₃ and ST ₇)	96
12.5.13	Essai des câbles soumis au feu	97

12.5.14	Essai de pénétration d'eau	97
12.5.15	Essais sur les composants de câbles avec ruban ou feuille métallique posé(e) en long et contrecollé(e) à la gaine extérieure	97
12.5.16	Essai de rétraction des enveloppes isolantes en PE, en PEHD et en PR.....	97
12.5.17	Essai de rétraction des gaines extérieures (ST ₃ et ST ₇)	97
12.5.18	Détermination de la dureté de l'enveloppe isolante en HEPR	98
12.5.19	Détermination du module d'élasticité de l'enveloppe isolante en HEPR.....	98
13	Essai de préqualification sur le système de câble	98
13.1	Généralités et domaine d'acceptation de l'essai de préqualification	98
13.2	Essai de préqualification sur système de câble complet	99
13.2.1	Résumé des essais de préqualification	99
13.2.2	Valeurs des tensions d'essai	99
13.2.3	Montage d'essai	99
13.2.4	Essai de cycles de chauffage sous tension	100
13.2.5	Essai à la tension de choc de foudre	101
13.2.6	Examen	101
13.3	Essais d'extension de préqualification d'un système de câble	101
13.3.1	Résumé de l'extension de préqualification	101
13.3.2	Partie électrique des essais d'extension de préqualification sur un système de câble complet	101
14	Essai de type des câbles	104
14.1	Généralités.....	104
14.2	Etendue de l'acceptation de l'essai de type	104
14.3	Résumé des essais de type.....	105
14.4	Essai de type sur câble complet	105
15	Essais de type des accessoires	105
15.1	Généralités.....	105
15.2	Etendue de l'acceptation de l'essai de type	105
15.3	Résumé des essais de type.....	106
15.4	Essais de type électriques des accessoires	107
15.4.1	Valeurs des tensions d'essais.....	107
15.4.2	Essais et séquence d'essais	107
16	Essais électriques après pose	107
16.1	Généralités.....	107
16.2	Essai sous tension continue de la gaine extérieure	107
16.3	Essai sous tension alternative de l'enveloppe isolante	108
Annexe A (informative)	Détermination de la température de l'âme du câble	115
Annexe B (normative)	Arrondissement des nombres	120
Annexe C (informative)	Liste des essais de type, des essais de préqualification et d'extension de préqualification pour des systèmes de câbles, câbles et accessoires	121
Annexe D (normative)	Méthode de mesure de la résistivité des écrans semi- conducteurs	124
Annexe E (normative)	Essai de pénétration d'eau	126
Annexe F (normative)	Essais des composants de câbles comportant un ruban ou une feuille métallique appliqué(e) longitudinalement et contrecollé(e) à la gaine extérieure	128
Annexe G (normative)	Essais de la protection externe des jonctions.....	131
Annexe H (normative)	Détermination de la dureté des enveloppes isolantes en HEPR.....	134

Bibliographie.....	137
Figure 1 – Exemple de montage d'essai pour l'essai de préqualification	100
Figure 2 – Exemple d'extension de préqualification d'un système pour la préqualification d'un système avec une autre jonction, prévue pour une installation rigide aussi bien qu'une installation souple	102
Figure A.1 – Montage typique de la boucle de référence et de la boucle principale d'essai	116
Figure A.2 – Exemple de mise en place des capteurs de température sur l'âme de la boucle de référence	117
Figure D.1 – Préparation des échantillons pour la mesure de la résistivité des écrans sur âme et sur enveloppe isolante	125
Figure E.1 – Schéma de principe de l'appareillage pour l'essai de pénétration d'eau	127
Figure F.1 – Adhérence de la bande métallique	128
Figure F.2 – Exemple de bande métallique avec recouvrement.....	129
Figure F.3 – Force de décollement au recouvrement de la bande métallique	130
Figure H.1 – Essai des surfaces de grands rayons de courbure	135
Figure H.2 – Essai des surfaces de petit rayon de courbure.....	136
Tableau 1 – Mélanges isolants pour câbles.....	108
Tableau 2 – Mélanges de gaines extérieures pour câbles	108
Tableau 3 – Exigences pour $\tan \delta$ pour les mélanges isolants pour câbles	108
Tableau 4 – Tensions d'essai	109
Tableau 5 – Essais de type non électriques pour mélanges pour enveloppes isolantes et pour gaines extérieures de câbles.....	110
Tableau 6 – Exigences d'essai pour les caractéristiques mécaniques des mélanges pour enveloppes isolantes de câbles (avant et après vieillissement)	111
Tableau 7 – Exigences d'essai pour les caractéristiques mécaniques des mélanges pour gaine extérieure de câbles (avant et après vieillissement).....	112
Tableau 8 – Exigences d'essai pour les caractéristiques particulières des mélanges pour enveloppes isolantes de câbles	113
Tableau 9 – Exigences d'essai pour les caractéristiques particulières des mélanges à base de PVC pour gaines extérieures de câbles	114
Tableau C.1 – Essais de type sur des systèmes de câbles	122
Tableau C.2 – Essais de préqualification pour des systèmes de câbles avec un gradient calculé nominal sur âme supérieur à 8,0 kV/mm ou avec un gradient calculé nominal sur enveloppe supérieur à 4,0 kV/mm	122
Tableau C.3 – Essais d'extension de préqualification pour des systèmes de câbles avec un gradient calculé nominal sur âme supérieur à 8,0 kV/mm ou avec un gradient calculé nominal sur enveloppe isolante supérieur à 4,0 kV/mm	123
Tableau G.1 – Essais aux ondes de choc	132

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

AVANT-PROPOS

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

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

Cette quatrième édition de la CEI 60840 annule et remplace la troisième édition, parue en 2004, et constitue une révision technique majeure.

La modification technique principale par rapport à l'édition précédente est la suivante:

- introduction d'une procédure d'essai de préqualification pour les câbles avec de hautes tensions électriques comme un système de câble incluant des accessoires.

NOTE Voir l'Introduction pour un historique plus complet sur les événements qui conduisaient à la publication de cette quatrième édition.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
20/1267/FDIS	20/1277A/RVD

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

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

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

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

INTRODUCTION

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

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

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

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

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

Lors de sa réunion en novembre 2004 le TC 20 a décidé de préparer une nouvelle révision majeure de la CEI 60840 et a conclut que la présente édition devrait incorporer les recommandations d'essais des câbles extrudés HT et THT que préparait le GT B1.06 du comité technique B1. Ces recommandations exposées dans la Brochure Thématique No 303 du CIGRE, ont paru avant la réunion du TC 20 en octobre 2006. La brochure intitulée « Révision des procédures de qualification des câbles extrudés souterrains haute et très haute tension » a donc été prise en compte par le TC20 qui en a introduit d'importantes parties dans cette norme. Les câbles présentant des gradients élevés au niveau du semi-conducteur sur âme et/ou sur enveloppe doivent maintenant passer une procédure d'essai de préqualification (simplifiée par rapport à celle de la CEI 62067), en tant que système de câble, en incluant les accessoires.

En outre les changements significatifs suivants ont été apportés à cette norme:

- a) Les numérotations des articles de cette norme et de la CEI 62067 (qui a été révisée en même temps que cette norme-ci) ont été coordonnées entre elles de manière à avoir autant de similitudes que possible afin de rendre la lecture plus facile pour les utilisateurs des deux normes
- b) Lors de l'essai de prélèvement, l'essai de tension à fréquence industrielle n'est plus requis après l'essai aux chocs de foudre.

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

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

1 Domaine d'application

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

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

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

2 Références normatives

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

NOTE La série CEI 60811 subit actuellement une révision, qui mènera à une restructuration de ses parties. On en donnera une description, aussi bien qu'une table de correspondance entre les parties actuelles et planifiées dans IEC 60811-100.

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

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

CEI 60228, *Ames des câbles isolés*

CEI 60229:2007, *Câbles électriques – Essais sur les gaines extérieures extrudées avec fonction spéciale de protection*

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

CEI 60287-1-1:2006, *Câbles électriques – Calcul du courant admissible – Partie 1-1: Equations de l'intensité du courant admissible (facteur de charge 100 %) et calcul des pertes – Généralités*

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

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*

Amendement 1 (2001)

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 Deux: Méthodes de vieillissement thermique*

Amendement 1 (1989)

Amendement 2 (2000)

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

Amendement 1 (2001)

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

Amendement 1 (1993)

Amendement 2 (2001)

CEI 60811-2-1:1998, *Méthodes d'essais communes pour matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques et optiques – 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*

Amendement 1 (2001)

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

Amendement 1 (1994)

Amendement 2 (2001)

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

Amendement 1 (1993)

Amendement 2 (2003)

CEI 60811-4-1:2004, *Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques –Partie 4-1: Méthodes spécifiques pour les mélanges polyéthylène et polypropylène – Résistance aux craquelures sous contraintes dues à l'environnement – Mesure de l'indice de fluidité à chaud – Mesure dans le polyéthylène du taux de noir de carbone et/ou des charges minérales par méthode de combustion directe – Mesure du taux de noir de carbone par analyse thermogravimétrique – Evaluation de la dispersion du noir de carbone dans le polyéthylène au moyen d'un microscope*

CEI 60885-3, *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*

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