

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Guidance for the selection of high-voltage A.C. cable systems

Lignes directrices pour le choix de systèmes de câbles à haute tension en courant alternatif





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2015 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

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

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 60 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

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

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

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 60 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Guidance for the selection of high-voltage A.C. cable systems

Lignes directrices pour le choix de systèmes de câbles à haute tension en courant alternatif

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.060.20

ISBN 978-2-8322-2181-5

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD	3
1 Scope	5
2 Normative references	5
3 Terms and definitions	6
3.1 Voltages pertaining to the cable and its accessories	6
3.2 Voltages pertaining to the system on which cables and accessories are to be used	6
4 Service conditions	7
4.1 General.....	7
4.2 Operating conditions	7
4.3 Installation data	8
4.3.1 General	8
4.3.2 Underground cables	8
4.3.3 Cables in air	9
4.3.4 Cables in water.....	9
5 Cable insulation levels.....	9
5.1 Introductory remark.....	9
5.2 System categories	9
5.3 Selection of U_m	10
5.4 Selection of U_p	10
6 Selection of the conductor size	10
7 Accessories	10
7.1 General.....	10
7.2 Terminations.....	11
7.2.1 General	11
7.2.2 Atmospheric pollution	11
7.2.3 Altitude	11
7.3 Joints.....	11
8 Environmental aspects	11
Annex A (informative) System monitoring.....	14
Bibliography.....	15
Table 1 – Relationship between U_0/U and (U_m) and impulse voltages	13

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**GUIDANCE FOR THE SELECTION OF
HIGH-VOLTAGE A.C. CABLE SYSTEMS****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 60183 has been prepared by IEC technical committee 20: Electric cables.

This third edition cancels and replaces the second edition, published in 1984, and its Amendment 1 (1990) and constitutes a technical revision.

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

- the scope has been changed to a.c. high-voltage cables and cable systems;
- guidance relates to cables with extruded insulation;
- submarine cables are not covered but cables laid in water are covered;
- operation of systems with special bonding of the screen is covered;
- there is guidance on accessories;
- environmental aspects are addressed.

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

FDIS	Report on voting
20/1530/FDIS	20/1558/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.

GUIDANCE FOR THE SELECTION OF HIGH-VOLTAGE A.C. CABLE SYSTEMS

1 Scope

This International Standard is intended to give guidance in the selection of a.c. high-voltage cables and cable systems with extruded insulation and mainly to be used on three-phase alternating systems operating at voltages exceeding $U = 1$ kV (in this standard the term 'high voltage' is used to cover any cable above 1 kV). Submarine cables are not included in the scope.

Guidance is given in the selection of the conductor size, insulation level and constructional requirements of cable to be used. In addition, information necessary to enable the appropriate selection to be made is summarized.

Paper insulated power cables are not considered in this standard for their selection into cable systems. However, when selecting cables with extruded insulation to be connected together with existing paper insulated cables, particular consideration for their proper compatibility, accessories and operational characteristics should be made.

Environmental aspects are mentioned at the level at which they may influence the selection of high-voltage cables and their application.

2 Normative references

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

IEC 60071-1:2006, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*
Amendment 1:2010

IEC 60228, *Conductors of insulated cables*

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

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 60287-3-1, *Electric cables – Calculation of the current rating – Part 3-1: Sections on operating conditions – Reference operating conditions and selection of cable type*

IEC 60287-3-2, *Electric cables – Calculation of the current rating – Part 3-2: Sections on operating conditions – Economic optimization of power cable size*

IEC 60502, *Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV)*

IEC 60840, *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 62067, *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*

IEC TS 60815-1, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 1: Definitions, information and general principles*

IEC 62271-209, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 209: Cable connections for gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV – Fluid-filled and extruded insulation cables – Fluid-filled and dry-type cable terminations*

ISO 14000, *Environmental management*

3 Terms and definitions

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

3.1 Voltages pertaining to the cable and its accessories

NOTE Cables will henceforth be designated by U_0/U (U_m) to provide guidance on compatibility with switchgear and transformers. Table 1 gives this information.

3.1.1 rated voltage

U_0
rated r.m.s. power-frequency voltage between each conductor and screen or sheath for which cables and accessories are designed

3.1.2 rated voltage between conductors

U
rated r.m.s. power-frequency voltage between any two conductors for which cables and accessories are designed

Note 1 to entry: This quantity only affects the design of non-radial field cables and accessories.

3.1.3 highest system voltage

U_m
maximum r.m.s. power-frequency voltage between any two conductors for which cables and accessories are designed

Note 1 to entry: It is the highest voltage that can be sustained under normal operating conditions at any time and at any point in a system and excludes temporary voltage variations due to fault conditions and the sudden disconnection of large loads.

3.1.4 peak impulse voltage

U_p
peak value of the lightning impulse withstand voltage (and switching, where applicable) between each conductor and screen or sheath for which cables and accessories are designed

3.2 Voltages pertaining to the system on which cables and accessories are to be used

3.2.1 nominal voltage of system

r.m.s. phase-to-phase voltage by which the system is designated and to which certain operating characteristics of the system are related

3.2.2

highest voltage of three-phase system

highest r.m.s. phase-to-phase voltage which occurs under normal operating conditions at any time and at any point in the system

Note 1 to entry: It excludes voltage transients (such as those due to system switching) and temporary voltage variation due to abnormal system conditions (such as those due to fault conditions or sudden disconnection of large loads).

3.2.3

lightning overvoltage

phase-to-earth or phase-to-phase overvoltage at a given location in a system due to a lightning discharge or other cause, the wave-shape of which can be regarded, for insulation co-ordination purposes, as similar to the standard impulse

Note 1 to entry: See 3.18.3 of IEC 60071-1:2006 and IEC 60071-1:2006/AMD1:2010 used for lightning impulse withstand tests.

Note 2 to entry: Such overvoltages are usually unidirectional and of very short duration.

3.2.4

switching overvoltage

phase-to-earth or phase-to-phase overvoltage at a given location in a system due to a switching operation in a system, the wave-shape of which can be regarded, for insulation co-ordination purpose, as similar to the standard impulse

Note 1 to entry: See 3.18.2 of IEC 60071-1:2006 and IEC 60071-1:2006/AMD1:2010 used for switching impulse withstand tests.

4 Service conditions

4.1 General

To determine the appropriate design of cable system for a particular project, the following information with regard to service conditions is required. Reference should be made to the relevant IEC publications which deal with many of the following service conditions.

4.2 Operating conditions

The following operation conditions apply:

- a) Nominal voltage of the system.
- b) Highest voltage of the three-phase system.
- c) Lightning overvoltage and switching overvoltage for higher ($U_m \geq 300$ kV) voltage systems (see Table 1).
- d) System frequency.
- e) Type of earthing and, where the neutral is not effectively earthed, the maximum permitted duration of earth fault conditions on any one occasion and the total duration per year.
- f) Screen bonding.

For single-core cables, the current-carrying capability depends largely on the screen bonding technique.

Special bonding (single point bonding or cross-bonding) is generally used where bulk transmission has to be achieved, since the amount of losses in metal screens is significantly reduced, compared to solid bonding (see 2.3 of IEC 60287-1-1:2006). However they require special equipments such as surge voltage limiters (to protect cable sheaths and accessories from transient overvoltages) or earth continuity conductor to be laid along the cable route.

- g) Where terminals are specified, the environmental conditions shall be given, for example:

- the altitude above sea level, if above 1 000 m;
- indoor or outdoor installation;
- whether excessive atmospheric pollution is expected; according to IEC TS 60815-1;
- termination in SF₆ switchgear; transformer or metal-clad system, with orientation; following IEC 62271-209;
- design clearance and insulation used in the method for connecting cable to equipment, for example transformers, switchgear, motors, etc. For example, clearance and surrounding insulation should be specified.

h) Maximum rated current:

- for continuous operation;
- for cyclic operation;
- for emergency or overload operation, if any, without exceeding maximum allowed cable temperature.

A load curve is essential if cyclic loading or emergency or overload operation is considered when determining conductor size.

- i) The expected symmetrical and asymmetrical short-circuit currents which may flow in case of short-circuits, both between phases and to earth.
- j) Maximum time for which short-circuit currents may flow.
- k) Possible operation with forced cooling.

4.3 Installation data

4.3.1 General

The following details apply:

- a) Length and profile of route.
- b) Details of laying arrangements (e.g. flat or trefoil arrangement) and how the metallic coverings are connected to each other and to earth.
- c) Special laying conditions, for example cables in water. Individual installations require special consideration.

4.3.2 Underground cables

The following details apply:

- a) Typical ambient temperatures over the year (see IEC 60287-3-1).
- b) Details of installation conditions (e.g. direct burial, in ducts, mechanical laying, etc.) to enable decisions to be taken on composition of metallic screen or sheath, type of armour (if required) and type of serving, for example anti-corrosion or anti-termites.
- c) Depth of laying.
- d) Thermal resistivities and kinds of soil along the route (e.g. sand, clay, made-up ground, special backfill), and whether this information is based on measurement and inspection or only assumed. Meteorological data to evaluate risk of soil drying (see IEC 60287 series).
- e) Minimum, maximum and average ground temperature at the depth of burial.
- f) Proximity of other load-carrying cables (especially where the link involves several parallel circuits) or of other heat sources, with details.
- g) Lengths of troughs, ducts or pipe lines, with spacing of manholes, if any.
- h) Details of ductbanks, if any: number of ducts or pipes. Internal diameter of ducts and pipes. Spacing between individual ducts and pipes, if more than one. Material of ducts or pipes.
- i) Risk for water ingress and corrosion (the right cable design shall be chosen).

4.3.3 Cables in air

The following details apply:

- a) Minimum, maximum and average ambient air temperature to be assumed.
- b) Type of installation (e.g. direct laying on walls, racks, on poles, boxes, possibly water filled, etc. grouping of cables, dimensions of the tunnels, ducts, vertical shafts etc.).
- c) Details of ventilation (for cables indoors, in tunnels or ducts).
- d) Whether exposed to direct sunlight or having sun shield.
- e) Special conditions, for example fire risk or flame spread, harmful gases and smoke.

4.3.4 Cables in water

The following details apply:

- a) Water depth and currents.
- b) Installation and laying technique.
- c) Risk for mechanical damage during service from fishing equipment, ice, abrasion etc. (need for armouring, fastening and trenching).
- d) How to fasten, protect and install the cable where it comes ashore (clamping, trenching, tubing, need for armouring etc.).
- e) Risk for water ingress and corrosion (the right cable design must be chosen).

5 Cable insulation levels

5.1 Introductory remark

The rated voltage of the cable for a given application shall be suitable for the operating conditions in the system in which the cable is used. To facilitate the selection of the cable, systems are divided into three categories according to the duration of time the system can be operated under earth fault conditions.

5.2 System categories

The following details apply:

– Category A

This category comprises those systems in which any phase conductor that comes in contact with earth or an earth conductor is disconnected from the system within 1 min.

– Category B

This category comprises those systems, which, under fault conditions, are operated for a short time only with one phase earthed. This period should, in general, not exceed 1 h, but a longer period can be tolerated as specified in the relevant cable standard.

– Category C

This category comprises all systems which do not fall into category A or B.

Reference should be made to the relevant cable standards choosing, for example, between those listed in Clause 2.

In a system where an earth fault is not automatically and promptly isolated, the extra stresses on the insulation of cables during the earth fault reduce the life of the cables to a certain degree. If the system is expected to be operated fairly often with a permanent earth fault, it is advisable to classify the system in category C.

5.3 Selection of U_m

U_m should be chosen not less than the highest voltage of the three-phase system as defined in 3.2.2

5.4 Selection of U_p

The value of U_p chosen should not be less than the lightning impulse withstand voltage (and switching, where applicable) selected from IEC 60071-1 in accordance with the line insulation levels, the system protective levels, the surge impedance of the overhead lines and the cables, the length of cables and the distance of the flashover point from terminal.

6 Selection of the conductor size

The conductor size should be chosen from one of the standard sizes given in the relevant standard for cable construction. Where a standard does not exist for the type of cable to be used, the conductor size should be selected from one of the standard sizes for class 2 conductors given in IEC 60228.

In the selection of conductor size, the following factors should be taken into account:

- a) The maximum allowed temperature in the cable under the normal operation (see 4.2 h) and short-circuit conditions.

NOTE The IEC 60287 and IEC 60853 series give details of calculation procedures for different load conditions.

- b) Mechanical loads imposed on the cable during installation and in service.
- c) The electrical stress at the surface of the insulation (especially for accessories). A small diameter conductor arising from the use of a small cross-sectional area or a thin insulation may result in unacceptably high electric stress in the insulation.
- d) Economical optimization of the cable taking into consideration the initial investment costs and the future costs of energy losses during the life of the cable (see IEC 60287-3-2).
- e) For cables with very large conductor cross sections ($S > 1\,600\text{ mm}^2$) used for bulk power transmission, the most appropriate conductor shall be selected by taking into consideration suitable values of skin and proximity effects. Furthermore, appropriate a.c. measurements should be performed to confirm calculated resistance values.

7 Accessories

7.1 General

The design of accessories depends upon the values of the required power-frequency and impulse withstand voltages (which may be different from those required for the cable). Insulation levels for power frequency and impulse voltages will be chosen after consideration of the factors given in Clause 5 and 7.2.2.

The accessories shall withstand all mechanical and electrodynamic forces that can occur during normal operation and short-circuit currents. Special attention shall be taken for connectors, clamping and systems to restrain thermo mechanical stresses.

Accessories designed for U_m above 1 kV and up to 36 kV shall be tested in accordance with the requirements in IEC 60502.

Accessories designed for U_m above 36 kV shall be tested in accordance with the requirements in IEC 60840 and IEC 62067 as appropriate for the voltage level of the cable system.

The quality and performance of any new link or replaced joints and terminations are highly dependent on the skills, competence and workmanship of the jointers who ensure the proper installation of these accessories under field conditions.

Systematic and compulsory training is required by all high-voltage jointers to acquire and confirm the necessary skills.

7.2 Terminations

7.2.1 General

The design of terminations depends upon the degree of exposure to atmospheric pollution (see IEC TS 60815-1) and the altitude at the position of the termination.

7.2.2 Atmospheric pollution

The degree of exposure to atmospheric pollution determines the minimum creepage distances and the type of insulators to be used for cable sealing ends.

7.2.3 Altitude

The air density at high altitude is lower than at sea level. The electric strength of the air is thus reduced, and air clearances which are adequate at sea level may be insufficient at higher altitudes. The puncture strength and oil flashover values of terminations are not affected by altitude. Terminations capable of complying with the required impulse withstand test under standard atmospheric conditions are suitable for use at any altitude below 1 000 m. In order to ensure that the requirement is met at higher altitudes, the air clearances normally specified should be increased by a suitable amount.

7.3 Joints

The design of the joint determines the type of conductor joint that will be used. Which type of joint, pre-molded, pre-fabricated, taped or field molded, shall be used depends on the laying conditions, time for installation, mechanical/electrical/economical properties and material compatibility.

Special designs are used for cross bonding systems.

8 Environmental aspects

Consideration of environmental aspects related to execution of a planned high-voltage cable connection should be made at early stage of system definition. Defined particular requirements should then be made available for designers from the initial phase of both system and product design to promote appropriate selections to be made.

Environmental aspects may cover, but are not limited to, the following items:

- choice of a high-voltage system general design principle in relation to the system location in environment, like its effects to the landscape and population in the vicinity, to operational safety (normal/fault condition), security against atmospheric influences and also in relation to acceptable fault localization and reparation time in case of a fault and impact during installation;
- information about international, regional or national regulated substances so that those for which restrictions apply, can be avoided or reduced to a minimum within all parts and components of cable;
- avoidance of hazardous raw materials in production (e.g. use of lead), or in constructional parts where alternative technical solutions already exist or where they are not needed in order to achieve the required product performance;

- optimization of material consumption in product and system design by avoiding pure mechanical over sizing related to operation environment conditions (e.g. need of an armour is decided in relation to real risk of an external failure instead of tradition);
- product information availability related to option to recycle used materials after their completed life time, either for further re-use or for energy waste processing without hazardous substances;
- option to use recyclable delivery materials, like returnable or recyclable cable drums and accessory packages;
- reference to an environmental management system, e.g. ISO 14000, in component and system production requirements.

Table 1 – Relationship between U_0/U and (U_m) and impulse voltages

Rated voltage of cables and accessories	Nominal system voltage		Highest voltage for equipment	Lightning impulse voltage for equipment	Switching impulse voltage for equipment
U_0 kV	U kV		U_m kV	U_p kV	U_p kV
1,8	3		3,6	40	
3	3		3,6	40	
3,6	6		7,2	60	
6	6		7,2	60	
6	10		12	75	
8,7	10		12	75	
8,7	15		17,5	95	
12	20		24	125	
18	30	33	36	170	
26	45	47	52	250	
36	60	66	72,5	325	
64	110	115	123	550	
76	132	138	145	650	
87	150	161	170	750	
127	220	230	245	1 050	
160	275	287	300	1 050	850
190	330	345	362	1 175	950
220	380	400	420	1 425	1 050
290	500		550	1 550	1 175
430	700	750	800	2 100	1 550

Other voltage levels may be used. For such systems, the values of U , U_0 , U_m together with impulse voltages should be clearly given, for instance 52/90 (100) – lightning impulse 450 kV.

Annex A (informative)

System monitoring

A high-voltage cable line may be monitored mainly for two purposes:

- for optimal or maximum applicable current-carrying capacity by measuring cable temperature along cable route;
- for cable system insulation condition investigation by PD measurements.

Cable temperature measurement may be executed by an optical fibre situated inside a cable construction, for example in the cable metallic screen area and by using a monitoring computer with applicable software to read cable line temperature profile. The requirement for a cable temperature monitoring facility, if an optical fibre is integrated into the cable construction, shall be particularly specified in the technical requirements for the cable type to be ordered. Decision about taking such an integrated temperature measurement optical fibre in actual operational use may be made at the initial stage, or it may be delayed for future needs.

The cable and cable system insulation condition may be monitored by using partial discharge (PD) measurement technology to reveal a local defect. For cable system monitoring purposes, results of an initial PD measurement is needed for a basic point. Results of further measurements should be compared to initial results to see if essential changes have occurred. An initial system PD measurement made directly after installation may not only give a basic value for further measurements, but also give an indication of the level of completed installation.

Need for a system monitoring either for the most optimal current-carrying capacity or for cable system condition investigations by system PD measurements should be defined from the point of importance of the cable line.

Bibliography

IEC 60853 (all parts), *Calculation of the cyclic and emergency current rating of cables*

IEC TR 62602, *Conductors of insulated cables – Data for AWG and KCMIL sizes*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	17
1 Domaine d'application	19
2 Références normatives	19
3 Termes et définitions	20
3.1 Tensions propres du câble et de ses accessoires	20
3.2 Tensions propres au réseau sur lequel le câble et ses accessoires doivent être utilisés	21
4 Conditions de service	21
4.1 Généralités	21
4.2 Conditions de fonctionnement	21
4.3 Conditions d'installation	22
4.3.1 Généralités	22
4.3.2 Câbles souterrains	22
4.3.3 Câbles à l'air	23
4.3.4 Câbles dans l'eau	23
5 Niveaux d'isolement du câble	23
5.1 Remarques introductives	23
5.2 Catégories de réseaux	23
5.3 Choix de U_m	24
5.4 Choix de U_p	24
6 Choix de la section du conducteur	24
7 Accessoires	25
7.1 Généralités	25
7.2 Extrémités	25
7.2.1 Généralités	25
7.2.2 Pollution atmosphérique	25
7.2.3 Altitude	25
7.3 Jonctions	26
8 Aspects environnementaux	26
Annexe A (informative) Surveillance du réseau	28
Bibliographie	29
Tableau 1 – Relation entre U_0/U et (U_m) et tensions de choc	27

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**LIGNES DIRECTRICES POUR LE CHOIX DE SYSTÈMES
DE CÂBLES À HAUTE TENSION EN COURANT ALTERNATIF**

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 60183 a été établie par le comité d'études 20 de l'IEC: Câbles électriques.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition, parue en 1984, et son Amendement 1 (1990). La présente édition constitue une révision technique.

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

- le domaine d'application a été modifié pour traiter des câbles et systèmes de câbles à haute tension en courant alternatif;
- les lignes directrices sont relatives aux câbles avec isolation extrudée;
- les câbles sous-marins ne sont pas couverts, mais les câbles posés dans l'eau sont couverts;
- l'exploitation des systèmes avec connexion spéciale de l'écran est couverte;

- des directives relatives aux accessoires sont fournies;
- les aspects environnementaux sont traités.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
20/1530/FDIS	20/1558/RVD

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

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

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

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

LIGNES DIRECTRICES POUR LE CHOIX DE SYSTÈMES DE CÂBLES À HAUTE TENSION EN COURANT ALTERNATIF

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale est destinée à fournir des lignes directrices pour le choix de câbles et systèmes de câbles à haute tension en courant alternatif avec isolation extrudée et à utiliser principalement dans des réseaux triphasés fonctionnant à des tensions supérieures à $U = 1$ kV (dans cette norme le terme 'haute tension' est utilisé pour comporter tous les câbles supérieurs à 1 kV). Les câbles sous-marins ne sont pas inclus dans le domaine d'application.

Les lignes directrices sont fournies pour le choix de la section des conducteurs, du niveau d'isolement et des exigences de construction du câble à utiliser. De plus, les informations qui sont nécessaires pour effectuer ce choix de façon judicieuse sont récapitulées.

Les câbles de transport d'énergie isolés au papier imprégné ne sont pas pris en considération par la présente norme pour leur choix dans les systèmes de câbles. Cependant, pour choisir les câbles avec isolation extrudée devant être raccordés ensemble avec des câbles isolés au papier imprégné, il convient de prendre particulièrement en considération leur compatibilité, leurs accessoires et leurs caractéristiques opérationnelles corrects.

Les aspects environnementaux sont mentionnés au niveau auquel ils peuvent influencer le choix des câbles à haute tension et leur application.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60071-1:2006, *Coordination d'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*
Amendement 1:2010

IEC 60228, *Âmes des câbles isolés*

IEC 60287 (toutes les parties), *Câbles électriques – Calcul du courant admissible*

IEC 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*

IEC 60287-3-1, *Câbles électriques – Calcul du courant admissible – Partie 3-1: Sections concernant les conditions de fonctionnement – Conditions de fonctionnement de référence et sélection du type de câble*

IEC 60287-3-2, *Câbles électriques – Calcul du courant admissible – Partie 3-2: Sections concernant les conditions de fonctionnement – Optimisation économique des sections d'âme de câbles électriques de puissance*

IEC 60502, *Câbles d'énergie à isolant extrudé et leurs accessoires pour des tensions assignées de 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) à 30 kV ($U_m = 36$ kV)*

IEC 60840, *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*

IEC 62067, *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 exigences d'essai*

IEC TS 60815-1, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 1: Definitions, information and general principles*
(disponible en anglais seulement)

IEC 62271-209, *Appareillage à haute tension – Partie 209: Raccordement de câbles pour appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tension assignée supérieure à 52 kV – Câbles remplis d'un fluide ou à isolation extrudée – Extrémité de câble sèche ou remplie d'un fluide*

ISO 14000, *Management environnemental*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1 Tensions propres du câble et de ses accessoires

NOTE Les câbles seront désormais désignés par $U_0/U (U_m)$ pour donner une information sur la compatibilité avec l'appareillage et les transformateurs. Le Tableau 1 donne cette information.

3.1.1

tension assignée

U_0

tension assignée efficace à fréquence industrielle, entre chaque âme et l'écran ou la gaine, pour laquelle le câble et ses accessoires sont conçus

3.1.2

tension assignée entre conducteurs

U

tension assignée efficace à fréquence industrielle, entre deux quelconques des âmes conductrices, pour laquelle le câble et ses accessoires sont conçus

Note 1 à l'article: Cette grandeur ne présente d'intérêt que pour les câbles à champ non radial et les accessoires.

3.1.3

tension la plus élevée du réseau

U_m

tension maximale efficace à fréquence industrielle, entre deux quelconques des âmes conductrices, pour laquelle le câble et ses accessoires sont conçus

Note 1 à l'article: C'est la valeur la plus élevée de la tension qui peut être supportée dans les conditions normales d'exploitation, à tout instant et en tout point du réseau. Elle exclut les variations temporaires de tension dues à des conditions de défaut ou à la suppression brusque de charges importantes

3.1.4

crête de la tension aux choc

U_p

valeur de crête de la tension de tenue aux chocs de foudre (et aux chocs de manœuvre, le cas échéant), appliquée entre chaque âme et l'écran ou la gaine, pour laquelle le câble et ses accessoires sont conçus

3.2 Tensions propres au réseau sur lequel le câble et ses accessoires doivent être utilisés

3.2.1

tension nominale du réseau

valeur efficace de la tension entre phases pour laquelle le réseau est établi et à laquelle sont relatives certaines conditions de service

3.2.2

tension la plus élevée d'un réseau triphasé

valeur efficace la plus élevée de la tension entre phases qui peut se produire dans les conditions de fonctionnement normales, à tout instant et en tout point du réseau

Note 1 à l'article: Elle exclut les régimes transitoires de tension (tels que ceux dus aux manœuvres) et les variations temporaires dues à des conditions d'exploitation anormales (telles que celles dues à des défauts ou à la suppression brusque de charges importantes).

3.2.3

surtension de foudre

surtension phase-terre ou phase-phase en un endroit donné d'un réseau due à une décharge de foudre (ou à une autre cause) dont la forme d'onde peut être considérée, pour la coordination de l'isolement, comme étant similaire à celle de l'onde de choc normalisée

Note 1 à l'article: Voir 3.18.3 de l'IEC 60071-1:2006 et de l'IEC 60071-1:2006/AMD1:2010 utilisée pour les essais de tenue aux chocs de foudre .

Note 2 à l'article: De telles surtensions sont en général unidirectionnelles et de très courte durée.

3.2.4

surtension de manœuvre

surtension phase-terre ou phase-phase en un endroit donné d'un réseau due à une manœuvre dans un réseau dont la forme d'onde peut être considérée, pour la coordination de l'isolement, comme étant similaire à celle de l'onde de choc normalisée

Note 1 à l'article: Voir 3.18.2 de l'IEC 60071-1:2006 et de l'IEC 60071-1:2006/AMD1:2010 utilisée pour les essais de tenue aux chocs de manœuvre.

4 Conditions de service

4.1 Généralités

Pour déterminer le type de système de câbles le mieux approprié à un projet particulier, les renseignements suivants concernant les conditions de service sont requis. Il convient de faire référence aux publications appropriées de l'IEC qui traitent de plusieurs des conditions de service suivantes.

4.2 Conditions de fonctionnement

Les conditions de fonctionnement suivantes s'appliquent:

- a) Tension nominale du réseau.
- b) Tension la plus élevée du réseau triphasé.
- c) Surtension de foudre et surtension de manœuvre pour régimes plus élevés ($U_m \geq 300$ kV) de tension des réseaux (voir Tableau 1).
- d) Fréquence du réseau.
- e) Type de mise à la terre et, lorsque le neutre n'est pas mis efficacement à la terre, durée maximale admissible pour les conditions de défaut à la terre en toute occasion et leur durée annuelle totale.
- f) Connexion d'écran.

Pour les câbles à un seul conducteur, le courant admissible dépend fortement de la technique de connexion de l'écran.

Une connexion spéciale (mise à la terre en un seul point ou permutation) est généralement utilisée lorsque le transport massif doit être réalisé, car la quantité de pertes dans les écrans métalliques est considérablement réduite, en comparaison à la connexion directe (voir 2.3 de l'IEC 60287-1-1:2006). Cependant, ils exigent des équipements spéciaux tels que les limiteurs de tensions de choc (pour protéger les gaines de câbles et les accessoires contre les surtensions transitoires) ou un conducteur de terre à poser le long du chemin de câbles.

- g) Lorsque des extrémités sont prévues, les conditions d'environnement doivent être indiquées; par exemple:
- altitude au-dessus du niveau de la mer, si elle est supérieure à 1 000 m;
 - installation intérieure ou extérieure;
 - risque de pollution atmosphérique excessive; selon l'IEC TS 60815-1;
 - extrémité en appareillage sous SF₆; transformateur ou système recouvert de métal, avec l'orientation; selon l'IEC 62271-209;
 - écartement et isolation prévus pour la méthode de raccordement du câble à l'équipement, par exemple transformateurs, appareillage, moteurs, etc. Par exemple, il convient de spécifier les écartements et l'isolation supplémentaire.
- h) Courant assigné maximal:
- en régime permanent;
 - en régime cyclique;
 - en régime de surcharge ou de dépannage, s'il y a lieu, sans dépassement de la température maximale autorisée du câble.
- Un diagramme de charge est essentiel s'il est tenu compte des variations périodiques de la charge ou de surcharge ou de dépannage pour la détermination de la section des conducteurs.
- i) Courants de court-circuit symétrique et asymétrique prévisibles qui peuvent circuler en cas de court-circuit aussi bien entre phases qu'entre phase et terre.
- j) Durée maximale de circulation des courants de court-circuit.
- k) Fonctionnement possible avec refroidissement forcé.

4.3 Conditions d'installation

4.3.1 Généralités

Les données suivantes s'appliquent:

- a) Longueur et profil du parcours.
- b) Détails de la pose des câbles (pose en nappe ou en trèfle, par exemple) et mode de connexions des revêtements métalliques entre eux et à la terre.
- c) Conditions spéciales de pose, telles que câbles dans l'eau. Des installations particulières demandent une étude spéciale.

4.3.2 Câbles souterrains

Les données suivantes s'appliquent:

- a) Températures ambiantes types sur l'année (voir IEC 60287-3-1).
- b) Détails des conditions d'installation (par exemple: câbles directement enterrés, pose de câbles sous conduits, pose mécanique, etc.) permettant de prendre des décisions quant au choix de la constitution de l'écran ou de la gaine métallique, du type d'armure (si elle est demandée) et du type de matelas extérieur (par exemple: anticorrosion, ou antitermite).

- c) Profondeur de pose.
- d) Résistivité thermique et nature du sol le long du tracé (par exemple: sable, argile, sol rapporté, remblai spécial); préciser si ces indications ont fait l'objet de mesures et d'examens, ou si elles reposent seulement sur des suppositions. Données météorologiques pour évaluer le risque d'assèchement du sol (voir la série IEC 60287).
- e) Températures minimale, maximale et moyenne du sol à la profondeur du terrain où sont enterrés les câbles.
- f) Proximité d'autres câbles de transport d'énergie (notamment lorsque la liaison implique plusieurs circuits parallèles) ou d'autres sources de chaleur, avec les détails.
- g) Longueurs des caniveaux, conduits ou tuyaux avec distances entre les chambres de raccordement, s'il en existe.
- h) Détails des canalisations multitubulaires, le cas échéant: nombre de conduits ou de tubes. Diamètre intérieur des conduits ou des tubes. Distance entre conduits ou tubes s'il en existe plus d'un. Matériau constituant les conduits ou tubes.
- i) Risque de pénétration d'eau ou de corrosion (on doit choisir le type correct de câbles).

4.3.3 Câbles à l'air

Les données suivantes s'appliquent:

- a) Températures minimale, maximale et moyenne admises pour l'air ambiant.
- b) Mode de pose (par exemple: pose directe le long de murs, sur tablettes, sur poteaux, dans des boîtes, etc., groupement de câbles, dimensions des tunnels, des conduits, arbres verticaux, etc.).
- c) Détails de la ventilation (pour les câbles à l'intérieur des bâtiments, en tunnels ou conduits).
- d) Exposition directe éventuelle au soleil ou présence d'un écran solaire.
- e) Conditions spéciales, par exemple risque d'incendie ou propagation d'incendie, gaz nocifs et fumées.

4.3.4 Câbles dans l'eau

Les données suivantes s'appliquent:

- a) Profondeur d'eau et courants.
- b) Technique d'installation et de pose.
- c) Risque d'un endommagement mécanique en service provoqué par le matériel de pêche, la glace, l'abrasion, etc. (nécessité de blindage, de fixation, d'ensouillement).
- d) Comment fixer, protéger et installer le câble à l'endroit où il arrive sur le rivage (serrage, ensouillement, tubing, nécessité d'une armure, etc.).
- e) Risque de pénétration d'eau ou de corrosion (il faut choisir le type correct de câbles).

5 Niveaux d'isolement du câble

5.1 Remarques introductives

La tension assignée du câble pour une application donnée doit être appropriée pour les conditions de fonctionnement du réseau dans lequel le câble est utilisé. Pour faciliter le choix du câble, les réseaux sont répartis en trois catégories selon la durée pendant laquelle le réseau peut fonctionner dans des conditions de défaut à la terre.

5.2 Catégories de réseaux

Les données suivantes s'appliquent:

- Catégorie A

Cette catégorie comprend les réseaux dans lesquels tout conducteur de phase qui entre au contact de la terre ou d'un conducteur de terre est déconnecté du système en 1 min au maximum.

– Catégorie B

Cette catégorie comprend les réseaux qui, en cas de défaut, ne fonctionnent avec une phase à la terre que pendant un temps limité. Il convient que la durée de ce fonctionnement ne dépasse pas, en général, 1 h, mais une durée plus longue peut être tolérée lorsque cela est spécifié dans la norme applicable au type de câble considéré.

– Catégorie C

Cette catégorie comprend tous les réseaux qui ne tombent ni dans la catégorie A ni dans la catégorie B.

Il convient de faire référence aux normes applicables au type de câble considéré en les choisissant, par exemple, parmi celles énumérées à l'Article 2.

Dans un réseau où un défaut à la terre n'est pas isolé automatiquement et rapidement, les contraintes supplémentaires supportées par l'isolation des câbles pendant la durée de défaut réduisent la vie des câbles dans une certaine proportion. Si le réseau est censé fonctionner assez souvent avec un défaut permanent à la terre, il est conseillé de classer ce réseau dans la catégorie C.

5.3 Choix de U_m

Il convient que la valeur U_m soit choisie supérieure ou égale à la tension la plus élevée du réseau triphasé telle que définie en 3.2.2

5.4 Choix de U_p

Il convient que la valeur de U_p soit choisie supérieure ou égale à la tension de tenue aux chocs de foudre (et aux chocs de manœuvre, le cas échéant) retenue par l'IEC 60071-1 selon les niveaux d'isolement de la ligne, les niveaux de protection du réseau, l'impédance d'onde des lignes aériennes et des câbles, la longueur des câbles et la distance du point foudroyé par rapport à l'extrémité.

6 Choix de la section du conducteur

Il convient de choisir la section de l'âme conductrice parmi les sections normalisées données dans la norme applicable au câble considéré. En l'absence de norme pour le type de câble à utiliser, il convient de choisir la section de l'âme conductrice parmi les sections normalisées pour les conducteurs de classe 2 de l'IEC 60228.

Dans le choix de la section de l'âme conductrice, il convient de prendre en considération les facteurs suivants:

- a) Température maximale admissible dans le câble dans des conditions de service normal (voir 4.2 h) et de court-circuit.

NOTE La série IEC 60287 et l'IEC 60853 donnent les détails des procédures de calcul pour différentes conditions de charge.

- b) Contraintes mécaniques imposées au câble pendant son installation et durant son service.
- c) Contrainte électrique à la surface de l'isolant (notamment pour les accessoires). Une âme conductrice de petit diamètre résultant de l'utilisation d'une faible section ou d'une mince isolation peut entraîner dans l'isolant une contrainte électrique élevée inacceptable.
- d) Optimisation économique du câble prenant en compte les coûts d'investissement initiaux et les coûts futurs des pertes en énergie au cours de la vie du câble (voir l'IEC 60287-3-2).

- e) En ce qui concerne les câbles ayant des âmes conductrices de très grandes sections ($S > 1\,600\text{ mm}^2$) qui sont utilisés pour le transport massif de l'énergie, l'âme conductrice la plus appropriée doit être choisie en prenant en considération les valeurs appropriées des effets de peau et de proximité. De surcroît, il convient d'effectuer des mesures en courant alternatif pour confirmer les valeurs calculées de la résistance.

7 Accessoires

7.1 Généralités

La conception des accessoires dépend des valeurs requises pour les tensions de tenue à fréquence industrielle et aux chocs (qui peuvent être différentes de celles qui sont requises pour le câble). Les niveaux d'isolement pour les tensions à fréquence industrielle et de choc seront choisis après étude des facteurs indiqués dans l'Article 5 et en 7.2.2.

Les accessoires doivent supporter toutes les forces mécaniques et électrodynamiques qui peuvent se produire en service normal ainsi que les courants de court-circuit. Une attention particulière doit être portée aux connecteurs, aux systèmes de serrage et aux systèmes pour maîtriser les contraintes thermomécaniques.

Les accessoires conçus pour fonctionner à des valeurs de U_m supérieures à 1 kV et à 36 kV doivent être soumis à essai conformément aux exigences de l'IEC 60502.

Les accessoires conçus pour fonctionner à des valeurs de U_m supérieures à 36 kV doivent être soumis à essai conformément aux exigences de l'IEC 60840 et de l'IEC 62067, selon le cas, pour le niveau de tension du système de câbles.

La qualité et les performances de toute nouvelle liaison ou de joints et sorties remplacés dépendent fortement de l'habileté, de la compétence et du savoir-faire des poseurs qui assurent l'installation correcte de ces accessoires dans les conditions de terrain.

Une formation systématique et obligatoire est requise par tous les poseurs de haute tension pour acquérir et confirmer les compétences nécessaires.

7.2 Extrémités

7.2.1 Généralités

La conception des extrémités dépend du degré d'exposition à la pollution atmosphérique (voir l'IEC TS 60815-1) et de l'altitude où se trouve la position de l'extrémité.

7.2.2 Pollution atmosphérique

Le degré d'exposition à la pollution atmosphérique détermine les lignes de fuite minimales et le type d'isolateur à utiliser pour les extrémités des câbles.

7.2.3 Altitude

La densité de l'air à haute altitude est plus faible qu'au niveau de la mer. La rigidité diélectrique de l'air s'en trouve réduite et les distances dans l'air qui sont adéquates au niveau de la mer peuvent s'avérer insuffisantes pour des altitudes plus élevées. Les valeurs de résistance à la perforation des isolants et de contournement des huiles des extrémités ne sont pas affectées par l'altitude. Les extrémités capables de satisfaire à l'essai requis de tenue aux ondes de choc dans des conditions atmosphériques normalisées sont utilisables pour toute altitude inférieure à 1 000 m. Afin de garantir que la tenue est satisfaisante pour des altitudes plus élevées, il convient que les distances dans l'air spécifiées normalement soient augmentées d'une quantité appropriée.

7.3 Jonctions

La conception de la jonction détermine le type de jonction de conducteurs qui sera utilisé. Les conditions de pose, la durée pour l'installation, les propriétés mécaniques/électriques/économiques et la compatibilité des matériaux déterminent le type de jonction, prémoulé, préfabriqué, rubané ou moulé sur le terrain, qui doit être utilisé.

Des types spéciaux sont utilisés pour les systèmes à permutation.

8 Aspects environnementaux

Il convient de prendre en considération les aspects environnementaux relatifs à l'exécution d'une connexion planifiée de câbles à haute tension, et ce, à un stade précoce de la définition du réseau. Il convient ensuite que des exigences particulières bien définies soient mises à la disposition des concepteurs à partir de la phase initiale de la conception du réseau et aussi celle du produit pour favoriser les choix judicieux à effectuer.

Les aspects environnementaux peuvent couvrir les éléments suivants, sans que cela soit limitatif:

- choix d'un principe général de conception de réseaux haute tension en relation avec l'emplacement du réseau dans l'environnement, comme ses effets sur le paysage et la population dans le voisinage et avec la sécurité opérationnelle (condition normale/condition de défaut) et la sécurité par rapport aux influences atmosphériques ainsi qu'en relation avec la localisation et la durée de réparation acceptables pour les défauts éventuels et avec l'impact au cours de l'installation;
- informations relatives aux substances réglementées à un niveau international, régional ou national afin que celles pour lesquelles des restrictions s'appliquent puissent être évitées ou réduites à un minimum dans toutes les parties et tous les composants du câble;
- action pour éviter l'utilisation de matières premières dangereuses dans la production (utilisation du plomb, par exemple) ou dans les pièces de construction, lorsqu'il existe déjà les solutions techniques alternatives ou lorsqu'elles ne sont pas nécessaires pour obtenir la performance requise des produits;
- optimisation de la consommation de matières dans la conception des produits et des systèmes en évitant le surdimensionnement mécanique pur lié aux conditions de l'environnement d'exploitation (par exemple: la nécessité d'une armure est décidée par rapport au risque réel d'une défaillance externe au lieu de l'être par rapport à la tradition);
- disponibilité d'informations concernant les produits et relatives à l'option de recyclage des matériaux utilisés après leur durée de vie complète, pour une réutilisation ultérieure ou pour le traitement de déchets énergétiques sans substances dangereuses;
- option pour utiliser les matériaux de livraison recyclables, comme les tourets de câbles restituables ou recyclables et les emballages d'accessoires;
- référence à un système de management environnemental, par exemple ISO 14000, dans des exigences relatives à la production des composants et des systèmes.

Tableau 1 – Relation entre U_0/U et (U_m) et tensions de choc

Tension assignée des câbles et accessoires	Tension nominale du réseau		Tension la plus élevée pour l'équipement	Tension de choc de foudre pour l'équipement	Tension de choc de manœuvre pour l'équipement
U_0 kV	U kV		U_m kV	U_p kV	U_p kV
1,8	3		3,6	40	
3	3		3,6	40	
3,6	6		7,2	60	
6	6		7,2	60	
6	10		12	75	
8,7	10		12	75	
8,7	15		17,5	95	
12	20		24	125	
18	30	33	36	170	
26	45	47	52	250	
36	60	66	72,5	325	
64	110	115	123	550	
76	132	138	145	650	
87	150	161	170	750	
127	220	230	245	1 050	
160	275	287	300	1 050	850
190	330	345	362	1 175	950
220	380	400	420	1 425	1 050
290	500		550	1 550	1 175
430	700	750	800	2 100	1 550

D'autres niveaux de tension peuvent être utilisés. Pour de tels réseaux, il convient de donner clairement les valeurs de U , U_0 , U_m accompagnées des tensions de choc, par exemple: 52/90 (100) – choc de foudre 450 kV.

Annexe A (informative)

Surveillance du réseau

Une ligne en câbles à haute tension peut être surveillée principalement pour deux objectifs:

- la valeur maximale ou optimale du courant admissible applicable en mesurant les températures des câbles le long du chemin de câbles;
- l'investigation de l'état de l'isolation du réseau de câbles par des mesures de décharges partielles (DP).

La mesure de la température d'un câble peut être effectuée par une fibre optique située à l'intérieur d'une construction de câble, par exemple dans la zone d'écran métallique du câble et en utilisant un ordinateur de surveillance avec le logiciel pertinent pour lire le profil thermique de la ligne. L'exigence relative à un moyen de surveillance de la température des câbles, si une fibre optique est intégrée dans la construction de câble, doit être particulièrement spécifiée dans les exigences techniques relatives au type de câble à commander. La décision de prendre une telle fibre optique intégrée de mesure de la température du câble lors de l'exploitation réelle peut être prise au stade initial ou elle peut être différée pour des besoins futurs.

L'état de l'isolation des câbles et des systèmes de câbles peut être surveillé en utilisant la technologie de mesure de décharges partielles (DP) pour révéler un défaut local. Pour les besoins de la surveillance des systèmes de câbles, les résultats d'une mesure initiale de DP sont nécessaires pour un point de base. Il convient de comparer les résultats des autres mesures aux résultats initiaux pour voir si des changements essentiels se sont produits. Une mesure initiale des DP du réseau effectuée directement après l'installation peut donner non seulement une valeur de base pour des mesures ultérieures, mais aussi une indication du niveau d'installation terminée.

Il convient que la nécessité de disposer d'un système surveillant le courant admissible le plus optimal ou les investigations de l'état des réseaux de câbles par des mesures de DP des réseaux soit définie à partir du point d'importance de la ligne de câbles.

Bibliographie

IEC 60853 (toutes les parties), *Calcul des capacités de transport des câbles pour les régimes de charge cycliques et de surcharge de secours*

IEC TR 62602, *Âmes des câbles isolés – Informations relatives aux sections exprimées en AWG et KCMIL*

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

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

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