

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Short-circuit temperature limits of electric cables with rated voltages from 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV)

Limites de température de court-circuit des câbles électriques de tensions assignées de 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) à 30 kV ($U_m = 36$ kV)



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2008 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

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

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

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

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

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

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

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

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

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Short-circuit temperature limits of electric cables with rated voltages from
6 kV ($U_m = 7,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV)**

**Limites de température de court-circuit des câbles électriques de tensions
assignées de 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) à 30 kV ($U_m = 36$ kV)**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

CB

ICS 29.060.20

ISBN 2-8318-1014-6

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references.....	6
3 Factors governing the application of the temperature limits	6
3.1 General	6
3.2 Cables.....	7
3.3 Accessories	8
3.4 Installation conditions	8
4 Maximum permissible short-circuit temperatures for cables with rated voltages from 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV)	9
4.1 Insulation materials.....	9
4.2 Oversheath and bedding materials where there are no electrical or other requirements	9
4.3 Conductor/metallic sheath/screen/armour materials and methods of connection	10
Table 1 – Temperature limits for insulation materials	9
Table 2 – Temperature limits for oversheath materials.....	10
Table 3 – Temperature limits for current-carrying components	10

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SHORT-CIRCUIT TEMPERATURE LIMITS OF ELECTRIC CABLES
WITH RATED VOLTAGES FROM 6 kV ($U_m = 7,2$ kV)
UP TO 30 kV ($U_m = 36$ kV)**

FOREWORD

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

International Standard IEC 60986 has been prepared by IEC technical committee 20: Electric cables.

This consolidated version of IEC 60986 consists of the second edition (2000) [documents 20/398/FDIS and 20/417/RVD] and its amendment 1 (2008) [documents 20/952/FDIS and 20/975/RVD].

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

It bears the edition number 2.1.

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

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

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

INTRODUCTION

Editorially, this second edition of IEC 60986 is brought into line with IEC 60724, third edition, and IEC 61443, first edition.

The following four aspects may be applicable when selecting the short-circuit rating of a cable system:

- a) the permissible maximum temperature limits for cable components (e.g. conductor, insulation, screen or metallic sheath, bedding, armour and oversheath). For the range of voltages covered by this standard, dielectric integrity is a major limitation. For practical purposes, the energy producing the temperature rise is usually expressed by an equivalent (I^2t) value so that the permitted maximum duration for a given short-circuit current can be calculated;
- b) the maximum value of current which will not cause mechanical failure (such as bursting) due to electromagnetic forces. Irrespective of any temperature limitations, this determines a maximum current which should not be exceeded;
- c) the thermal performance of joints and terminations at the limits of current and duration specified for the associated cable. Accessories should also withstand the thermo-mechanical and electromagnetic forces produced by the short-circuit current in the cable;
- d) the influence of installation conditions on the above three aspects.

Aspect a) is dealt with in detail in this standard, and the limits given are based on a consideration of the cable only. A single short-circuit application is not expected to produce any significant damage to the cable, but repeated short-circuits may cause cumulative damage. Guidance is given, where appropriate, on aspects c) and d), mainly as they concern thermo-mechanical forces in the conductors and metallic sheath. Aspect b) is not covered in this standard.

The limits recommended in this standard should be used for guidance only. There is little scientific evidence available on the behaviour of actual cables under short-circuit conditions, most of the information being based on the tests on the constituent material themselves. It has been necessary to exercise considerable judgement in setting these recommended limits, and in general, especially for the dielectric, the best average of present usage has been suggested.

It is not possible to provide complete limits for joints and terminations because their construction is not standardized and performance varies. Where the full short-circuit capability of the cable is needed the accessories should be designed appropriately, but this is not always economically justified and the short-circuit capability of a cable system may be determined by the performance of its joints and terminations. Where possible, guidance has been included on the performance of accessories when they are installed on cables subject to the short-circuit limits given in this standard.

SHORT-CIRCUIT TEMPERATURE LIMITS OF ELECTRIC CABLES WITH RATED VOLTAGES FROM 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) UP TO 30 kV ($U_m = 36$ kV)

1 Scope

This International Standard gives guidance on the short-circuit maximum temperature limits of electric cables having rated voltages from 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV), with regard to the following:

- insulating materials;
- oversheath and bedding materials;
- conductor and metallic sheath materials and methods of connection.

The design of accessories and the influence of the installation conditions on the temperature limits are taken into consideration.

The calculation of the permissible short-circuit current in the current-carrying components of the cable should be carried out in accordance with IEC 60949.

2 Normative references

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

IEC 60055 (all parts), *Paper-insulated metal-sheathed cables for rated voltages up to 18/30 kV (with copper or aluminium conductors and excluding gas-pressure and oil-filled cables)*

IEC 60141 (all parts), *Tests on oil-filled and gas-pressure cables and their accessories*

IEC 60502-2:1998, *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) – Part 2: Cables for rated voltages from 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV)*

IEC 60949:1988, *Calculation of thermally permissible short-circuit currents, taking into account the non-adiabatic heating effects*

3 Factors governing the application of the temperature limits

3.1 General

The short-circuit temperatures given in clause 4 are the actual temperatures of the current-carrying component as limited by the adjacent material in the cable and are valid for short-circuit durations of up to 5 s. When calculating the allowable short-circuit current, these temperatures will be obtained if heat loss into the insulation during the short-circuit is taken into account (non-adiabatic heating). If heat loss during the short-circuit is neglected (adiabatic heating), the calculations give short-circuit currents that are on the safe side.

NOTE The temperature limits given in clause 4 should also not be exceeded with repeated short-circuits occurring in a short time.

The 5 s time period mentioned is the limit for the temperatures quoted to be valid and not for the application of the adiabatic calculation method. The time limit for the use of the adiabatic method has a different definition, being a function of both the short-circuit duration and the cross-sectional area of the current-carrying component. This is dealt with in IEC 60949.

The short-circuit temperature limits recommended in this standard are based on the consideration of the range of limits used by various authorities. They are not necessarily the ideal values as very little applicable experimental data are available on actual cables. The values are, however, considered to be on the safe side.

The limits for cables in this standard are selected so that the dielectric properties are not impaired. The impairment of dielectric properties will be very dependent on the type of cable, for example adhesion of the semi-conducting screens will most likely set the limits for polymeric insulated cables, whereas the properties of the dielectric itself are of more importance in paper cables (both oil-filled and mass-impregnated cables).

Caution may be needed when using the conductor temperatures specified when the cables are sheathed with a lower temperature material, especially for cables with conductor cross-sectional areas of 1 000 mm² and above. This is because the high thermal time constant of these cables will cause the oversheath to attain high temperatures for longer times. In addition, the high mechanical forces could result in insulation deformation. Nevertheless, it should be stressed that for conductor cross-sectional areas above 1 000 mm², the permissible short-circuit current is so high that it is not normally attained in common systems.

Where other temperature limits are known with certainty to be more appropriate for the materials or the cable design, then these may be used.

3.2 Cables

3.2.1 Paper insulated cables (both oil-filled cables according to IEC 60141 and mass-impregnated cables according to IEC 60055)

The temperature limits for paper insulated cables impregnated with oil/resin or non-draining compound are imposed by the tendency to compound migration and void formations. All paper insulated cables are also limited by thermal degradation of the cable components and by possible tearing of paper tapes due to movement of the cores.

3.2.2 Polymeric insulated cables (according to IEC 60502-2)

The temperature limits for polymeric insulated cables are imposed by the dielectric properties of the insulation. The high temperatures, electromagnetic forces and expansion forces produced under short-circuit conditions could have a marked effect on the physical condition of the cable. Thus, the integrity of the bond between the semi-conducting screens and the insulation and deformation of the insulation are two important considerations for polymeric insulated cables. In addition, the high temperatures may change the properties of the semi-conducting and sheathing materials.

For thermoplastic insulating materials, the temperature limits should be applied with caution when the cables are either directly buried or securely clamped when in air. Local pressure due to clamping or the use of an installation radius less than that specified for the cable, especially for cables that are rigidly restrained, can lead to high deforming forces under short-circuit conditions. Where these conditions cannot be avoided, it is suggested that the limit be reduced by 10 °C.

3.3 Accessories

Attention should be given to the design and installation of joints and terminations if the short-circuit limits set out in this standard are to be safely used. The following aspects are not exclusive and are provided for guidance only. It is desirable that the performance of an accessory be considered in the context of the particular installation.

- a) Longitudinal thrust in cable conductors can be considerable, depending on the degree of lateral restraint imposed on the cable. Conductor stresses as high as 50 N/mm² can easily occur. These forces may cause buckling of conductors and other damage in a joint or termination.
- b) Longitudinal tension in cable conductors is also to be expected after a short-circuit. This tension may exist for a very long period, particularly if the cable is only partly loaded after the short-circuit. A minimum conductor stress of 40 N/mm² should be used for design purposes.
- c) With mass-impregnated paper cables, compound expansion can give rise to considerable fluid pressure. If compound leaks out at joints and terminations, it could cause softening of the bitumen filling. Moisture may also be drawn back into the accessory and cable in a sufficient quantity to affect the performance of the insulation.
- d) The use of a temperature limit only implies that any combination of current and time which produces temperatures not exceeding that limit is permissible. For short-circuit currents this is not sufficient. An additional limit should be set for the peak value of the current in order to avoid excessive electromagnetic forces. These forces are of particular importance at terminations, and proper support is necessary to avoid undesirable movement and damage.
- e) Soldered joints should not be used if conductor temperatures greater than 160 °C are contemplated.
- f) Attention is drawn to the need to examine the design for short-circuit stability of the electrical contact of all connectors used for jointing conductors and connecting armour and metallic sheath bonds.
- g) Screen and/or armour wires, when gathered together at a joint or termination, may have a lower short-circuit performance than when in the cable. At such connections, the expected temperature rise should not be excessive for the materials involved, and adequate mechanical support should be provided.
- h) Account should be taken of the risk of longitudinal shrinkage of polymeric components at the cut ends of cables at short-circuit temperatures.

3.4 Installation conditions

When it is intended to make full use of the short-circuit limit of a cable, consideration should be given to the influence of the installation conditions. An important aspect concerns the extent and nature of the mechanical restraint imposed on the cable. Longitudinal expansion of the cable during a short-circuit can be significant, and when this expansion is restrained the resultant forces are considerable.

For cables in air, it is advisable to install them so that expansion is absorbed uniformly along the cable length. When snaking, fixings should be spaced sufficiently far apart to permit lateral movement of cables.

Where cables are installed directly in the ground, or must be restrained by frequent fixing, then provision should be made to accommodate the resulting longitudinal forces on accessories. Sharp bends should be avoided because the longitudinal forces are translated into radial pressures at bends in the cable route and these may damage thermoplastic components of the cable. Attention is drawn to the minimum radius of installed bend recommended by the appropriate installation regulations.

4 Maximum permissible short-circuit temperatures for cables with rated voltages from 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV)

The following tables should be read in conjunction with the comments in clause 3. Values given are actual temperatures of the current-carrying components. Limits are for short-circuits of up to 5 s duration.

The following subclauses 4.1 to 4.3 should be considered together when selecting a temperature limit for a particular cable construction.

4.1 Insulation materials

The temperature limits for all types of conductors when in contact with the insulation materials specified are given in table 1.

Table 1 – Temperature limits for insulation materials

Material ¹⁾		Temperature °C
Paper: – MIND (mass-impregnated non-draining) – oil/resin – oil-filled	≤20 kV	170
	>20 kV	150
	≤20 kV	170
	>20 kV	150
		250
Polyvinyl chloride (PVC/B)		
– conductor cross-section	≤300 mm ²	160
– conductor cross-section	>300 mm ²	140
Cross-linked polyethylene (XLPE)		250
Ethylene propylene rubber (EPR and HEPR)		250
¹⁾ Materials and designations according to IEC 60055, IEC 60141 and IEC 60502-2.		

4.2 Oversheath and bedding materials where there are no electrical or other requirements

The screen/metallic sheath/armour temperature limits, when in contact with, or embedded in, the oversheath materials, but thermally separated from the insulation by layers of suitable material and sufficient thickness, are given in Table 2. If thermal separation is not provided, the temperature limit of the insulation should be used if it is lower than that of the oversheath.

Table 2 – Temperature limits for oversheath materials

Material ¹⁾	Temperature ^{2), 3)} °C
Polyvinyl chloride (ST ₁ and ST ₂)	200
Polyethylene (ST ₃)	150
(ST ₇)	180
Polychloroprene, chlorosulphonated polyethylene or similar polymers (SE ₁)	200
Polyethylene bonded to aluminium or copper foil	150
Polyvinyl chloride bonded to aluminium or copper foil	160
1) Materials and designations according to IEC 60502-2. 2) Higher temperatures may be allowed, provided experimental data are available to demonstrate their use. 3) For cables in trefoil formation, these temperatures should be used with care due to possible high temperatures in the centre.	

4.3 Conductor/metallic sheath/screen/armour materials and methods of connection

Temperature limits of current-carrying components are given in Table 3. Limitations of non-metallic materials in contact with these metals should also be considered.

Table 3 – Temperature limits for current-carrying components

Metal	Condition	Temperature °C
Copper Aluminium	Current-carrying component only	1)
	Welded joint	1)
	Exothermic welded joint	250 ²⁾
	Soldered joint	160
	Compression (mechanical deformation)	250 ²⁾
	Mechanical (bolted) joint	3)
Lead		170
Lead alloy		210
Steel		1)
1) Limited by the material with which it is in contact (see 4.1 and 4.2). In the case of screens (except for embedded wires) where there is a layer thermally separating the screen from other material in the cable, a temperature of 350 °C should not be exceeded. 2) Temperature of adjacent conductor; actual joint will be at a lower temperature. 3) Refer to manufacturers' recommendations.		

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	13
INTRODUCTION	15
1 Domaine d'application	16
2 Références normatives	16
3 Facteurs gouvernant l'application des limites de température	16
3.1 Généralités	16
3.2 Câbles	17
3.3 Accessoires	18
3.4 Conditions d'installation	18
4 Températures maximales de court-circuit admissibles pour les câbles de tensions assignées de 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) à 30 kV ($U_m = 36$ kV)	19
4.1 Matériaux de l'enveloppe isolante	19
4.2 Matériaux de gainage et de bourrage, en l'absence de prescriptions électriques ou autres	19
4.3 Matériaux d'âme, d'écran ou de gaine métallique, d'armure, et méthodes de raccordement	20
Tableau 1 – Températures limites pour matériaux de l'enveloppe isolante	19
Tableau 2 – Températures limites pour matériaux de gaine extérieure	20
Tableau 3 – Températures limites des constituants qui écoulent le courant	20

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**LIMITES DE TEMPÉRATURE DE COURT-CIRCUIT DES Câbles
ÉLECTRIQUES DE TENSIONS ASSIGNÉES
DE 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) À 30 kV ($U_m = 36$ kV)**

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 60986 a été établie par le comité d'études 20 de la CEI: Câbles électriques.

Cette version consolidée de la CEI 60986 comprend la deuxième édition (2000) [documents 20/398/FDIS et 20/417/RVD] et son amendement 1 (2008) [documents 20/952/FDIS et 20/975/RVD].

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

Elle porte le numéro d'édition 2.1.

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

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

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

INTRODUCTION

Cette seconde édition de la CEI 60986 paraît conjointement avec la CEI 60724, troisième édition, et la CEI 61443, première édition.

Les quatre aspects suivants peuvent être considérés lorsqu'on définit le régime de court-circuit d'un réseau de câbles:

- a) les limites maximales admissibles de température des constituants du câble (par exemple: âme, enveloppe isolante, écran ou gaine métallique, bourrage, armure et gaine externe). Pour le domaine de tension visé dans cette norme, la pérennité de l'isolation constitue une limitation des plus importantes. En pratique, l'énergie qui provoque l'élévation de température est habituellement exprimée par une valeur équivalente (I^2t) afin que, pour un courant de court-circuit donné, la durée maximale admissible puisse être calculée;
- b) la valeur maximale de courant qui ne provoquera pas de défaut mécanique (par exemple un éclatement) dû aux efforts électrodynamiques. Indépendamment de toute limitation de température, cette valeur détermine un courant maximal qu'il convient de ne pas dépasser;
- c) la tenue thermique des jonctions et des extrémités aux valeurs limites de courant et de durée spécifiées pour le câble associé. Il convient que les accessoires présentent également une résistance aux efforts thermomécaniques et électromagnétiques provoqués par le courant de court-circuit dans le câble;
- d) l'influence des conditions d'installation en ce qui concerne les trois aspects abordés ci-dessus.

L'aspect a) est traité en détail dans cette norme, et les limites données ne tiennent compte que du câble. L'application d'un seul court-circuit est supposée ne pas provoquer de dommage important au câble, mais des courts-circuits répétés peuvent finir par causer des dégâts. Des conseils sont donnés, quand cela est nécessaire, pour les aspects c) et d), principalement lorsque ces derniers concernent les efforts thermomécaniques dans les âmes et les gaines métalliques. L'aspect b) n'est pas abordé dans cette norme.

Il est recommandé que les limites conseillées dans cette norme ne soient utilisées qu'à titre indicatif. Les données scientifiques disponibles sur le comportement des câbles réels en court-circuit sont peu nombreuses, la plupart des informations ayant pour origine les essais des matériaux constitutifs des câbles. Il a été nécessaire de faire preuve de beaucoup de discernement lors du choix de ces limites, et d'une façon générale, spécialement pour les isolants, on a suggéré le meilleur compromis parmi les utilisations actuelles.

Il n'est pas possible de fixer des limites complètes pour les jonctions et les extrémités, du fait que leur constitution n'est pas normalisée et que leur tenue est variable. Lorsqu'on a besoin de la pleine possibilité de court-circuit du câble, il convient que les accessoires soient conçus de façon appropriée, mais cela n'est pas toujours justifié sur le plan économique et la possibilité de court-circuit d'un réseau de câbles est alors déterminée par la tenue de ses jonctions et de ses extrémités. Lorsque cela a été possible, des conseils ont été inclus à propos de la tenue des accessoires lorsque ces derniers sont montés sur des câbles utilisés aux limites de court-circuit indiquées dans cette norme.

LIMITES DE TEMPÉRATURE DE COURT-CIRCUIT DES Câbles ÉLECTRIQUES DE TENSIONS ASSIGNÉES DE 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) À 30 kV ($U_m = 36$ kV)

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale donne des indications sur les limites de température maximales de court-circuit des câbles électriques de tensions assignées de 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) à 30 kV ($U_m = 36$ kV), en ce qui concerne

- les matériaux d'isolation;
- les matériaux de gainage et de bourrage;
- les matériaux de l'âme et de la gaine métallique et les méthodes de raccordement.

La conception des accessoires et l'influence des conditions d'installation sur les limites de température sont prises en compte.

Il est recommandé d'effectuer le calcul du courant de court-circuit admissible par les constituants du câble qui écoulent le courant conformément à la CEI 60949.

2 Références normatives

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

CEI 60055 (toutes les parties), *Câbles isolés au papier imprégné sous gaine métallique pour des tensions assignées inférieures ou égales à 18/30 kV (avec âmes conductrices en cuivre ou aluminium et à l'exclusion des câbles à pression de gaz et à huile fluide)*

CEI 60141 (toutes les parties), *Essais de câbles à huile fluide, à pression de gaz et de leurs dispositifs accessoires*

CEI 60502-2:1998, *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) – Partie 2: Câbles de tensions assignées de 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) à 30 kV ($U_m = 36$ kV)*

CEI 60949:1988, *Calcul des courants de court-circuit admissibles au plan thermique, tenant compte des effets d'un échauffement non adiabatique*

3 Facteurs gouvernant l'application des limites de température

3.1 Généralités

Les températures de court-circuit indiquées à l'article 4 sont les températures réelles du constituant écoulant le courant, limitées par les matériaux adjacents dans le câble, et sont valables pour des durées de court-circuit n'excédant pas 5 s. Lorsqu'on calcule le courant de court-circuit admissible, ces températures seront atteintes si l'on tient compte de la dissipation de la chaleur dans l'enveloppe isolante pendant le court-circuit (échauffement non adiabatique). Si l'on néglige la dissipation de la chaleur pendant le court-circuit (échauffement adiabatique), les calculs donnent des courants de court-circuit qui vont dans le sens de la sécurité.

NOTE Il convient également de ne pas dépasser les limites de températures indiquées à l'article 4 avec des courts-circuits répétés se produisant dans un intervalle de temps court.

La durée de 5 s mentionnée est la limite pour la validité des températures indiquées, et non pour l'application de la méthode de calcul adiabatique. La durée limite pour l'application de la méthode adiabatique a une définition différente, car elle est fonction à la fois de la durée du court-circuit et de la section du constituant écoulant le courant. Cela est traité dans la CEI 60949.

Les limites de températures de court-circuit recommandées dans cette norme résultent de l'étude de la plage des limites utilisées par divers organismes. Ce ne sont pas nécessairement les valeurs idéales puisque très peu de données expérimentales sont disponibles sur les câbles réels. Cependant, les valeurs sont considérées comme allant dans le sens de la sécurité.

Les limites pour les câbles de cette norme sont choisies de façon à ce que les propriétés diélectriques ne soient pas dégradées. La détérioration des propriétés diélectriques dépendra énormément du type de câble, c'est-à-dire que l'adhérence des écrans semi-conducteurs fixera vraisemblablement les limites des câbles isolés aux polymères, alors que les propriétés de l'isolation même sont d'une importance plus grande pour les câbles papier (aussi bien à l'huile fluide qu'imprégnés en masse).

Des précautions peuvent être rendues nécessaires lorsque les âmes fonctionnent aux températures spécifiées et que les câbles sont gainés avec un matériau de tenue en température plus basse, spécialement pour les câbles ayant une section d'âme de 1 000 mm² et plus. Cela s'explique par la forte constante de temps thermique de ces câbles qui impose à la gaine extérieure des températures élevées pendant des durées plus longues. De plus, d'importants effets mécaniques pourraient provoquer une déformation de l'enveloppe isolante. Néanmoins, il convient de souligner que pour des âmes de section de plus de 1 000 mm² le courant admissible en court-circuit est tellement élevé qu'il n'est normalement pas atteint dans les réseaux usuels.

Lorsque d'autres limites de températures sont connues avec certitude comme étant plus appropriées au matériau ou à la conception du câble, celles-ci peuvent alors être utilisées.

3.2 Câbles

3.2.1 Câbles isolés au papier (câbles à l'huile fluide conformes à la CEI 60141 et câbles imprégnés en masse conformes à la CEI 60055)

Pour les câbles isolés au papier imprégnés à l'huile/résine ou avec des mélanges stabilisés, les limites de température sont imposées par la tendance à la migration et à la formation de vides. Tous les câbles isolés au papier sont également limités par une dégradation thermique des constituants du câble et par la rupture éventuelle des rubans de papier causée par le mouvement des conducteurs.

3.2.2 Câbles à isolation synthétique (conformes à la CEI 60502-2)

Les limites de température pour les câbles à isolation synthétique sont imposées par les propriétés diélectriques de l'enveloppe isolante. Les températures élevées, les forces électromagnétiques et les forces de dilatation produites en régime de court-circuit pourraient avoir un effet sensible sur l'état physique des câbles. Ainsi, la pérennité de l'adhérence entre les écrans semi-conducteurs et l'enveloppe isolante, et les déformations de l'enveloppe isolante sont deux considérations importantes pour les câbles à isolation synthétique. De plus, les températures élevées peuvent modifier les propriétés des matériaux semi-conducteurs et de gainage.

Pour les matériaux isolants thermoplastiques, il convient d'utiliser les limites de température avec prudence lorsque les câbles sont soit directement enterrés, soit solidement bridés lorsqu'ils sont installés dans l'air. La pression locale due au bridage, ou l'utilisation d'un rayon de courbure inférieur à celui spécifié pour le câble, peut provoquer des efforts considérables en régime de court-circuit, spécialement lorsque les câbles sont maintenus fermement. Lorsque ces conditions ne peuvent être évitées, il est conseillé de réduire la valeur limite de 10 °C.

3.3 Accessoires

Il convient de veiller à la conception et à l'installation des jonctions et des extrémités si l'on veut appliquer de façon sûre les valeurs limites de court-circuit présentées dans cette norme. Les aspects suivants ne sont pas exhaustifs et ne sont donnés qu'à titre indicatif. Il est souhaitable que la tenue d'un accessoire soit considérée dans le contexte particulier de son installation.

- a) La poussée longitudinale des âmes peut être considérable, selon le degré de contrainte latérale imposée au câble. On peut facilement rencontrer des efforts sur l'âme pouvant atteindre 50 N/mm². Ces efforts peuvent provoquer le flambage des conducteurs ainsi que d'autres incidents dans une jonction ou une extrémité.
- b) La tension longitudinale des âmes est également prévisible après un court-circuit. Cette tension peut persister pendant une durée très longue, en particulier si le câble n'est que partiellement chargé après le court-circuit. Au niveau de la conception, il convient d'utiliser un effort minimal sur l'âme de 40 N/mm².
- c) Avec les câbles isolés au papier imprégné, la dilatation de l'imprégnation peut provoquer une pression importante. S'il y a des fuites de matière au niveau des jonctions et des extrémités, cela peut provoquer un ramollissement des bourrages bitumineux. L'humidité peut également pénétrer dans l'accessoire et le câble en quantité suffisante pour affecter la tenue de l'isolant.
- d) L'utilisation d'une température limite implique seulement que toute combinaison temps-courant qui conduit à des températures n'excédant pas cette valeur limite soit admissible. Pour les courants de court-circuit, cela n'est pas suffisant. Il y a lieu de fixer une limite supplémentaire pour la valeur de crête du courant de façon à éviter des efforts électrodynamiques excessifs. Ces efforts sont particulièrement importants au niveau des extrémités et un support approprié est nécessaire si l'on veut éviter tout mouvement indésirable et toute détérioration.
- e) Il convient de ne pas utiliser les raccords brasés à l'étain si l'on envisage des températures d'âmes supérieures à 160 °C.
- f) L'attention est attirée sur la nécessité d'examiner la stabilité en court-circuit du contact électrique de tous les raccords utilisés pour le raccordement des âmes et les connexions d'armures et de gaines métalliques.
- g) Les fils d'écran et/ou d'armure, lorsqu'ils sont réunis au niveau d'une jonction ou d'une extrémité, peuvent conduire à une tenue en court-circuit inférieure à celle qu'ils ont dans le câble. Pour de tels raccordements, il convient que l'échauffement prévisible ne soit pas excessif eu égard aux matériaux employés, et qu'un support mécanique adéquat soit envisagé.
- h) Il y a lieu de prendre en compte le risque de rétraction longitudinale des constituants aux polymères, aux coupes des câbles, aux températures de court-circuit.

3.4 Conditions d'installation

Lorsqu'on a l'intention d'utiliser au mieux la valeur limite de court-circuit d'un câble, il convient de prêter attention aux conditions d'installation. Un aspect important concerne l'étendue et la nature de la contrainte mécanique imposée au câble. La dilatation longitudinale d'un câble pendant un court-circuit peut être appréciable et, lorsque cette dilatation est contrecarrée, les forces qui en résultent sont considérables.

En ce qui concerne les câbles posés à l'air, il est conseillé de les installer de telle façon que la dilatation soit absorbée uniformément le long du câble. Lorsque les câbles serpentent, il convient que les fixations soient suffisamment espacées pour permettre un mouvement latéral des câbles.

Lorsque les câbles sont enterrés directement ou sont maintenus par des fixations fréquentes, il convient de prendre des dispositions pour adapter aux accessoires les efforts longitudinaux qui en résultent. Il convient d'éviter les courbures prononcées, les efforts longitudinaux étant convertis en pressions radiales dans les parties courbes du tracé du câble, et ces pressions pouvant endommager les constituants thermoplastiques du câble. L'attention est attirée sur le rayon de courbure minimal préconisé par les règles d'installation appropriées.

4 Températures maximales de court-circuit admissibles pour les câbles de tensions assignées de 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) à 30 kV ($U_m = 36$ kV)

Il convient de lire conjointement les tableaux du présent article et les commentaires de l'article 3. Les valeurs indiquées représentent les températures réelles des constituants qui écoulent le courant. Les limites concernent les courts-circuits d'une durée au plus égale à 5 s.

Il convient de prendre en compte les paragraphes 4.1 à 4.3 suivants lorsqu'on définit une température limite pour une constitution de câble donnée.

4.1 Matériaux de l'enveloppe isolante

Les températures limites pour tous les types d'âmes en contact avec les matériaux isolants figurent au tableau 1.

Tableau 1 – Températures limites pour matériaux de l'enveloppe isolante

Matériau ¹⁾	Température °C
Papier:	
– matière stabilisée ≤ 20 kV	170
> 20 kV	150
– huile/résine ≤ 20 kV	170
> 20 kV	150
– huile fluide	250
Polychlorure de vinyle (PVC/B)	
– section d'âme ≤ 300 mm ²	160
– section d'âme > 300 mm ²	140
Polyéthylène réticulé (PR)	250
Caoutchouc d'éthylène-propylène (EPR et HEPR)	250

¹⁾ Matériaux et désignations conformes à la CEI 60055, à la CEI 60141 et à la CEI 60502-2.

4.2 Matériaux de gainage et de bourrage, en l'absence de prescriptions électriques ou autres

Le Tableau 2 donne les températures limites de l'écran, de la gaine métallique, de l'armure, lorsque ceux-ci sont en contact avec ou sont enrobés dans les matériaux de la gaine extérieure, mais sont thermiquement séparés de l'enveloppe isolante par des couches de matériaux appropriés et d'une épaisseur suffisante. Si une telle séparation thermique n'est pas prévue, il convient d'utiliser la température limite de l'enveloppe isolante si elle est inférieure à celle de la gaine extérieure.

Tableau 2 – Températures limites pour matériaux de gaine extérieure

Matériau ¹⁾	Température ^{2), 3)} °C
Polychlorure de vinyle (ST ₁ et ST ₂)	200
Polyéthylène (ST ₃)	150
(ST ₇)	180
Polychloroprène, polyéthylène chlorosulphoné ou polymères similaires (SE ₁)	200
Polyéthylène contre-collé à une feuille en aluminium ou en cuivre	150
Polychlorure de vinyle contre-collé à une feuille en aluminium ou en cuivre	160
1) Matériaux et désignations conformes à la CEI 60502-2. 2) Des températures plus élevées peuvent être autorisées sous réserve de fournir des données expérimentales démontrant leur usage. 3) Pour les câbles posés en trèfle, il convient d'utiliser ces températures avec précaution, en raison des éventuelles températures élevées au centre.	

4.3 Matériaux d'âme, d'écran ou de gaine métallique, d'armure, et méthodes de raccordement

Les températures limites des constituants qui écoulent le courant figurent au Tableau 3. Il convient que les limitations relatives aux matériaux non métalliques en contact avec ces métaux soient également prises en compte.

Tableau 3 – Températures limites des constituants qui écoulent le courant

Métal	Condition	Température °C
Cuivre Aluminium	Constituant qui écoule le courant, pris seul	¹⁾
	Raccord soudé (autogène)	¹⁾
	Raccord soudé par réaction exothermique	250 ²⁾
	Raccord brasé à l'étain	160
	Raccord à déformation mécanique	250 ²⁾
	Raccord à serrage mécanique	³⁾
Plomb		170
Alliage de plomb		210
Acier		¹⁾
¹⁾ Limitée par le matériau avec lequel on se trouve en contact (voir 4.1 et 4.2). Dans le cas d'écrans (hormis les fils enrobés), lorsqu'une couche sépare thermiquement l'écran des autres matériaux du câble, il convient de ne pas dépasser une température de 350 °C. ²⁾ Température de l'âme voisine, le raccord considéré étant à une température inférieure. ³⁾ Se reporter aux recommandations des constructeurs.		

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