

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

AMENDMENT 1 AMENDEMENT 1

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

**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**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 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 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 55 000 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, Specifications 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 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 55 000 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

AMENDMENT 1 AMENDEMENT 1

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

**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**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

E

ICS 29.060.20

ISBN 978-2-8322-1920-1

**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.**

FOREWORD

This amendment has been prepared by IEC technical committee 20: Electric cables.

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

FDIS	Report on voting
20/1499/FDIS	20/1547/RVD

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

The committee has decided that the contents of this amendment and the base 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.

1.4.3.1 AC cables

Replace the existing equation by the following:

$$I = \left[\frac{\Delta\theta_x - nW_d T_4}{nRT_4(1 + \lambda_1 + \lambda_2)} \right]^{0,5}$$

2.1.2 Skin effect factor y_s

Replace the existing subclause by the following:

The skin effect factor y_s is given by the following equations:

For $0 < x_s \leq 2,8$

$$y_s = \frac{x_s^4}{192 + 0,8 x_s^4}$$

For $2,8 < x_s \leq 3,8$

$$y_s = -0,136 - 0,017 7 x_s + 0,056 3 x_s^2$$

For $x_s > 3,8$

$$y_s = 0,354 x_s - 0,733$$

where

$$x_s^2 = \frac{8\pi f}{R'} 10^{-7} k_s$$

f is the supply frequency in hertz.

Values for k_s are given in Table 2.

In the absence of alternative formulae, it is recommended that the above formula should be used for sector and oval-shaped conductors.

2.3 Loss factor for sheath and screen

In paragraph 5 replace "large segmental" by "Milliken".

Replace the equation for the maximum operating temperature of the sheath or screen by the following:

$$\theta_{sc} = \theta - (I^2 R + 0,5 W_d) T_1 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

2.3.1 Two single-core cables, and three single-core cables (in trefoil formation), sheaths bonded at both ends of an electrical section

In the final line replace "having large conductors of segmental construction" by "having Milliken conductors".

2.3.2 Three single-core cables in flat formation, with regular transposition, sheaths bonded at both ends of an electrical section

In the penultimate line, replace "having large conductors of segmental construction" by "having Milliken conductors".

2.3.3 Three single-core cables in flat formation, without transposition, sheaths bonded at both ends of an electrical section

In the explanation for λ_1 ", replace "having large conductors of segmental construction" by "having Milliken conductors".

2.3.5 Effect of large segmental type conductors

Replace the existing title by the following new title:

2.3.5 Effect of Milliken conductors

Replace the first paragraph by the following new paragraph:

Where the conductors are subject to a reduced proximity effect, as with Milliken conductors, the sheath loss factor λ_1'' of 2.3.1, 2.3.2 and 2.3.3 cannot be ignored, but shall be obtained by multiplying the value of λ_1'' , obtained from 2.3.6 for the same cable configuration, by the factor F given by the formula:

2.4 Loss factor for armour, reinforcement and steel pipes (applicable to power frequency a.c. cables only)

Replace the existing equation for the maximum operating temperature of the armour by the following new equation:

$$\theta_{ar} = \theta - \left\{ \left(I^2 R + 0,5 W_d \right) T_1 + \left[I^2 R (1 + \lambda_1) + W_d \right] n T_2 \right\} \quad (^\circ\text{C})$$

2.4.2.1 Single-core lead-sheathed cables – steel wire armour, bonded to sheath at both ends

Delete, in item b,) the unit "(Ω/m)" from the equation for H_s .

2.4.2.3.1 Round conductor cable

Add, at the end of this subclause, the following sentence to the end of the last paragraph:

This equation is under consideration because it may overestimate the armour loss factor for some cable designs.

2.4.3 Losses in steel pipes

In the last paragraph replace

"(see 2.4.2.3.2 and the losses in the pipe are to be ignored)."

by

"(see 2.4.2.5 and the losses in the pipe are to be ignored)."

Replace the existing Table 2 by the following new Table 2:

**Table 2 – Skin and proximity effects –
Experimental values for the coefficients k_s and k_p**

Type of conductor	Conductor insulation system	k_s	k_p
<i>Copper</i>			
Round, solid	All	1	1
Round, stranded	Fluid ^d /paper ^e /PPL ^f	1	0,8
Round, stranded	Extruded ^g /Mineral ^h	1	1
Round, Milliken ^c	Fluid/paper/PPL	0,435	0,37
Round, Milliken, insulated wires ^b	Extruded	0,35	0,20
Round, Milliken, bare uni-directional wires ^b ,	Extruded	0,62	0,37
Round, Milliken, bare bi-directional wires ^b ,	Extruded	0,80	0,37
Hollow, helical stranded	All	a	0,8
Sector-shaped	Fluid/paper/PPL	1	0,8
Sector-shaped	Extruded/Mineral	1	1
<i>Aluminium</i>			
Round, solid	All	1	1
Round, stranded	All	1	0,8
Round Milliken	All	0,25	0,15
Hollow, helical stranded	All	a	0,8

- a The following formula should be used for k_s :

$$k_s = \left(\frac{d'_c - d_i}{d'_c + d_i} \right) \left(\frac{d'_c + 2d_i}{d'_c + d_i} \right)^2$$

where

d_i is the inside diameter of the conductor (central duct) (mm);

d'_c is the outside diameter of the equivalent solid conductor having the same central duct (mm).

- b The coefficients for these designs can be influenced by the detail of the conductor design. Subject to agreement between the manufacturer and user measured values of ac resistance may be used. A common measurement method is under consideration. Cigre (TB272) discusses three measurement methods.
- c Milliken conductor: stranded conductor comprising an assembly of shaped stranded conductors, with each segment lightly insulated from each other. The individual strands may be either insulated (e.g. enamelled or oxidised) or bare.
- d Fluid insulation: insulation system consisting of lapped paper and an insulating fluid which is designed to maintain free movement of the fluid within the cable.
- e Paper insulation: lapped insulation consisting of paper impregnated with an insulating material.
- f PPL insulation: fluid filled cable where a polypropylene/paper laminate is used in place of lapped paper.
- g Extruded insulation: insulation consisting generally of one layer of a polymeric material and applied by an extrusion process.
- h Mineral insulation: insulation consisting of compressed mineral powder. Generally only used on specific types of LV cable.

NOTE 1 The tabulated values of k_s and k_p for large stranded conductors have generally been derived from those given in Cigre Technical brochure Ref. N° 272, *Large cross-sections and composite screens design*.

NOTE 2 The value of k_s given for round, Milliken, insulated wires is a limiting value intended to cover all methods of insulating the wires including enamelling, oxidized wires or other methods.

NOTE 3 The value of k_s given for hollow helical stranded conductors is applicable to keystone conductors.

AVANT-PROPOS

Le présent amendement a été établi par le comité d'études 20 de l'IEC: Câbles électriques.

Le texte de cet amendement est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
20/1499/FDIS	20/1547/RVD

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

Le comité a décidé que le contenu de cet amendement et de la publication de base 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.

1.4.3.1 Câbles à courant alternatif

Remplacer l'équation existante par la suivante:

$$I = \left[\frac{\Delta\theta_x - nW_d T_4}{nRT_4(1 + \lambda_1 + \lambda_2)} \right]^{0,5}$$

2.1.2 Facteur d'effet de peau y_s

Remplacer le paragraphe existant par le suivant:

Le facteur d'effet de peau y_s est fourni par les équations suivantes:

Pour $0 < x_s \leq 2,8$

$$y_s = \frac{x_s^4}{192 + 0,8 x_s^4}$$

Pour $2,8 < x_s \leq 3,8$

$$y_s = -0,136 - 0,017 7 x_s + 0,056 3 x_s^2$$

Pour $x_s > 3,8$

$$y_s = 0,354 x_s - 0,733$$

où

$$x_s^2 = \frac{8\pi f}{R'} 10^{-7} k_s$$

f est la fréquence du courant d'alimentation en hertz.

Les valeurs de k_s sont données dans le Tableau 2.

En l'absence d'autres formules, il est recommandé d'utiliser les formules ci-dessus pour des âmes sectoriales ou ovales.

2.3 Facteur de pertes dans les gaines ou les écrans

Au 5ème alinéa remplacer "grosses âmes segmentées" par "âmes segmentées".

Remplacer l'équation relative à la température maximale de fonctionnement de la gaine ou de l'écran par la suivante:

$$\theta_{sc} = \theta - (I^2 R + 0,5 W_d) T_1 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

2.3.1 Deux câbles unipolaires et trois câbles unipolaires (disposés en trèfle), avec gaines court-circuitées aux deux extrémités d'une section électrique

À la dernière ligne remplacer "ayant de grosses âmes segmentées" par "à âmes segmentées".

2.3.2 Trois câbles unipolaires disposés en nappe, régulièrement transposés, avec gaines court-circuitées aux deux extrémités d'une section électrique

A l'avant-dernière ligne, remplacer "ayant de grosses âmes segmentées" par "à âmes segmentées".

2.3.3 Trois câbles unipolaires disposés en nappe, non transposés, avec gaines court-circuitées aux deux extrémités d'une section électrique

À l'explication sur λ_1 ", remplacer "ayant de grosses âmes segmentées" par "à âmes segmentées".

2.3.5 Influence des grosses âmes segmentées

Remplacer le titre existant par ce qui suit:

2.3.5 Effet des âmes segmentées

Remplacer le premier alinéa par le nouveau alinéa suivant:

Lorsque des dispositions ont été prises pour réduire l'effet de proximité, par exemple par l'utilisation des âmes segmentées, le facteur de perte dans les gaines λ_1'' de 2.3.1, 2.3.2 et 2.3.3 ne peut plus être négligé; ce facteur doit être obtenu en multipliant la valeur λ_1'' du 2.3.6 pour la même configuration de câble, par le facteur F donné par la formule:

2.4 Facteur de pertes dans les armures, les frettages et les tuyaux d'acier (applicable uniquement aux câbles à courant alternatif à fréquence industrielle)

Remplacer l'équation existante relative à la température maximale de fonctionnement de l'armure par l'équation suivante:

$$\theta_{ar} = \theta - \left\{ \left(I^2 R + 0,5 W_d \right) T_1 + \left[I^2 R (1 + \lambda_1) + W_d \right] n T_2 \right\} \quad (^\circ\text{C})$$

2.4.2.1 Câbles unipolaires sous gaine de plomb et armure de fils d'acier, court-circuitée à la gaine à chaque extrémité

Supprimer, au point b) l'unité "(Ω/m)" de l'équation pour H_s .

2.4.2.3.1 Câbles à âmes circulaires

Ajouter, à la fin du dernier alinéa du présent paragraphe, la phrase suivante:

Cette équation est à l'étude en raison du fait qu'elle peut surestimer le facteur de pertes dans les armures pour certaines constructions de câbles.

2.4.3 Pertes dans les tuyaux d'acier

Dans le dernier alinéa, remplacer

"(voir 2.4.2.3.2 et les pertes dans le tuyau doivent être négligées)."

par

"(voir 2.4.2.5 et les pertes dans le tuyau doivent être négligées)."

Remplacer le Tableau 2 existant par le nouveau Table 2 suivant:

**Tableau 2 – Effets de peau et de proximité –
Valeurs expérimentales pour les coefficients k_s et k_p**

Type d'âme	Système d'isolation des âmes	k_s	k_p
<i>Cuivre</i>			
Circulaire, massive	Tous	1	1
Circulaire, câblée	Fluide ^d /papier ^e /PPL ^f	1	0,8
Circulaire, câblée	Extrudée ^g /minérale ^h	1	1
Circulaire, segmentée	Fluide/papier/PPL	0,435	0,37
Circulaire, segmentée, fils isolés ^b	Extrudée	0,35	0,20
Circulaire, segmentée, Fils nus ^b , unidirectionnel	Extrudée	0,62	0,37
Circulaire, segmentée, Fils nus ^b , bidirectionnel	Extrudée	0,80	0,37
Creuse, câblée hélicoïdale	Tous	^a	0,8
Sectorale	Fluide/papier/PPL	1	0,8
Sectorale	Extrudée/minérale	1	1
<i>Aluminium</i>			
Circulaire, massive	Tous	1	1
Circulaire, câblée	Tous	1	0,8
Circulaire, segmentée	Tous	0,25	0,15
Creuse, câblée hélicoïdale	Tous	^a	0,8

^a Il convient d'utiliser la formule suivante pour k_s :

$$k_s = \left(\frac{d'_c - d_i}{d'_c + d_i} \right) \left(\frac{d'_c + 2d_i}{d'_c + d_i} \right)^2$$

où

d_i est le diamètre intérieur de l'âme (canal central) (mm);

d'_c est le diamètre extérieur de l'âme massive équivalente ayant le même canal central (mm).

^b Les coefficients relatifs à ces conceptions peuvent être influencés par le détail de la constitution de l'âme conductrice. Après accord entre le fabricant et l'utilisateur, les valeurs mesurées de la résistance en courant alternatif peuvent être utilisées. Une méthode de mesure commune est à l'étude. Le Cigre (TB272) examine trois méthodes de mesure.

^c Âme segmentée: Âme câblée comprenant un ensemble d'âmes câblées profilées dont chacun des segments est faiblement isolé les uns par rapport aux autres. Les fils individuels peuvent être soit isolés (par exemple émaillés ou à revêtement d'oxyde) soit nus.

^d Isolant extrudé: Isolant généralement constitué d'une couche de matériau polymère et appliqué à l'aide d'un procédé d'extrusion.

^e Isolant minéral: Isolant constitué d'une poudre minérale comprimée. Généralement utilisé sur des types spécifiques de câbles BT.

^f Isolant papier: Isolation rubanée constituée de papier imprégné de matériau isolant.

^g Isolant fluide: Système d'isolation constitué de rubanage en papier et d'un fluide isolant qui est conçu pour assurer le libre déplacement du fluide à l'intérieur du câble.

^h Isolant PPL (polypropylène/papier laminé): Câble rempli de fluide dans lequel un stratifié de papier/polypropylène est utilisé à la place du rubanage en papier.

NOTE 1 Les valeurs k_s et k_p présentées dans le tableau ci-dessus pour des âmes câblées de grandes dimensions sont généralement dérivées des valeurs figurant dans la Cigre TB Ref. N° 272, *Large cross-sections and composite screens design*.

NOTE 2 La valeur de k_s donnée pour les fils isolés circulaires, à âmes segmentées, est une valeur limite destinée à couvrir toutes les méthodes d'isolation des fils y compris les fils émaillés, sous revêtement d'oxyde ou autres méthodes.

NOTE 3 La valeur de k_s donnée pour les fils creux, câblés hélicoïdaux est applicable aux âmes trapézoïdales.