

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60287-1-3

Première édition
First edition
2002-05

**Câbles électriques –
Calcul du courant admissible –**

**Partie 1-3:
Equations de l'intensité du courant admissible
(facteur de charge 100 %) et calcul des pertes –
Répartition du courant entre des câbles unipolaires
disposés en parallèle et calcul des pertes
par courant de circulation**

**Electric cables –
Calculation of the current rating –**

**Part 1-3
Current rating equations (100 % load factor)
and calculation of losses –
Current sharing between parallel single-core cables
and calculation of circulating current losses**

© IEC 2002 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembe, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

R

*Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
1 Domaine d'application.....	8
2 Références normatives	8
3 Symboles.....	8
4 Description de la méthode	10
4.1 Généralités.....	10
4.2 Résumé de la méthode.....	12
4.3 Solution matricielle	18
Annexe A (informative) Exemple de calculs	20
Annexe B (informative) Exemple de calcul du coefficient α pour les conducteurs à âme creuse.....	36
Bibliographie	38
Figure B.1 – Représentation d'un conducteur à âme creuse.....	36
Tableau 1 – Valeurs de α pour les âmes.....	16
Tableau A.1 – Valeurs calculées de $d_{j,k}$	28
Tableau A.2 – Valeurs calculées de $z_{j,k}$	28
Tableau A.3 – Matrice $[Z]$ comprenant les coefficients des courants.....	30

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	9
2 Normative references.....	9
3 Symbols.....	9
4 Description of method.....	11
4.1 General.....	11
4.2 Outline of method.....	13
4.3 Matrix solution.....	19
Annex A (informative) Example calculations.....	21
Annex B (informative) Example of the computation of the coefficient α for hollow core conductors.....	37
Bibliography.....	39
Figure B.1 – Representation of a hollow core conductor.....	37
Table 1 – Values of α for conductors.....	17
Table A.1 – Calculated values of $d_{j,k}$	29
Table A.2 – Calculated values of zz	29
Table A.3 – Array $[Z]$ including coefficients for currents.....	31

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CÂBLES ÉLECTRIQUES – CALCUL DU COURANT ADMISSIBLE –

Partie 1-3: Equations de l'intensité du courant admissible (facteur de charge 100 %) et calcul des pertes – Répartition du courant entre des câbles unipolaires disposés en parallèle et calcul des pertes par courant de circulation

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) 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. 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 intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale 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 60287-1-3 a été établie par le Comité d'études 20 de la CEI: Câbles électriques.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
20/522/FDIS	20/535/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

Les annexes A et B sont données uniquement à titre d'information.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2008. A cette date, la publication sera

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRIC CABLES –
CALCULATION OF THE CURRENT RATING –**
**Part 1-3: Current rating equations (100 % load factor)
and calculation of losses –
Current sharing between parallel single-core cables
and calculation of circulating current losses**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60287-1-3 has been prepared by IEC technical committee 20: Electric cables.

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

FDIS	Report on voting
20/522/FDIS	20/535/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 3.

Annexes A and B are for information only.

The committee has decided that this publication remains valid until 2008. At this date, in accordance with the committee's decision, the publication will be

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

INTRODUCTION

Lorsque des câbles unipolaires sont installés en parallèle, le courant de charge peut ne pas être réparti également entre les câbles. Les courants circulant dans les gaines des câbles peuvent également être de valeur différente. Cela est dû au fait qu'une proportion non négligeable de l'impédance des conducteurs de forte section provient de leur réactances propre et mutuelle. Ainsi l'espacement et la position de chaque câble par rapport aux autres auront un effet sur la répartition du courant et sur les courants de circulation. Les courants dépendent aussi du sens de rotation des phases. La méthode décrite dans la présente norme peut être utilisée pour le calcul de la répartition des courants entre les conducteurs de phase, ainsi que pour les pertes par courant de circulation.

Il n'y a pas de règle simple permettant d'estimer les pertes par courant de circulation dans des câbles parallèles: un calcul est nécessaire pour chaque configuration. Les principes et les formules des impédances sont simples; la difficulté réside dans la résolution du grand nombre d'équations simultanées ainsi générées. Le nombre d'équations à résoudre est généralement trop élevé pour permettre l'utilisation du calcul manuel, et une solution informatique est recommandée. Pour n câbles par phase dotés de gaines métalliques, dans un système triphasé, il y a six n équations qui contiennent le même nombre de variables complexes.

Pour des raisons de simplicité, les équations proposées dans cette norme partent de l'hypothèse que les conducteurs disposés en parallèle sont tous de même section. Si cette condition n'est pas vérifiée, les équations peuvent être ajustées pour tenir compte de la différence des résistances dans chaque conducteur. L'effet des conducteurs de neutre et de terre peut également être pris en compte en incluant ces conducteurs dans le calcul des boucles appropriées. La méthode proposée dans cette norme ne prend pas en compte la composante du courant circulant dans la gaine qui pourrait s'écouler par le réseau de terre ou toute autre voie.

Les courants dans les âmes et les courants de circulation dans les gaines des câbles unipolaires disposés en parallèle ont peu de risque d'être répartis de manière uniforme. Ainsi il convient que la résistance thermique externe des câbles souterrains disposés en parallèle soit calculée par la méthode décrite en 3.1 de la norme CEI 60287-2-1. En raison du fait que la résistance thermique externe et la température de la gaine sont conditionnées par la dissipation des pertes de chacun des câbles de l'ensemble, il est nécessaire de passer par une procédure itérative pour déterminer les pertes par courant de circulation et la résistance thermique externe.

INTRODUCTION

When single-core cables are installed in parallel the load current may not share equally between the parallel cables. The circulating currents in the sheaths of the parallel cables will also differ. This is because a significant proportion of the impedance of large conductors is due to self reactance and mutual reactance. Hence the spacing and relative location of each cable will have an effect on the current sharing and the circulating currents. The currents are also affected by phase rotation. The method described in this standard can be used to calculate the current sharing between conductors as well as the circulating current losses.

There is no simple rule by which the circulating current losses of parallel cables can be estimated. Calculation for each cable configuration is necessary. The principles and impedance formulae involved are straightforward but the difficulty arises in solving the large number of simultaneous equations generated. The number of equations to be solved generally precludes the use of manual calculations and solution by computer is recommended. For n cables per phase having metallic sheaths in a three-phase system there are six equations containing the same number of complex variables.

For simplicity the equations set out in this standard assume that the parallel conductors all have the same cross-sectional area. If this is not the case, the equations may be adapted to allow for different resistances for each conductor. The effect of neutral and earth conductors can also be calculated by including these conductors in the appropriate loops. The method set out in this standard does not take account of any portion of the sheath circulating currents that may flow through the earth or other extraneous paths.

The conductor currents and sheath circulating currents in parallel single-core cables are unlikely to be equal. Because of this, the external thermal resistance for buried parallel cables should be calculated using the method set out in 2.2 of IEC 60287-2-1. Because the external thermal resistance and sheath temperatures are functions of the power dissipation from each cable in the group it is necessary to adopt an iterative procedure to determine the circulating current losses and the external thermal resistance.

CÂBLES ÉLECTRIQUES – CALCUL DU COURANT ADMISSIBLE –

Partie 1-3: Equations de l'intensité du courant admissible (facteur de charge 100 %) et calcul des pertes – Répartition du courant entre des câbles unipolaires disposés en parallèle et calcul des pertes par courant de circulation

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60287 fournit une méthode de calcul des courants de phase et des pertes par courant de circulation dans des câbles unipolaires disposés en parallèle.

La méthode décrite dans cette norme peut être utilisée pour un nombre quelconque de câbles par phase lorsqu'ils sont disposés en parallèle, et quelle qu'en soit la disposition géométrique. Les courants de phase peuvent être calculés pour toutes les techniques de mise à la terre des gaines. Pour le calcul des pertes dans les gaines, l'hypothèse est faite que les gaines sont mises à la terre aux deux extrémités. La CEI 60287-1-2 donne une méthode de calcul des pertes dans les gaines par courants de Foucault pour deux circuits placés en nappe.

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 60287-1-2:1993, *Câbles électriques – Calcul du courant admissible – Partie 1: Equations de l'intensité du courant admissible (facteur de charge 100 %) et calcul des pertes – Section 2: Facteurs de pertes par courants de Foucault dans les gaines dans le cas de deux circuits disposés en nappe*

CEI 60287-2-1:1994, *Câbles électriques – Calcul du courant admissible – Partie 2: Résistance thermique – Section 1: Calcul de la résistance thermique*

ELECTRIC CABLES – CALCULATION OF THE CURRENT RATING –

Part 1-3: Current rating equations (100 % load factor) and calculation of losses – Current sharing between parallel single-core cables and calculation of circulating current losses

1 Scope

This part of IEC 60287 provides a method for calculating the phase currents and circulating current losses in single-core cables arranged in parallel.

The method described in this standard can be used for any number of cables per phase in parallel in any physical layout. The phase currents can be calculated for any arrangement of sheath bonding. For the calculation of sheath losses, it is assumed that the sheaths are bonded at both ends. A method for calculating sheath eddy current losses in two circuits in flat formation is given in IEC 60287-1-2.

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 60287-1-2:1993, *Electric cables – Calculation of the current rating – Part 1: Current rating equations (100 % load factor) and calculation of losses – Section 2: Sheath eddy current loss factors for two circuits in flat formation*

IEC 60287-2-1:1994, *Electric cables – Calculation of the current rating – Part 2: Thermal resistance – Section 1: Calculation of thermal resistance*