COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

IEC STANDARD

Publication 287

Deuxième édition – Second edition

1982

Calcul du courant admissible dans les câbles en régime permanent (facteur de charge 100 %)

Calculation of the continuous current rating of cables (100% load factor)

withdrawn

© CEI 1982

Droits de reproduction réservés – Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembé

Genève, Suisse

Révision de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la Commission afin d'assurer qu'il reflète bien l'état actuel de la technique.

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
- **Catalogue des publications de la CEI**
  Publié annuellement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le V.E.I. peuvent être obtenus sur demande.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit repris du V.E.I., soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, symboles littéraux et signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

— la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;

— la Publication 117 de la CEI: Symboles graphiques recommandés.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 117 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur les pages 3 et 4 de la couverture, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

Revision of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
- **Catalogue of IEC Publications**
  Published yearly

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the I.E.V. will be supplied on request.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the I.E.V. or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to:

— IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology;

— IEC Publication 117: Recommended graphical symbols.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 117, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to pages 3 and 4 of the cover, which list IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

IEC STANDARD

Publication 287

Deuxième édition – Second edition

1982

Calcul du courant admissible dans les câbles en régime permanent (facteur de charge 100%)

Calculation of the continuous current rating of cables (100% load factor)

Withdrawn

Mots clés: câbles: courant permanent; calculs; calculs numériques.

Key words: cables: continuous current; calculations; digital calculations.

© CEI 1982

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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembé

Genève, Suisse

SOMMAIRE

Pages

PRÉAMBULE 6

PRÉFACE 6

INTRODUCTION 10

SECTION UN - GÉNÉRALITÉS

Articles

1. Domaine d'application 12
2. Symboles 12
3. Evaluation de l'intensité de courant admissible dans les câbles 18
   3.1 Câbles à courant alternatif 18
   3.2 Câbles à courant continu jusqu'à 5 kV 20
   3.3 Plan de la recommandation 20

SECTION DEUX - CALCUL DES PERTES

4. Résistance de l'âme en courant alternatif 22
   4.1 Résistance de l'âme en courant continu 22
   4.2 Facteur d'effet de peau y_s 22
   4.3 Facteur d'effet de proximité y_p dans le cas de câbles bipolaires ou de deux câbles unipolaires 24
   4.4 Facteur d'effet de proximité y_p dans le cas de câbles tripolaires ou de trois câbles unipolaires 24
   4.5 Effets de peau et de proximité dans le cas de câbles en tuyau d'acier 26
5. Pertes diélectriques (applicable uniquement aux câbles à courant alternatif) 26
6. Facteur de pertes dans les gaines ou les écrans (applicable uniquement aux câbles à courant alternatif à fréquence industrielle) 26
   6.1 Deux câbles unipolaires et trois câbles unipolaires (disposés en trèfle) avec gaines court-circuitées aux deux extrémités d'une section électrique 28
   6.2 Trois câbles unipolaires disposés en nappe, régulièrement transposés, avec gaines court-circuitées aux deux extrémités d'une section électrique 28
   6.3 Trois câbles unipolaires disposés en nappe, non transposés, avec gaines court-circuitées aux deux extrémités d'une section électrique 30
   6.4 Variation de l'écartement des câbles unipolaires entre les points où les gaines sont court-circuitées 30
   6.5 Influence des grosses âmes segmentées 32
   6.6 Câbles unipolaires avec gaines court-circuitées en un seul point ou permutées 34
   6.7 Câbles bipolaires non armés sous gaine commune 36
   6.8 Câbles tripolaires non armés sous gaine commune 38
   6.9 Câbles bipolaires et tripolaires armés de feuillards d'acier 38
   6.10 Câbles triplombs armés 40
   6.11 Pertes dans les écrans et les gaines de câbles en tuyau d'acier 40
7. Facteur de pertes dans les armures, les frettages et les tuyaux d'acier (applicable uniquement aux câbles à courant alternatif à fréquence industrielle) 42
   7.1 Armure ou frettage non magnétique 42
   7.2 Armure ou frettage magnétique 42
   7.3 Pertes dans les tuyaux d'acier 50

SECTION TROIS - CALCUL DES RÉSISTANCES THERMIQUES

8. Résistances thermiques des constituants des câbles, T_1, T_2 et T_3 50
   8.1 Résistance thermique entre âme et gaine T_1 50
   8.2 Résistance thermique entre gaine et armure T_2 56

Withdrawn

CONTENTS

Page

FOREWORD 7

PREFACE 7

INTRODUCTION 11

SECTION ONE - GENERAL

Clause

1. Scope 13
2. Symbols 13
3. Permissible current rating of cables 19
   3.1 A.C. cables 19
   3.2 D.C. cables up to 5 kV 21
   3.3 Layout of recommendation 21

SECTION TWO - CALCULATION OF LOSSES

4. A.C. resistance of conductor 23
   4.1 D.C. resistance of conductor 23
   4.2 Skin effect factor y_s 23
   4.3 Proximity effect factor y_p for two-core cables and for two single-core cables 25
   4.4 Proximity effect factor y_p for three-core cables and for three single-core cables 25
   4.5 Skin and proximity effects in pipe-type cables 27
5. Dielectric losses (applicable to a.c. cables only) 27
6. Loss factor for sheath and screen (applicable to power frequency a.c. cables only) 27
   6.1 Two single-core cables, and three single-core cables (in trefoil formation), sheaths bonded at both ends of an electrical section 29
   6.2 Three single-core cables in flat formation, with regular transposition, sheaths bonded at both ends of an electrical section 29
   6.3 Three single-core cables in flat formation, without transposition, sheaths bonded at both ends of an electrical section 31
   6.4 Variation of spacing of single-core cables between sheath bonding points 31
   6.5 Effect of large segmental type conductors 33
   6.6 Single-core cables, with sheaths bonded at a single point or cross-bonded 35
   6.7 Two-core unarmoured cables with common sheath 37
   6.8 Three-core unarmoured cables with common sheath 39
   6.9 Two-core and three-core cables with steel tape armour 39
   6.10 Cables with each core in a separate lead sheath (SL type) and armoured 41
   6.11 Losses in screens and sheaths of pipe-type cables 41
7. Loss factor for armour, reinforcement and steel pipes (applicable to power frequency a.c. cables only) 43
   7.1 Non-magnetic armour or reinforcement 43
   7.2 Magnetic armour or reinforcement 43
   7.3 Losses in steel pipes 51

SECTION THREE - CALCULATION OF THERMAL RESISTANCES

8. Thermal resistance of the constituent parts of a cable T_1, T_2 and T_3 51
   8.1 Thermal resistance between one conductor and sheath T_1 51
   8.2 Thermal resistance between sheath and armour T_2 57

Withdrawn

Articles Pages

8.3 Résistance thermique du revêtement externe T_3 . . . 56
8.4 Cas des câbles en tuyau . . . 58

9. Résistance thermique extérieure T_4 . . . 58
9.1 Câbles posés à l'air libre . . . 58
9.2 Un seul câble enterré . . . 62
9.3 Groupe de câbles enterrés (non jointifs) . . . 62
9.4 Groupes de câbles enterrés (jointifs) uniformément chargés . . . 66
9.5 Tuyaux enterrés . . . 68
9.6 Câbles en caniveaux enterrés . . . 70
9.7 Câbles en fourreaux ou en tuyaux . . . 70

TABLEAUX . . . 74

ANNEXE A - Valeurs des températures ambiantes de référence et résistivités thermiques des sols dans divers pays . . . 84

ANNEXE B - Informations exigées de l'acheteur pour permettre la sélection du type approprié de câble . . . 104

ANNEXE C - Calcul numérique des quantités indiquées sous forme de graphiques dans les figures 2 à 6 . . . 108

ANNEXE D - Calcul graphique de $\Delta\theta_s$ (figure 8) . . . 116

FIGURES . . . 118

Withdrawn

Clause Page

8.3 Thermal resistance of outer covering (serving) T_3 . . . 57
8.4 Pipe-type cables . . . 59

9. External thermal resistance T_4 . . . 59
9.1 Cables laid in free air . . . 59
9.2 Single isolated buried cable . . . 63
9.3 Groups of buried cables (not touching) . . . 63
9.4 Groups of buried cables (touching) equally loaded . . . 67
9.5 Buried pipes . . . 69
9.6 Cables in buried troughs . . . 71
9.7 Cables in ducts or pipes . . . 71

TABLES . . . 75

APPENDIX A - Reference ambient temperatures and thermal resistivities of soil in various countries . . . 85

APPENDIX B - Information required from the purchaser for the selection of the appropriate type of cable . . . 105

APPENDIX C - Digital calculation of quantities given graphically in Figures 2 to 6 . . . 109

APPENDIX D - Calculation of $\Delta\theta_s$ by means of a diagram (Figure 8) . . . 117

FIGURES . . . 118

Withdrawn

287 © CEI 1982

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CALCUL DU COURANT ADMISSIBLE DANS LES CÂBLES EN RÉGIME PERMANENT (FACTEUR DE CHARGE 100%)

PRÉAMBULE

1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.

2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.

3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

Withdrawn

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 20A: Câbles de haute tension, du Comité d'Etudes N° 20 de la CEI: Câbles électriques.

Un projet fut diffusé aux Comités nationaux suivant la Procédure Accélérée en février 1980.

A la suite de la réunion tenue à Florence en 1980, un projet, document 20A(Bureau Central)75, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en septembre 1980.

Les Comités nationaux des pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Allemagne	Espagne	Pays-Bas
Australie	Etats Unis d'Amérique	République Démocratique Allemande
Autriche	Finlande	Royaume-Uni
Belgique	France	Suède
Brésil	Irlande	Suisse
Bulgarie	Italie	Turquie
Canada	Japon	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Danemark	Norvège	
Egypte	Nouvelle-Zélande	

La première édition de cette norme était basée sur l'annexe 1 du rapport C.I.G.R.É. n° 233 de 1964 – rapport sur les travaux du Comité d'Etudes n° 2 de la C.I.G.R.É. sur les câbles à haute tension. Son but était de recommander une méthode complète de calcul de la capacité de transport des câbles d'énergie selon le critère thermique, indépendamment des considérations relatives à la charge économique.

La première édition (1969) recommandait des formules choisies parmi celles qui avaient été publiées antérieurement dans divers pays et qui conciliaient au mieux théorie et facilité d'application. Dans les années suivantes, quatre modifications et un supplément furent publiés et une modification supplémentaire fut mise en circulation pour être discutée. Ces modifications ont permis d'étendre les recommandations de ce document à une plus large gamme de types de câble et, dans certains cas, d'améliorer le degré de précision.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

CALCULATION OF THE CONTINUOUS CURRENT RATING OF CABLES (100% LOAD FACTOR)

Withdrawn

FOREWORD

1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.

2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.

3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by Sub-Committee 20A: High-voltage Cables, of IEC Technical Committee No. 20: Electric Cables.

A draft was submitted to the National Committees following the Accelerated Procedure in February 1980.

Following the meeting held in Florence in 1980, a draft, Document 20A(Central Office)75, was submitted to the National Committees for their approval under the Six Months' Rule in September 1980.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	France	Norway
Austria	German Democratic Republic	Spain
Belgium	Germany	Sweden
Brazil	Ireland	Switzerland
Bulgaria	Italy	Turkey
Canada	Japan	Union of Soviet Socialist Republics
Denmark	Netherlands	United Kingdom
Egypt	New Zealand	United States of America
Finland		

The first edition of this standard was based on Appendix I of C.I.G.R.É. Report No. 233, 1964 (Report on the work of C.I.G.R.É., Study Committee No. 2 on High-voltage Cables). It was prepared with a view to recommending a complete method of calculation of the current rating of power cables on the basis of the thermal criterion, independent of considerations of economic loading.

The first edition (1969) recommended formulae, chosen from those previously published in various countries, which best combined compliance with theory and ease of application. In the succeeding years four amendments and one supplement have been issued, and a further amendment circulated for comment. These amendments have made the document applicable over a wider range of cable types and in some instances have improved accuracy.

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

Publications nos 27: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique.
28: Spécification internationale d'un cuivre-type recuit.
111: Recommandation concernant la résistivité des fils en aluminium écroui dur industriel pour conducteurs électriques.
141: Essais de câbles à huile fluide, à pression de gaz et de leurs dispositifs accessoires.
183: Guide au choix des câbles à haute tension.
228: Ames des câbles isolés.
502: Câbles de transport d'énergie isolés par diélectriques massifs extrudés pour des tensions assignées de 1 kV à 30 kV.

Withdrawn

Other IEC publications quoted in this standard:

Publications Nos. 27: Letter Symbols to be Used in Electrical Technology.
28: International Standard of Resistance for Copper.
111: Recommendation for the Resistivity of Commercial Hard-drawn Aluminium Electrical Conductor Wire.
141: Tests on Oil-filled and Gas-pressure Cables and Their Accessories.
183: Guide to the Selection of High-voltage Cables.
228: Conductors of Insulated Cables.
502: Extruded Solid Dielectric Insulated Power Cables for Rated Voltages from 1 kV up to 30 kV.

Withdrawn

287 © CEI 1982

CALCUL DU COURANT ADMISSIBLE DANS LES CÂBLES EN RÉGIME PERMANENT (FACTEUR DE CHARGE 100%)

INTRODUCTION

Cette deuxième édition a pour but de réunir en un seul document les modifications précédentes ainsi que le supplément, d'incorporer d'autres formules plus précises et d'introduire dans la publication le système d'unités international. On a également saisi l'occasion pour revenir, lorsque cela était possible, à la forme fondamentale des équations afin d'indiquer l'origine des constantes numériques. L'amélioration de la précision est limitée, mais l'utilisation quasi universelle des calculateurs de poche, de bureau et des ordinateurs numériques permettent une plus grande facilité d'emploi. Afin d'aider l'utilisateur à calculer les régimes permanents au moyen de calculateurs numériques, les formules et les méthodes appropriées au calcul numérique des données graphiques de cette publication sont exposées dans le tableau V, page 80, et l'annexe C.

Les formules de cette publication contiennent des paramètres variant avec la spécification du câble et les matériaux utilisés. Les valeurs données dans les tableaux sont soit approuvées internationalement, comme les résistivités électriques et la constante diélectrique des matériaux, ou bien généralement acceptées dans la pratique, comme les résistivités thermiques et les permittivités des matériaux. Certaines des valeurs de la dernière catégorie ne sont pas caractéristiques de la qualité des câbles neufs mais de celle des câbles ayant déjà subi une longue période d'utilisation. Dans le but d'obtenir des résultats comparables et reproductibles, les régimes permanents doivent être calculés avec les valeurs indiquées dans la présente norme. Toutefois, lorsqu'on sait avec certitude que d'autres valeurs sont plus appropriées aux matériaux et à leur mise en œuvre, ces dernières peuvent alors être utilisées en déclarant le régime permanent correspondant, pourvu que les différentes valeurs soient indiquées.

Les données relatives aux conditions de service sont susceptibles de varier considérablement d'un pays à l'autre. Par exemple, pour ce qui est de la température ambiante et de la résistance thermique du sol, les valeurs sont régies dans les différents pays par diverses considérations. Une comparaison hâtive entre les valeurs utilisées dans les différents pays peut amener des conclusions erronées, si elle n'est pas faite sur des bases communes; par exemple, on peut compter sur des espérances de vie du câble différentes; de même, dans certains pays, la spécification est établie sur la valeur maximale de la résistance thermique du sol, tandis que dans d'autres c'est la valeur moyenne qui est utilisée. En particulier, dans le cas de la résistivité thermique du sol, il est bien connu que celle-ci est très sensible au taux d'humidité et peut varier sensiblement dans le temps suivant le type de sol, les conditions topographiques et météorologiques et la charge du câble.

Le choix des valeurs des différents paramètres sera dès lors effectué de la façon suivante:

Les valeurs numériques devront, de préférence, être basées sur des résultats de mesures valables. De tels résultats sont déjà souvent inclus dans les spécifications nationales sous forme de valeurs recommandées, de telle sorte que le calcul peut être exécuté sur la base de ces valeurs, généralement utilisées dans le pays en question; un examen de ces valeurs est fait à l'annexe A.

On trouvera un choix d'informations nécessaires pour sélectionner le type de câble approprié à l'annexe B.

Withdrawn

CALCULATION OF THE CONTINUOUS CURRENT RATING OF CABLES (100% LOAD FACTOR)

INTRODUCTION

This second edition has been produced to consolidate the previous amendments and the supplement into one document, to incorporate further more accurate formulae, and to introduce SI units into the publication. The opportunity has also been taken to revert, where applicable, to the fundamental form of the equations so as to show the origin of the numerical constants. The improvement in accuracy is only small, but there is some improvement in convenience with the now almost universal use of hand, desk and large digital computers. To aid the user in the application of digital computers for current rating calculations, formulae and methods suitable for digital calculation of the quantities given graphically in this publication are set out in Table V, page 81, and Appendix C.

The formulae recommended in this publication contain quantities which vary with cable design and materials used. The values given in the tables are either internationally agreed, for example, electrical resistivities and resistance temperature coefficients, or are those which are generally accepted in practice, for example, thermal resistivities and permittivities of materials. In this latter category, some of the values given are not characteristic of the quality of new cables but are considered to apply to cables after a long period of use. In order that uniform and comparable results may be obtained, the current ratings should be calculated with the values given in this standard. However, where it is known with certainty that other values are more appropriate to the materials and design, then these may be used, and the corresponding current rating declared in addition, provided that the different values are quoted.

Quantities related to the operating conditions of cables are liable to vary considerably from one country to another. For instance, with respect to the ambient temperature and soil thermal resistivity, the values are governed in various countries by different considerations. Superficial comparisons between the values used in the various countries may lead to erroneous conclusions if they are not based on common criteria: for example, there may be different expectations for the life of the cables, and in some countries design is based on maximum values of soil thermal resistivity, whereas in others average values are used. Particularly, in the case of soil thermal resistivity, it is well known that this quantity is very sensitive to soil moisture content and may vary significantly with time, depending on the soil type, the topographical and meteorological conditions, and the cable loading.

The following procedure for choosing the values for the various parameters should, therefore, be adopted:

Numerical values should preferably be based on results of suitable measurements. Often such results are already included in national specifications as recommended values, so that the calculation may be based on these values generally used in the country in question; a survey of such values is given in Appendix A.

A suggested list of the information required to select the appropriate type of cable is given in Appendix B.

Withdrawn