IEC 60228

Edition 4.0 2023-12

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Conductors of insulated cables

Ames des câbles isolés

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.060.20

ISBN 978-2-8322-7808-6

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.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

CONTENTS

FOREWORD 4
INTRODUCTION 6
1 Scope 7
2 Normative references 7
3 Terms and definitions 7
4 Classification 8
5 Materials 8
5.1 General 8
5.2 Circular and shaped solid aluminium conductors 8
5.3 Circular and shaped stranded aluminium conductors 9
6 Solid conductors and stranded conductors 9
6.1 Solid conductors (class 1) 9
6.1.1 Construction 9
6.1.2 Resistance 9
6.2 Stranded circular non-compacted conductors (class 2) 9
6.2.1 Construction 9
6.2.2 Resistance 10
6.3 Stranded compacted circular conductors and stranded shaped conductors (class 2) 10
6.3.1 Construction 10
6.3.2 Resistance 10
6.4 Milliken conductors (class 2) 10
6.4.1 Construction 10
6.4.2 Resistance 10
7 Flexible conductors (classes 5 and 6) 10
7.1 Construction 10
7.2 Resistance 11
8 Check of compliance with Clause 6 and Clause 7 11
Annex A (normative) Measurement of resistance 16
Annex B (informative) Exact formulae for the temperature correction factors 18
Annex C (informative) Guidance on the dimensional limits of circular conductors 19
C.1 Purpose 19
C.2 Dimensional limits for circular copper conductors 19
C.3 Dimensional limits for stranded compacted circular copper, aluminium and aluminium alloy conductors 19
C.4 Dimensional limits for circular solid aluminium conductors 19
Bibliography 23

Table 1 – Tensile strength limits for circular and shaped solid aluminium conductors 8
Table 2 – Tensile strength limits for circular and shaped stranded aluminium conductors 9
Table 3 – Class 1 solid conductors for single-core and multi-core cables 12
Table 4 – Class 2 stranded conductors for single-core and multi-core cables 13
Table 5 – Class 5 flexible copper conductors for single-core and multi-core cables 14
Table 6 – Class 6 flexible copper conductors for single-core and multi-core cables 15

Table A.1 – Temperature correction factors k_t for conductor resistance to correct the measured resistance at t °C to 20 °C 17
Table C.1 – Maximum diameters of solid, non-compacted stranded and flexible circular copper conductors 20
Table C.2 – Minimum and maximum diameters of stranded compacted circular copper, aluminium and aluminium alloy conductors 21
Table C.3 – Minimum and maximum diameters of solid circular aluminium conductors 22

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

CONDUCTORS OF INSULATED CABLES

FOREWORD

1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
9) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at https://patents.iec.ch. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 60228 has been prepared by IEC technical committee 20: Electric cables. It is an International Standard.

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2004. This edition constitutes a technical revision.

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

a) a description of Milliken conductors has been added;

b) nominal cross-sectional areas above 2 500 mm^2 have been added;

c) the old 2 500 mm^2 aluminium resistance value has been corrected and a new value introduced.

For legacy systems where the 2 500 mm^2 aluminium conductor was designed taking into account the value presented in previous editions and no longer tabulated, then the original design can be maintained and still utilized.

The suppliers can furthermore utilize such superseded design of 2 500 mm^2 aluminium conductors either in systems already designed and qualified but not delivered or for example to produce repair and additional spare lengths for delivered systems.

The choice of utilizing the original superseded design of 2 500 mm^2 aluminium conductors or a new one based on the new resistance tabulated value is a matter of agreement between the supplier and final users.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
20/2125/FDIS	20/2131/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

INTRODUCTION

This document is intended as a fundamental reference standard for IEC technical committees and National Committees in drafting standards for electric cables, and to the National Committees in drafting specifications for use in their own countries. These committees select from the tables of this general standard the conductors appropriate to the particular applications relevant to them and either include the applicable details in their cable specifications or make appropriate references to this document.

CONDUCTORS OF INSULATED CABLES

1 Scope

This document specifies the nominal cross-sectional areas, in the range 0,5 mm^2 to 3 500 mm^2, for conductors in electric power cables and cords of a wide range of types. Requirements for numbers and sizes of wires and resistance values are also included. These conductors include solid, stranded and Milliken, copper, aluminium and aluminium alloy conductors in cables for fixed installations and flexible copper conductors.

This document does not apply to conductors for telecommunication purposes.

The applicability of this document to a particular type of cable is as specified in the standard for the type of cable.

Unless specified otherwise in a particular clause, this document relates to the conductors in the finished cable and not to the conductor as made or supplied for inclusion into a cable.

Conductors described in this document are specified in metric sizes.

Informative annexes provide supplementary information covering temperature correction factors for resistance measurement (Annex B) and guidance on dimensional limits of circular conductors (Annex C).

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements 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.

IECEE OD-5014, *Instrument Accuracy Limits*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 26
INTRODUCTION 28
1 Domaine d'application 29
2 Références normatives 29
3 Termes et définitions 29
4 Classification 30
5 Matériaux 30
5.1 Généralités 30
5.2 Âmes massives circulaires et sectorales en aluminium 30
5.3 Âmes câblées circulaires et sectorales en aluminium 31
6 Âmes massives et câblées 31
6.1 Âmes massives (classe 1) 31
6.1.1 Construction 31
6.1.2 Résistance 31
6.2 Âmes câblées de section circulaire, non rétreintes (classe 2) 31
6.2.1 Construction 31
6.2.2 Résistance 32
6.3 Âmes câblées rétreintes de section circulaire et âmes sectorales câblées (classe 2) 32
6.3.1 Construction 32
6.3.2 Résistance 32
6.4 Âmes segmentées (classe 2) 32
6.4.1 Construction 32
6.4.2 Résistance 32
7 Âmes souples (classes 5 et 6) 32
7.1 Construction 32
7.2 Résistance 33
8 Vérification de la conformité aux Articles 6 et 7 33
Annexe A (normative) Mesurage de la résistance 38
Annexe B (informative) Formules exactes pour les facteurs de correction de température 40
Annexe C (informative) Recommandations concernant les limites dimensionnelles des âmes circulaires 41
C.1 Objet 41
C.2 Limites dimensionnelles pour les âmes circulaires en cuivre 41
C.3 Limites dimensionnelles pour les âmes câblées circulaires rétreintes en cuivre, aluminium et alliage d'aluminium 41
C.4 Limites dimensionnelles pour les âmes massives circulaires en aluminium 41
Bibliographie 45

Tableau 1 – Limites de résistance à la traction des âmes massives circulaires et sectorales en aluminium 30
Tableau 2 – Limites de résistance à la traction des âmes câblées circulaires et sectorales en aluminium 31
Tableau 3 – Âmes massives de classe 1 pour câbles monoconducteurs et multiconducteurs 34

Tableau 4 – Âmes câblées de classe 2 pour câbles monoconducteurs et multiconducteurs 35
Tableau 5 – Âmes souples en cuivre de classe 5 pour câbles monoconducteurs et multiconducteurs 36
Tableau 6 – Âmes souples en cuivre de classe 6 pour câbles monoconducteurs et multiconducteurs 37
Tableau A.1 – Facteurs de correction de température k_t pour ramener à 20 °C la résistance de l'âme mesurée à t °C 39
Tableau C.1 – Diamètres maximaux des âmes circulaires en cuivre massives, câblées non rétreintes et souples 42
Tableau C.2 – Diamètres minimaux et maximaux des âmes câblées circulaires rétreintes en cuivre, aluminium et alliage d'aluminium 43
Tableau C.3 – Diamètres minimaux et maximaux des âmes massives circulaires en aluminium 44

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

ÂMES DES CÂBLES ISOLÉS

AVANT-PROPOS

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

L'IEC 60228 a été établie par le comité d'études 20 de l'IEC: Câbles électriques Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 2004. Cette édition constitue une révision technique.

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

a) une description relative aux âmes segmentées a été ajoutée;
b) des sections nominales supérieures à 2 500 mm^2 ont été ajoutées;

c) l'ancienne valeur de résistance de 2 500 mm^2 des âmes en aluminium a été corrigée et une nouvelle valeur a été introduite.

Pour les systèmes existants où l'âme en aluminium de 2 500 mm^2 a été conçue en tenant compte de la valeur présentée dans les éditions précédentes et ne figure plus dans les tableaux, la conception d'origine peut être conservée et encore être utilisée.

Les fournisseurs peuvent également utiliser cette conception remplacée des âmes en aluminium de 2 500 mm^2 soit dans des systèmes déjà conçus et qualifiés mais non livrés, soit pour produire, par exemple, des longueurs de réparations et des longueurs de réserve supplémentaires pour des systèmes livrés.

Le choix d'utiliser la conception d'origine remplacée des âmes en aluminium de 2 500 mm^2 ou une nouvelle conception fondée sur la nouvelle valeur de résistance indiquée dans les tableaux doit faire l'objet d'un accord entre le fournisseur et les utilisateurs finaux.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
20/2125/FDIS	20/2131/RVD

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

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site Web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

INTRODUCTION

Le présent document est destiné à servir de norme de référence fondamentale aux comités d'études et Comités nationaux de l'IEC lors de l'élaboration de normes relatives aux câbles électriques, ainsi qu'aux Comités nationaux lors de l'élaboration de spécifications à utiliser dans leur propre pays. Ces comités choisiront, dans les tableaux de cette norme générale, les âmes qui conviennent aux applications particulières envisagées et incluront les détails applicables dans leurs spécifications de câbles ou feront référence au présent document.

ÂMES DES CÂBLES ISOLÉS

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les sections nominales, dans la plage de 0,5 mm^2 à 3 500 mm^2, des âmes d'un large éventail de types de câbles et de cordons électriques. Des exigences relatives au nombre et au diamètre des fils sont également spécifiées, ainsi que des valeurs de résistance. Les âmes concernées sont les âmes massives, câblées et segmentées, en cuivre, aluminium et alliage d'aluminium, destinées aux câbles pour installations fixes, ainsi que les âmes souples en cuivre.

Le présent document ne s'applique pas aux âmes utilisées à des fins de télécommunication.

L'applicabilité du présent document à un type de câble particulier est précisée dans la norme relative à ce type de câble.

Sauf indication contraire dans un article particulier, le présent document porte sur les âmes des câbles terminés, et non sur les âmes seules ou fournies en vue d'une intégration dans un câble.

Les âmes décrites dans le présent document sont spécifiées en tailles métriques.

Des annexes informatives donnent des informations complémentaires sur les facteurs de correction de température à utiliser pour les mesures de résistance (Annexe B) et des recommandations sur les limites dimensionnelles des âmes circulaires (Annexe C).

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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).

IECEE OD-5014, *Instrument Accuracy Limits*