IEC 60146-1-1

Edition 5.0 2024-03

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

Semiconductor converters – General requirements and line commutated converters –
Part 1-1: Specification of basic requirements

Convertisseurs à semiconducteurs – Exigences générales et convertisseurs commutés par le réseau –
Partie 1-1: Spécification des exigences de base

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.200, 29.045

ISBN 978-2-8322-8354-7

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 5
INTRODUCTION 7
1 Scope 8
2 Normative references 8
3 Terms and definitions 9
3.1 Semiconductor devices and combinations 9
3.2 Arms and connections 13
3.3 Controllability of converter arms and quadrants of operation (on DC side) 15
3.4 Commutation, quenching and commutation circuitry 16
3.5 Commutation characteristics 18
3.6 Rated values 20
3.7 Specific voltages, currents and factors 23
3.8 Cooling 25
3.9 Service conditions tolerances and electromagnetic compatibility 26
3.10 Harmonic distortion 28
3.11 Definitions related to insulation co-ordination 32
3.12 Principal letter symbols and subscripts 35
4 Operation of semiconductor power equipment and valve devices 38
4.1 Classification 38
4.1.1 Semiconductor converter 38
4.1.2 Semiconductor valve devices 39
4.2 Basic operation of semiconductor converters 39
4.2.1 Commutation 39
4.2.2 Basic calculation factors for line commutated converters 41
4.2.3 Disturbances and fault conditions 43
5 Service conditions 45
5.1 Code of identification for cooling method 45
5.2 Environmental conditions 45
5.2.1 Ambient air circulation 45
5.2.2 Normal service conditions – Temperatures 46
5.2.3 Other normal service conditions 46
5.2.4 Unusual service conditions 47
5.3 Characteristics of the load 47
5.4 Service condition tolerances 48
5.4.1 Steady state and short time conditions 48
5.4.2 Repetitive and non-repetitive transients 50
6 Power conversion equipment and assemblies 51
6.1 Electrical connections 51
6.2 Calculation factors 51
6.2.1 Essential variables 51
6.2.2 Losses and efficiency 56
6.2.3 Power factor 57
6.2.4 Voltage regulation 57
6.3 Electromagnetic compatibility 59
6.3.1 Harmonics 59
6.3.2 Other EMC aspects 60

6.4 Rated values 60
6.4.1 General 60
6.4.2 Rated output voltage 60
6.4.3 Rated current values 61
6.5 Duty classes 62
6.5.1 Principles 62
6.5.2 Selection of duty class and rated current value 63
6.5.3 Particular remarks for double converters 64
6.6 Markings 64
6.6.1 General 64
6.6.2 Rating plate 65
7 Tests for valve device assemblies and power conversion equipment 65
7.1 General 65
7.1.1 Methods of testing 65
7.1.2 Kinds of tests 66
7.1.3 Performance of tests 66
7.2 Insulation tests 67
7.2.1 General 67
7.2.2 Routine insulation tests of power conversion equipment 68
7.2.3 Additional tests 71
7.3 Functional test 71
7.3.1 Light load test and functional test 71
7.3.2 Rated current test 72
7.3.3 Over-current capability test 72
7.3.4 Measurement of the inherent voltage regulation 72
7.3.5 Measurement of ripple voltage and current 72
7.3.6 Measurement of harmonic currents 72
7.4 Losses, temperature and power factor 73
7.4.1 Power loss determination for assemblies and equipment 73
7.4.2 Temperature rise test 74
7.4.3 Power factor measurements 74
7.5 Auxiliary device and control equipment 74
7.5.1 Checking of auxiliary devices 74
7.5.2 Checking the properties of the control equipment 75
7.5.3 Checking the protective devices 75
7.6 EMC tests 75
7.7 Measurement of audible noise and additional tests 76
7.8 Tolerances 76
Annex A (normative) Harmonics and interhamonics 78
A.1 Non-sinusoidal voltages and currents 78
A.2 Two approaches for definitions related to harmonics 78
Annex B (informative) Electrical environment – Short-circuit ratio 79
B.1 Electrical environment specification 79
B.2 Point of coupling of the converter 80
B.2.1 Systems and installations 80
B.2.2 Short-circuit ratio of the source in the installation 81
B.2.3 Short-circuit ratio 82
Annex C (informative) Introduction to safety standards for power conversion equipment 84

C.1 General 84
C.2 Brief introduction to IEC 62477 series with reference to IEC 60146 series 84
C.3 Purposes or intentions of IEC 60146 series and IEC 62477 series 84
Bibliography 85

Figure 1 – Types of commutation 40
Figure 2 – Illustration of angles 41
Figure 3 – Voltage regulation 43
Figure 4 – AC voltage waveform 51
Figure B.1 – PCC, IPC, installation current ratio and R_{SI} 82
Figure B.2 – PCC, IPC, installation current ratio and R_{SC} 83

Table 1 – List of major subscripts 36
Table 2 – Symbols 36
Table 3 – Performance criteria 43
Table 4 – Cooling medium or heat transfer agent 45
Table 5 – Method of circulation 45
Table 6 – Limit of temperature of the cooling medium for indoor equipment 46
Table 7 – Immunity levels to frequency and voltage amplitude for stiff AC voltage connections 49
Table 8 – Immunity levels to voltage unbalance for stiff AC voltage connections 49
Table 9 – Immunity levels to voltage waveform for stiff AC voltage connections 50
Table 10 – Connections and calculation factors 54
Table 11 – Standard duty classes 62
Table 12 – Examples of load cycles as guidance for selection of duty class 63
Table 13 – Summary of tests 67
Table 14 – AC or DC test voltages for equipment directly connected to low voltage mains 70
Table 15 – AC or DC test voltages for equipment directly connected to high voltage mains 70
Table 16 – Tolerances 77
Table C.1 – Comparison on purposes or intentions between two standards 84

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

SEMICONDUCTOR CONVERTERS – GENERAL REQUIREMENTS AND LINE COMMUTATED CONVERTERS –

Part 1-1: Specification of basic requirements

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 60146-1-1 has been prepared by IEC technical committee 22: Power electronic systems and equipment. It is an International Standard.

This fifth edition cancels and replaces the fourth edition published in 2009. This fifth edition constitutes a technical revision.

This fifth edition introduces four main changes:

a) re-edition of the whole standard according to the current directives;
b) deletion of safety-related descriptions considering coordination with IEC 62477 series;
c) changes of calculation methods of inductive voltage regulation;
d) changes considering coordination with IEC 61378 series.

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

Draft	Report on voting
22/374/FDIS	22/378/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.

A list of all parts of the IEC 60146 series, under the general title *Semiconductor converters – General requirements and line commutated converters*, can be found on the IEC website.

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.

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

The content of the corrigendum 1 (2025-03) has been included in this copy.

INTRODUCTION

The main purposes of the IEC 60146-1 series are as follows.

IEC 60146-1-1, Specification of basic requirements:

- to establish basic terms and definitions;
- to specify service conditions which influence the basis of rating;
- to specify test requirements for electronic power converters and assemblies, standard design (for special design, see IEC TR 60146-1-2);
- to specify basic performance requirements;
- to give application oriented requirements for semiconductor power converters.

IEC TR 60146-1-2, Application guidelines:

- to give additional information on test conditions and components (for example: semiconductor valve devices), when required for their use in semiconductor power converters, in addition to or as a modification on existing standards;
- to provide useful reference, calculation factors, formulae and diagrams pertaining to power converter practice.

SEMICONDUCTOR CONVERTERS – GENERAL REQUIREMENTS AND LINE COMMUTATED CONVERTERS –

Part 1-1: Specification of basic requirements

1 Scope

This part of IEC 60146 specifies the requirements for the performance of all semiconductor power converters and semiconductor power switches using controllable and/or non-controllable electronic valve devices.

The electronic valve devices mainly comprise semiconductor devices, either not controllable (i.e. rectifier diodes) or controllable (i.e. thyristors, triacs, turn-off thyristors and power transistors). The controllable devices can be reverse blocking or reverse conducting and controlled by means of current, voltage or light. Non-bistable devices are assumed to be operated in the switched mode.

This document is primarily intended to specify the basic requirements for converters in general and the requirements applicable to line commutated converters for conversion of AC power to DC power or vice versa. Parts of this document are also applicable to other types of electronic power converter provided that they do not have their own product standards.

These specific equipment requirements are applicable to semiconductor power converters that either implement power conversion or use commutation (for example semiconductor self-commutated converters) or involve particular applications (for example semiconductor converters for DC motor drives) or include a combination of said characteristics (for example direct DC converters for electric rolling stock).

This document is applicable to all power converters not covered by a dedicated product standard, or if special features are not covered by the dedicated product standard. Generally dedicated product standards for power converters refer to this document.

NOTE 1 This document is not intended to define EMC requirements. It covers all phenomena and therefore introduces references to dedicated standards which are applicable according to their scope.

NOTE 2 For the information on converter transformers, related to this document, see IEC 61378-1.

NOTE 3 All the terms listed in Clause 3 are not necessarily used in this document, however they are necessary to establish a common understanding in the application of semiconductor converters.

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.

IEC 60050-551:1998, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 551: Power electronics*, available at www.electropedia.org

IEC 60050-551-20:2001, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 551-20: Power electronics – Harmonic analysis,* available at www.electropedia.org

IEC 60664-1:2020, *Insulation coordination for equipment within low-voltage supply systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 61000-2-4:2002, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-4: Environment – Compatibility levels in industrial plants for low-frequency conducted disturbances*

IEC 61000-3-2:2018, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-2: Limits – Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤16 A per phase)*

IEC 61000-3-12:2011, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-12: Limits – Limits for harmonic currents produced by equipment connected to public low-voltage systems with input current ≤16 A and ≤ 75 A per phase*

IEC 61000-4-7:2002, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-7: Testing and measurement techniques – General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto*

IEC 61000-6-1:2016, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-1: Generic standards – Immunity standard for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 61000-6-2:2016, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity standard for industrial environments*

IEC 61000-6-4:2018, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments*

IEC 61378-1:2011, *Converter transformers – Part 1: Transformers for industrial applications*

IEC 62477-1:2022, *Safety requirements for power electronic converter systems and equipment – Part 1: General*

IEC 62477-2:2018, *Safety requirements for power electronic converter systems and equipment – Part 2: Power electronic converters from 1 000 V AC or 1 500 V DC up to 36 kV AC or 54 kV DC*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 91
INTRODUCTION 93
1 Domaine d'application 94
2 Références normatives 94
3 Termes et définitions 96
3.1 Dispositifs à semiconducteurs et combinaisons 96
3.2 Bras et connexions 100
3.3 Commandabilité des bras de convertisseurs et quadrants de fonctionnement (côté courant continu) 102
3.4 Commutation, extinction et circuits de commutation 103
3.5 Caractéristiques de commutation 105
3.6 Valeurs assignées 108
3.7 Tensions, courants et facteurs spécifiques 111
3.8 Refroidissement 114
3.9 Tolérances relatives aux conditions de service et compatibilité électromagnétique 115
3.10 Distorsion harmonique 116
3.11 Définitions relatives à la coordination de l'isolement 122
3.12 Principaux symboles littéraux et indices 125
4 Fonctionnement des équipements de conversion à semiconducteurs et des valves 127
4.1 Classification 127
4.1.1 Convertisseur à semiconducteurs 127
4.1.2 Valves à semiconducteurs 129
4.2 Fonctionnement de base des convertisseurs à semiconducteurs 129
4.2.1 Commutation 129
4.2.2 Facteurs de calcul de base pour les convertisseurs commutés par le réseau 131
4.2.3 Perturbations et conditions de panne 133
5 Conditions de service 135
5.1 Code d'identification du mode de refroidissement 135
5.2 Conditions d'environnement 136
5.2.1 Circulation de l'air ambiant 136
5.2.2 Conditions de service normales – Températures 136
5.2.3 Autres conditions de service normales 136
5.2.4 Conditions de service non usuelles 137
5.3 Caractéristiques de charge 137
5.4 Tolérances relatives aux conditions de service 138
5.4.1 Conditions de service en régime permanent et temporaire 138
5.4.2 Transitoires répétitifs et non répétitifs 141
6 Équipements et ensembles de conversion de puissance 142
6.1 Raccordements électriques 142
6.2 Facteurs de calcul 142
6.2.1 Variables essentielles 142
6.2.2 Pertes et rendement 147
6.2.3 Facteur de puissance 148
6.2.4 Variation de tension 149
6.3 Compatibilité électromagnétique 150

6.3.1 Harmoniques 150
6.3.2 Autres aspects de la CEM 151
6.4 Valeurs assignées 152
6.4.1 Généralités 152
6.4.2 Valeur assignée de la tension de sortie 152
6.4.3 Valeurs assignées du courant 153
6.5 Classes de service 154
6.5.1 Principes 154
6.5.2 Choix de la classe de service et de la valeur de courant assigné 155
6.5.3 Remarques particulières pour les convertisseurs doubles 157
6.6 Marquages 157
6.6.1 Généralités 157
6.6.2 Plaque signalétique 157
7 Essais des ensembles de valves et des équipements de conversion de puissance 158
7.1 Généralités 158
7.1.1 Méthodes d'essai 158
7.1.2 Nature des essais 159
7.1.3 Exécution des essais 159
7.2 Essais d'isolement 160
7.2.1 Généralités 160
7.2.2 Essais individuels de série portant sur l'isolement des équipements de conversion de puissance 161
7.2.3 Essais supplémentaires 164
7.3 Essai de fonctionnement 165
7.3.1 Essai à faible charge et essai de fonctionnement 165
7.3.2 Essai au courant assigné 165
7.3.3 Essai d'aptitude aux surcharges 166
7.3.4 Mesure de la régulation de tension propre 166
7.3.5 Mesure de la tension et du courant d'ondulation 166
7.3.6 Mesure des courants harmoniques 166
7.4 Pertes, température et facteur de puissance 167
7.4.1 Détermination des pertes de puissance dans les ensembles et les équipements 167
7.4.2 Essai d'échauffement 168
7.4.3 Mesures du facteur de puissance 168
7.5 Dispositifs auxiliaires et équipement de commande 168
7.5.1 Vérification des dispositifs auxiliaires 168
7.5.2 Vérification des propriétés de l'équipement de commande 169
7.5.3 Vérification des dispositifs de protection 169
7.6 Essais de CEM 169
7.7 Mesure du bruit audible et essais supplémentaires 170
7.8 Tolérances 170
Annexe A (normative) Harmoniques et interharmoniques 172
A.1 Tensions et courants non sinusoïdaux 172
A.2 Deux approches pour les définitions relatives aux harmoniques 172
Annexe B (informative) Environnement électrique – Rapport de court-circuit 173
B.1 Spécification de l'environnement électrique 173
B.2 Point de raccordement du convertisseur 174
B.2.1 Systèmes et installations 174

B.2.2 Rapport de court-circuit de la source dans l'installation 175
B.2.3 Rapport de court-circuit 176
Annexe C (informative) Introduction aux normes de sécurité relatives aux équipements de conversion de puissance 178
C.1 Généralités 178
C.2 Brève introduction au positionnement de la série IEC 62477 par rapport à la série IEC 60146 178
C.3 Finalités ou objectifs de la série IEC 60146 et de la série IEC 62477 178
Bibliographie 180

Figure 1 – Types de commutations 130
Figure 2 – Exemples d'angles 131
Figure 3 – Variation de tension 133
Figure 4 – Forme d'onde de tension alternative 141
Figure B.1 – PCC, IPC, rapports de courant de l'installation et R_{SI} 176
Figure B.2 – PCC, IPC, rapports de courant de l'installation et R_{SC} 177

Tableau 1 – Liste des principaux indices 125
Tableau 2 – Symboles 126
Tableau 3 – Critères de performances 133
Tableau 4 – Milieu de refroidissement ou fluide réfrigérant 135
Tableau 5 – Mode de circulation 135
Tableau 6 – Limite de température du milieu de refroidissement applicable aux équipements en intérieur 136
Tableau 7 – Niveaux d'immunité en fonction de la fréquence et de l'amplitude de tension pour les connexions à tension alternative rigide 139
Tableau 8 – Niveaux d'immunité en fonction du déséquilibre de tension pour les connexions à tension alternative rigide 140
Tableau 9 – Niveaux d'immunité en fonction de la forme d'onde de tension pour les connexions à tension alternative rigide 140
Tableau 10 – Montages et facteurs de calcul 145
Tableau 11 – Classes de service normales 155
Tableau 12 – Exemples de cycles de charge utilisés pour le choix des classes de service 156
Tableau 13 – Synthèse des essais 160
Tableau 14 – Tensions d'essai alternatives ou continues applicables aux équipements directement raccordés au réseau basse tension 163
Tableau 15 – Tensions d'essai alternatives ou continues applicables aux équipements directement raccordés au réseau haute tension 164
Tableau 16 – Tolérances 171
Tableau C.1 – Comparaison des finalités ou objectifs entre deux normes 178

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

CONVERTISSEURS À SEMICONDUCTEURS – EXIGENCES GÉNÉRALES ET CONVERTISSEURS COMMUTÉS PAR LE RÉSEAU –

Partie 1-1: Spécification des exigences de base

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 brevet.

L'IEC 60146-1-1 a été établie par le comité d'études 22 de l'IEC: Systèmes et équipements électroniques de puissance. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette cinquième édition annule et remplace la quatrième édition parue en 2009. Cette cinquième édition constitue une révision technique.

Cette cinquième édition introduit quatre modifications principales:

a) réédition de l'ensemble de la norme conformément aux directives en vigueur;
b) suppression des descriptions relatives à la sécurité, pour prendre en compte la coordination avec la série IEC 62477;
c) modifications des méthodes de calcul de la variation inductive de tension;
d) modifications pour prendre en compte la coordination avec la série IEC 61378.

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

Projet	Rapport de vote
22/374/FDIS	22/378/RVD

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

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.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60146, publiées sous le titre général *Convertisseurs à semiconducteurs – Exigences générales et convertisseurs commutés par le réseau*, se trouve sur le site Web de l'IEC.

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.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de ce document indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

Le contenu du corrigendum 1 (2025-03) a été pris en considération dans cet exemplaire.

INTRODUCTION

Les principaux objectifs de la série IEC 60146-1 sont les suivants.

IEC 60146-1-1, Spécification des exigences de base:

- stipuler les termes de base et leurs définitions;
- spécifier les conditions de service qui ont une influence sur le dimensionnement;
- spécifier les exigences d'essai applicables aux convertisseurs et ensembles électroniques de puissance, ainsi qu'aux convertisseurs normaux (pour les convertisseurs spéciaux, voir l'IEC TR 60146-1-2);
- spécifier les exigences de fonctionnement de base;
- fournir les exigences d'emploi applicables aux convertisseurs de puissance à semiconducteurs.

IEC TR 60146-1-2, Lignes directrices d'application:

- apporter des informations supplémentaires relatives aux conditions d'essai et aux composants (par exemple: valves à semiconducteurs), lorsque ces informations sont exigées pour leur utilisation dans les convertisseurs de puissance à semiconducteurs, pour compléter ou modifier les normes existantes;
- fournir les références utiles, les coefficients de calcul, les formules et les diagrammes utilisés dans la pratique des convertisseurs de puissance.

CONVERTISSEURS À SEMICONDUCTEURS – EXIGENCES GÉNÉRALES ET CONVERTISSEURS COMMUTÉS PAR LE RÉSEAU –

Partie 1-1: Spécification des exigences de base

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60146 spécifie les exigences relatives aux caractéristiques de fonctionnement de tous les convertisseurs de puissance à semiconducteurs, ainsi que des commutateurs de puissance à semiconducteurs utilisant des valves électroniques, commandables et/ou non commandables.

Les valves électroniques comprennent principalement des dispositifs à semiconducteurs, non commandables (c'est-à-dire des diodes de redressement) ou commandables (c'est-à-dire des thyristors, triacs, thyristors blocables et transistors de puissance). Les dispositifs commandables peuvent être à blocage inverse ou à conduction inverse et commandés par un courant, une tension ou par la lumière. Les dispositifs qui ne sont pas bistables sont présumés être utilisés en mode commuté.

Le présent document est prévu en premier lieu pour spécifier les exigences de base applicables aux convertisseurs en général, ainsi que les exigences applicables aux convertisseurs commutés par le réseau, pour la conversion de puissance alternative en puissance continue ou vice versa. Certaines parties du présent document s'appliquent également à d'autres types de convertisseurs électroniques de puissance, sous réserve qu'il n'existe pas de normes de produit qui leur soient propres.

Ces exigences spécifiques relatives aux équipements s'appliquent aux convertisseurs de puissance à semiconducteurs qui, soit mettent en œuvre différents modes de conversion, soit utilisent différents types de commutation (par exemple convertisseurs autocommutés à semiconducteurs), soit correspondent à des applications particulières (par exemple convertisseurs à semiconducteurs pour moteurs à courant continu), voire englobent diverses propriétés spécifiques (par exemple convertisseurs directs en courant continu pour matériel roulant à traction électrique).

Le présent document s'applique à tous les convertisseurs de puissance non couverts par une norme de produit spécifique, ou si ladite norme ne couvre pas des caractéristiques particulières. Généralement, les normes de produit spécifiques aux convertisseurs de puissance font référence au présent document.

NOTE 1 Le présent document n'est pas destiné à définir des exigences de CEM. Il couvre tous les phénomènes et introduit par conséquent des références aux normes spécifiques applicables conformément à leur domaine d'application.

NOTE 2 Pour les informations relatives aux transformateurs de conversion, relatives au présent document, voir l'IEC 61378-1.

NOTE 3 Tous les termes cités dans l'Article 3 ne sont pas nécessairement utilisés dans le présent document. Ils sont toutefois nécessaires pour établir une compréhension commune de l'application des convertisseurs à semiconducteurs.

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).

IEC 60050-551:1998, *Vocabulaire Électrotechnique International – Partie 551: Électronique de puissance*, disponible à l'adresse www.electropedia.org

IEC 60050-551-20:2001, *Vocabulaire Électrotechnique International – Partie 551-20: Électronique de puissance – Analyse harmonique*, disponible à l'adresse www.electropedia.org

IEC 60664-1:2020*, Coordination de l'isolement des matériels dans les réseaux d'énergie électrique à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

IEC 61000-2-4:2002, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2-4: Environnement – Niveaux de compatibilité dans les installations industrielles pour les perturbations conduites à basse fréquence*

IEC 61000-3-2:2018, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3-2: Limites – Limites pour les émissions de courant harmonique (courant appelé par les appareils ≤ 16 A par phase)*

IEC 61000-3-12:2011, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3-12: Limites – Limites pour les courants harmoniques produits par les appareils connectés aux réseaux publics basse tension ayant un courant appelé > 16 A et ≤ 75 A par phase*

IEC 61000-4-7:2002, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-7: Techniques d'essai et de mesure – Guide général relatif aux mesures d'harmoniques et d'interharmoniques, ainsi qu'à l'appareillage de mesure, applicable aux réseaux d'alimentation et aux appareils qui y sont raccordés*

IEC 61000-6-1:2016, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-1: Normes génériques – Norme d'immunité pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère*

IEC 61000-6-2:2016, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-2: Normes génériques – Norme d'immunité pour les environnements industriels*

IEC 61000-6-4:2018, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-4: Normes génériques – Norme sur l'émission pour les environnements industriels*

IEC 61378-1:2011, *Transformateurs de conversion – Partie 1: Transformateurs pour applications industrielles*

IEC 62477-1:2022, *Exigences de sécurité applicables aux systèmes et matériels électroniques de conversion de puissance – Partie 1: Généralités*

IEC 62477-2:2018, *Exigences de sécurité applicables aux systèmes et matériels électroniques de conversion de puissance – Partie 2: Convertisseurs électroniques de puissance entre 1 000 V en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu et 36 kV en courant alternatif ou 54 kV en courant continu*