NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60146-2

Deuxième édition
Second edition
1999-11

Convertisseurs à semiconducteurs –

Partie 2:
Convertisseurs autocommutés à semiconducteurs y compris les convertisseurs à courant continu directs

Semiconductor converters –

Part 2:
Self-commutated semiconductor converters including direct d.c. converters

© IEC 1999 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 photo-copie 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 Varembé Geneva, Switzerland
Telefax: +41 22 919 0300 e-mail: inmail@iec.ch IEC web site http://www.iec.ch

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE X

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

SOMMAIRE

Pages

AVANT-PROPOS 8

Articles

1 Domaine d'application 12
2 Références normatives 12
3 Définitions 14
3.1 Fonctions des convertisseurs 14
3.2 Types de convertisseurs 18
3.3 Constituants des circuits des convertisseurs 22
3.4 Propriétés importantes des convertisseurs et des valves électroniques 24
3.5 Perturbations et compatibilité électromagnétique 26
3.6 Caractéristiques relatives à l'entrée et à la sortie 34
3.7 Définitions des valeurs assignées 40
3.8 Définitions relatives au refroidissement 42
3.9 Définitions relatives aux températures 42
3.10 Définitions relatives aux essais 42
4 Indices supplémentaires et symboles littéraux 44
5 Conditions de service 46
5.1 Code d'identification des méthodes de refroidissement 46
5.2 Conditions climatiques 46
5.2.1 Circulation de l'air ambiant 46
5.2.2 Conditions de service normales 46
5.2.3 Conditions climatiques exceptionnelles de service et règles de construction 46
5.3 Conditions électriques de service 48
5.3.1 Spécification de l'environnement électrique 48
5.3.2 Conditions sur site inconnues 48
5.4 Caractéristiques de la charge 48
5.5 Spécifications d'immunité 48
5.5.1 Alimentation en alternatif 50
5.5.2 Alimentation en continu 54
5.5.3 Conditions de charge, déséquilibre de charge 56
5.5.4 Conditions électriques de service exceptionnelles et spécifications de fonctionnement 56
6 Valeurs assignées et caractéristiques complémentaires 58
6.1 Généralités 58
6.2 Valeurs assignées à spécifier par le fournisseur 60
6.2.1 Valeurs d'entrée assignées 60
6.2.2 Valeurs de sortie assignées 60
6.3 Caractéristiques complémentaires 62
6.4 Marquage 62

CONTENTS

Page

FOREWORD 9

Clause

1 Scope 13
2 Normative references 13
3 Definitions 15
3.1 Functions of converters 15
3.2 Types of converters 19
3.3 Converter circuit components 23
3.4 Important properties of converters and electronic valve devices 25
3.5 Disturbances and electromagnetic compatibility 27
3.6 Characteristics related to input and output 35
3.7 Definitions of rated values 41
3.8 Definitions related to cooling 43
3.9 Definitions related to temperature 43
3.10 Definitions related to tests 43
4 Additional subscripts and letter symbols 45
5 Service conditions 47
5.1 Code of identification for cooling methods 47
5.2 Environmental conditions 47
5.2.1 Ambient air circulation 47
5.2.2 Normal service conditions 47
5.2.3 Unusual environmental service conditions and design considerations 47
5.3 Electrical service conditions 49
5.3.1 Electrical environment specification 49
5.3.2 Unknown site conditions 49
5.4 Character of the load 49
5.5 Immunity requirements 49
5.5.1 AC supply 51
5.5.2 DC supply 55
5.5.3 Load conditions, load unbalance 57
5.5.4 Electrical unusual service conditions and performance requirements 57
6 Rated values and additional characteristics 59
6.1 General 59
6.2 Rated values to be specified by the supplier 61
6.2.1 Rated input values 61
6.2.2 Rated output values 61
6.3 Additional characteristics 63
6.4 Marking 63

Articles Pages

7 Essais 62
7.1 Généralités 62
7.1.1 Classification des essais 62
7.1.2 Réalisation des essais 62
7.2 Programme d'essai pour les convertisseurs ou les éléments de convertisseur 64
7.3 Spécifications des essais 66
7.3.1 Inspection visuelle 66
7.3.2 Vérification des dispositifs auxiliaires 68
7.3.3 Essai de l'isolation 68
7.3.4 Vérification des dispositifs de protection 68
7.3.5 Essai sous faible charge et essai fonctionnel 68
7.3.6 Essai de sortie assignée 70
7.3.7 Essai de surcharge en courant 70
7.3.8 Essai d'échauffement 70
7.3.9 Détermination de la perte de puissance 72
7.3.10 Mesure du taux de distorsion harmonique total (THD) ou du taux d'harmoniques total (THF) 72
7.3.11 Mesure du facteur de puissance 72
7.3.12 Mesure de la tension de sortie 72
7.3.13 Vérification de la gamme de réglage de la tension de sortie 74
7.3.14 Essai de déséquilibre de la tension de sortie 74
7.3.15 Vérification de la gamme de réglage de la fréquence de sortie 76
7.3.16 Essai de la bande de tolérance en fréquence de sortie 76
7.3.17 Vérification de la commande automatique 76
7.3.18 Essai en court-circuit 76
7.3.19 Mesure du bruit audible 78
7.3.20 Essai d'immunité 78
7.3.21 Essai d'émission 78
7.3.22 Mesure de l'ondulation de tension et de courant 78
7.3.23 Essais complémentaires 78
7.4 Tolérances 78

Annexe A (informative) Exemple d'essai de convertisseurs de forte puissance 80
A.1 Introduction 80
A.2 Concepts de base 80
A.3 Procédures d'essai 80
A.3.1 Essai de sortie assignée 80
A.3.2 Essai de surcourant 88
A.3.3 Essai d'échauffement 88
A.3.3.1 GTO et diode 88
A.3.3.2 Circuits d'amortissement 88
A.3.3.3 Condensateurs en courant continu 90
A.3.4 Détermination des pertes de puissance 90

Clause Page

7 Tests 63
7.1 General 63
7.1.1 Classification of tests 63
7.1.2 Performance of tests 63
7.2 Test schedule for converter equipment and converter assemblies 65
7.3 Test specifications 67
7.3.1 Visual inspection 67
7.3.2 Checking of auxiliary devices 69
7.3.3 Insulation test 69
7.3.4 Checking of the protective devices 69
7.3.5 Light load and functional test 69
7.3.6 Rated output test 71
7.3.7 Overcurrent test 71
7.3.8 Temperature-rise test 71
7.3.9 Power loss determination 73
7.3.10 Measurement of total harmonic distortion (THD) or total harmonic factor (THF) 73
7.3.11 Measurement of power factor 73
7.3.12 Measurement of output voltage 73
7.3.13 Confirmation of output voltage adjustable range 75
7.3.14 Output voltage unbalance test 75
7.3.15 Confirmation of output frequency adjustable range 77
7.3.16 Output frequency tolerance band test 77
7.3.17 Checking of the automatic control 77
7.3.18 Short-circuit test 77
7.3.19 Measurement of audible noise 79
7.3.20 Immunity test 79
7.3.21 Emission test 79
7.3.22 Measurement of ripple voltage and current 79
7.3.23 Additional tests 79
7.4 Tolerances 79

Annex A (informative) Example for testing high power converters 81
A.1 Introduction 81
A.2 Basic concepts 81
A.3 Test procedures 81
A.3.1 Rated output test 81
A.3.2 Overcurrent test 89
A.3.3 Temperature-rise test 89
A.3.3.1 GTO and diode 89
A.3.3.2 Snubber circuits 89
A.3.3.3 DC capacitors 91
A.3.4 Power loss determination 91

Pages

Figure 1 – Surtension maximale prévue en fonction de la durée de la transitoire 56
Figure 2 – Diagramme pour le calcul du facteur de dissymétrie de tension 74
Figure A.1 – Exemple de convertisseur de forte puissance 84
Figure A.2 – Circuit d'essai pour un élément de convertisseur 86
Figure A.3 – Chronogramme des impulsions de gâchette des thyristors 86

Tableau 1 – Niveaux d'immunité pour les raccordements à des sources de tension alternatives stables 52
Tableau 2 – Tolérances de tension continue 54
Tableau 3 – Taux d'ondulation relatif crête à crête 54
Tableau 4 – Essais 66
Tableau 5 – Tolérances sur les pertes et le rendement 78

Page

Figure 1 – Maximum expected overvoltage versus duration of transient 57
Figure 2 – Diagram for calculation of voltage unbalance factor 75
Figure A.1 – Example of a large converter 85
Figure A.2 – Test circuit of a converter assembly 87
Figure A.3 – Timing chart for GTO gate pulses 87

Table 1 – Immunity levels for stiff a.c. voltage connections 53
Table 2 – DC voltage tolerances 55
Table 3 – Relative peak-to-peak ripple factor 55
Table 4 – Test items 67
Table 5 – Tolerances of losses and efficiency 79

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

CONVERTISSEURS À SEMICONDUCTEURS –

Partie 2: Convertisseurs autocommutés à semiconducteurs y compris les convertisseurs à courant continu directs

AVANT-PROPOS

1) La CEI (Commission Électrotechnique 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 60146-2 a été établie par le sous-comité 22B: Convertisseurs à semiconducteurs, du comité d'études 22 de la CEI: Electronique de puissance.

Cette deuxième édition de la CEI 60146-2 annule et remplace la première édition de la CEI 60146-2 parue en 1974 et la première édition de la CEI 60146-3 parue en 1977, et constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
22B/126/FDIS	22B/129/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.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

SEMICONDUCTOR CONVERTERS –

Part 2: Self-commutated semiconductor converters including direct d.c. converters

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 60146-2 has been prepared by subcommittee 22B: Semiconductor converters, of IEC technical committee 22: Power electronics.

This second edition of IEC 60146-2 cancels and replaces the first edition of IEC 60146-2 published in 1974 and the first edition of IEC 60146-3 published in 1977, and constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
22B/126/FDIS	22B/129/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.

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

Le comité a décidé que cette publication reste valable jusqu'en 2005. A cette date, selon décision préalable du comité, la publication sera

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

Annex A is for information only.

The committee has decided that this publication remains valid until 2005. At this date, in accordance with the committee's decision, the publication will be

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

CONVERTISSEURS À SEMICONDUCTEURS –

Partie 2: Convertisseurs autocommutés à semiconducteurs y compris les convertisseurs à courant continu directs

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60146 s'applique à tous les types de convertisseurs à semiconducteurs de type autocommuté, y compris aux convertisseurs de puissance qui comportent au moins une partie de type autocommuté: convertisseurs de courant alternatif, convertisseurs de courant continu indirects, convertisseurs de courant continu directs.

Les exigences de la CEI 60146-1-1 s'appliquent également aux convertisseurs autocommutés tant qu'elles ne sont pas en contradiction avec la présente norme. Dans le cas de certains usages spéciaux (alimentations sans interruption, entraînement alternatifs ou continus à vitesse variable et matériel électrique de traction), certaines exigences complémentaires peuvent être applicables.

NOTE Des restrictions d'essai peuvent s'appliquer dans le cas d'applications particulières, par exemple pour les convertisseurs de puissance réactive de forte puissance.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 60146. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 60146 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de l'ISO et de la CEI possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60050-101:1998, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 101: Mathématiques*

CEI 60050(161):1990, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique*

CEI 60050-551:1998, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 551: Electronique de puissance*

CEI 60146-1-1:1991, *Convertisseurs à semiconducteurs – Spécifications communes et convertisseurs commutés par le réseau – Partie 1-1: Spécification des clauses techniques de base* Amendement 2[1)]

CEI 60146-1-2:1991, *Convertisseurs à semiconducteurs – Spécifications communes et convertisseurs commutés par le réseau – Partie 1-2: Guide d'application*

CEI 60664-1:1992, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, prescriptions et essais*

---

1) A publier.

SEMICONDUCTOR CONVERTERS –

Part 2: Self-commutated semiconductor converters including direct d.c. converters

1 Scope

This part of IEC 60146 applies to all types of semiconductor converters of the self-commutated type including power converters which contain at least one part of a self-commutated type, for example a.c. converters, indirect d.c. converters, direct d.c. converters.

The requirements of IEC 60146-1-1 apply also to self-commutated converters as far as they are not in contradiction with this standard. For some special applications, for example, uninterruptible power systems, variable speed a.c. and d.c. drives and electric traction equipment, additional standards may apply.

NOTE Test restrictions may apply to special applications, for example high-power reactive power converters.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 60146. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 60146 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of ISO and IEC maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60050-101:1998, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 101: Mathematics*

IEC 60050(161):1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electromagnetic compatibility*

IEC 60050-551:1998, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 551: Power electronics*

IEC 60146-1-1:1991, *Semiconductor converters – General requirements and line commutated converters – Part 1-1: Specifications of basic requirements*
Amendment 2[1)]

IEC 60146-1-2:1991, *Semiconductor converters – General requirements and line commutated converters – Part 1-2: Application guide*

IEC 60664-1:1992, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

---

1) To be published.

CEI 60747-1:1983, *Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs discrets – Première partie: Généralités*
Amendement 3 (1996)

CEI 61000-2-2:1990, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2: Environnement – Section 2: Niveaux de compatibilité pour les perturbations conduites basse fréquence et la transmission de signaux sur les réseaux publics d'alimentation à basse tension*

CEI 61000-2-4:1994, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2: Environnement – Section 4: Niveaux de compatibilité dans les installations industrielles pour les perturbations conduites à basse fréquence*

CEI 61000-4 (toutes les parties), *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure*

CEI 61010-1:1990, *Règles de sécurité pour appareils électriques de mesurage, de régulation et de laboratoire – Partie 1: Prescriptions générales*
Amendement 1 (1992)

IEC 60747-1:1983, *Semiconductor devices – Discrete devices – Part 1: General*
Amendment 3 (1996)

IEC 61000-2-2:1990, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 2: Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low-voltage power supply systems*

IEC 61000-2-4:1994, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 4: Compatibility levels in industrial plants for low-frequency conducted disturbances*

IEC 61000-4 (all parts), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques*

IEC 61010-1:1990, *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use – Part 1: General requirements*
Amendment 1 (1992)