

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1287-1**

Première édition
First edition
1995-07

**Convertisseurs de puissance embarqués
sur le matériel roulant ferroviaire**

**Partie 1:
Caractéristiques et méthodes d'essais**

**Power converters installed on
board rolling stock**

**Part 1:
Characteristics and test methods**

© CEI 1995 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 Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE **XA**

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
SECTION 1: GÉNÉRALITÉS	
Articles	
1.1 Domaine d'application	8
1.2 Références normatives	10
1.3 Définitions	12
SECTION 2: CLAUSES COMMUNES	
2.1 Conditions de service	24
2.1.1 Conditions normales de service	24
2.1.2 Conditions spéciales	32
2.2 Schémas	32
2.2.1 Redresseur	34
2.2.2 Hacheur	36
2.2.3 Onduleur	38
2.2.4 Combinaison des schémas de base	40
2.3 Caractéristiques	42
2.3.1 Caractéristiques des dispositifs à semi-conducteurs	42
2.3.2 Caractéristiques des transformateurs, inductances et condensateurs	44
2.3.3 Caractéristiques des convertisseurs	44
2.3.4 Documentation technique	52
2.4 Essais	52
2.4.1 Généralités	52
2.4.2 Catégories d'essais	52
2.4.3 Essais des composants et des sous-ensembles du convertisseur	54
2.4.4 Essais des convertisseurs	56
2.4.5 Liste des essais	56
2.4.6 Méthodes d'essais	60
SECTION 3: CONVERTISSEURS DE TRACTION	
3.1 Caractéristiques	78
3.1.1 Profil de charge	78
3.1.2 Séparation électrique	78
3.2 Redresseur pour moteur à courant continu	78
3.2.1 Caractéristiques	78
3.2.2 Essais	80

CONTENTS

	Page
FOREWORD.....	7
SECTION 1: GENERAL	
Clause	
1.1 Scope	9
1.2 Normative references	11
1.3 Definitions	13
SECTION 2: COMMON CLAUSES	
2.1 Service conditions	25
2.1.1 Usual service conditions	25
2.1.2 Special conditions	33
2.2 Circuit-diagrams	33
2.2.1 Rectifier	35
2.2.2 Chopper	37
2.2.3 Inverter	39
2.2.4 Combination of basic circuit-diagrams	41
2.3 Characteristics	43
2.3.1 Characteristics of semiconductor devices	43
2.3.2 Characteristics of transformers, inductors and capacitors	45
2.3.3 Characteristics of convertors	45
2.3.4 Technical documentation	53
2.4 Tests	53
2.4.1 General	53
2.4.2 Categories of tests	53
2.4.3 Tests of convertor components and subassemblies	55
2.4.4 Convertor tests	57
2.4.5 List of tests	57
2.4.6 Description of tests	61
SECTION 3: TRACTION CONVERTORS	
3.1 Characteristics	79
3.1.1 Load profile	79
3.1.2 Electrical isolation	79
3.2 Rectifier for d.c. motor	79
3.2.1 Characteristics	79
3.2.2 Tests	81

Articles	Pages
3.3 Hacheur pour moteur à courant continu	86
3.3.1 Caractéristiques	86
3.3.2 Essais	88
3.4 Onduleur pour moteur polyphasé	90
3.4.1 Caractéristiques	92
3.4.2 Essais	92
3.5 Convertisseur indirect pour moteurs à courant continu ou polyphasé	94
3.5.1 Caractéristiques	94
3.5.2 Essais	94
SECTION 4: CONVERTISSEURS AUXILIAIRES	
4.1 Caractéristiques	96
4.1.1 Conditions de démarrage du convertisseur auxiliaire	96
4.1.2 Caractéristiques d'entrée	96
4.1.3 Caractéristiques de sortie	98
4.1.4 Séparation électrique	100
4.2 Essais	100
4.2.1 Essai des caractéristiques de sortie (essai de type)	100
4.2.2 Essai de démarrage et redémarrage (essai de type)	102
4.2.3 Essai à faible charge (essai de type et de série)	102
4.2.4 Essai de commutation (essai de type)	102
4.2.5 Essai d'échauffement (essai de type)	102
4.2.6 Variations brusques de charge (essai de type)	102

Clause	Page
3.3 Chopper for d.c. motor	87
3.3.1 Characteristics	87
3.3.2 Tests	89
3.4 Inverter for multiphase motor	91
3.4.1 Characteristics	93
3.4.2 Tests	93
3.5 Indirect convertor for d.c. or multiphase motors	95
3.5.1 Characteristics	95
3.5.2 Tests	95
SECTION 4: AUXILIARY CONVERTORS	
4.1 Characteristics	97
4.1.1 Auxiliary convertor starting conditions	97
4.1.2 Input characteristics	97
4.1.3 Output characteristics	99
4.1.4 Electrical isolation	101
4.2 Tests	101
4.2.1 Output characteristics test (type test)	101
4.2.2 Starting and restarting test (type test)	103
4.2.3 Light load test (routine and type test)	103
4.2.4 Commutation test (type test)	103
4.2.5 Temperature rise-test (type test)	103
4.2.6 Sudden variation of load (type test)	103

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CONVERTISSEURS DE PUISSANCE EMBARQUÉS
SUR LE MATÉRIEL ROULANT FERROVIAIRE –****Partie 1: Caractéristiques et méthodes d'essais**

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études 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.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles 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.

La Norme internationale CEI 1287-1 a été établie par le sous-comité 22D: Convertisseurs électroniques de puissance pour le matériel roulant, du comité d'études 22 de la CEI: Electronique de puissance. Elle annule et remplace les CEI 411, 411-1, 411-3, 411-4 et 411-5.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
22D/35/DIS	22D/37/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.

La CEI 1287 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général: Convertisseurs de puissance embarqués sur le matériel roulant ferroviaire:

Partie 1: 1995, Caractéristiques et méthodes d'essais

Partie 2: La partie 2 est à l'étude (révision de la CEI 411-2).

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**POWER CONVERTORS INSTALLED ON
BOARD ROLLING STOCK**

Part 1: Characteristics and test methods

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 cooperation 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, 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.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, 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.

International Standard IEC 1287-1 has been prepared by sub-committee 22D: Electronic power convertors for rolling stock, of IEC technical committee 22: Power electronics. It cancels and replaces IEC 411, 411-1, 411-3, 411-4 and 411-5.

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

DIS	Report on voting
22D/35/DIS	22D/37/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.

IEC 1287 consists of the following parts, under the general title: Power convertors installed on board rolling stock

Part 1: 1995, Characteristics and test methods

Part 2 is under consideration (revision of IEC 411-2).

CONVERTISSEURS DE PUISSANCE EMBARQUÉS SUR LE MATÉRIEL ROULANT FERROVIAIRE –

Partie 1: Caractéristiques et méthodes d'essais

Section 1: Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 1287 est applicable aux convertisseurs électroniques de puissance, embarqués sur le matériel roulant ferroviaire et destinés à alimenter:

- les circuits de traction;
- les circuits auxiliaires des matériels moteurs, des voitures et des remorques.

Cette norme est composée de quatre sections:

- la section 1 qui définit les généralités;
- la section 2 qui définit les clauses communes pour tous les types de convertisseurs;
- la section 3 qui définit les règles spécifiques aux convertisseurs de traction;
- la section 4 qui définit les règles spécifiques aux convertisseurs auxiliaires.

Pour un type particulier de convertisseur, la section correspondante s'applique associée aux prescriptions des sections 1 et 2 de cette norme.

Les règles spécifiques concernant la partie électronique de commande des convertisseurs sont données dans la CEI 571. Dans le cas des commandes de gâchette, les parties électroniques (circuit imprimé, composants, etc.) sont régis par la CEI 571 mais les conditions de service, l'isolation et les essais fonctionnels sont régis par la présente norme.

Cette norme peut s'appliquer, dans la mesure du possible, aux autres véhicules de traction tels que les trolleybus.

Les types d'alimentation suivants sont envisagés:

- lignes de contact à courant alternatif;
- lignes de contact à courant continu;
- alimentations autonomes (telles que les générateurs embarqués, les accumulateurs et les autres sources d'énergie électrique).

NOTE – Dans la présente norme, les mots «exploitant» et «constructeur» désignent les deux parties impliquées dans un contrat.

Cette norme ne s'applique pas aux convertisseurs des véhicules électriques routiers, ni aux convertisseurs de faible puissance et de basse tension qui sont décrits dans la CEI 571.

POWER CONVERTORS INSTALLED ON BOARD ROLLING STOCK

Part 1: Characteristics and test methods

Section 1: General

1.1 Scope

This part of IEC 1287 is applicable to electronic power convertors mounted on board rolling stock and intended for supplying:

- traction circuits;
- auxiliary circuits of power vehicles, coaches and trailers.

This standard comprises four sections:

- section 1 defines the generalities;
- section 2 defines the common clauses for all types of convertors;
- section 3 gives the specific rules for traction convertors;
- section 4 gives the specific rules for auxiliary convertors.

For a specific type of convertor, the relevant section along with sections 1 and 2 of this standard shall be applied.

The specific rules concerning the electronic control parts of the convertors are given in IEC 571. In the case of gate unit, IEC 571 is relevant for the electronic parts (printed boards, components, etc.) but service conditions, insulation and functional tests are given in this standard.

This standard may be applied, as far as is possible, to other traction vehicles, such as trolleybuses.

The following types of supply are taken into consideration:

- a.c. contact lines;
- d.c. contact lines;
- autonomous supplies (such as on-board generators, accumulators and other electric energy sources).

NOTE - In this standard, the terms "user" and "manufacturer" designate the parties involved in a contract.

This standard is not applicable to convertors for electric road vehicles or low-voltage or low-power convertors which are described in IEC 571.

1.2 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 Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 38: 1983, *Tensions normales de la CEI*

CEI 50 (101): 1977, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 101: Mathématiques*

CEI 50 (551): 1982, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 551: Electronique de puissance*

CEI 50 (811): 1991, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 811: Traction électrique*

CEI 77: 1968, *Règles applicables à l'appareillage électrique de traction*

CEI 146-1-1: 1991, *Convertisseurs à semi-conducteurs – Spécifications communes et convertisseurs commutés par le réseau – Partie 1-1 – Spécifications des clauses techniques de base*

CEI 146-1-2: 1991, *Convertisseurs à semi-conducteurs – Spécifications communes et convertisseurs commutés par le réseau – Partie 1-2 – Guide d'application*

CEI 146-1-3: 1991, *Convertisseurs à semi-conducteurs – Spécifications communes et convertisseurs commutés par le réseau – Partie 1-3: Transformateurs et bobines d'inductance*

CEI 146-2: 1974, *Convertisseurs à semi-conducteurs – Deuxième partie: Convertisseurs autocommutés à semiconducteurs*

CEI 146-3: 1977, *Convertisseurs à semi-conducteurs – Troisième partie: Convertisseurs à courant continu directs à semiconducteurs (hacheurs)*

CEI 310: 1991, *Transformateurs de traction et inductances de traction*

CEI 349: 1991, *Traction électrique – Machines électriques tournantes des véhicules ferroviaires et routiers*

CEI 349-2: 1993, *Traction électrique – Machines électriques tournantes des véhicules ferroviaires et routiers – Partie 2: Moteurs à courant alternatif alimentés par convertisseur électronique*

CEI 384-4: 1985, *Condensateurs fixes utilisés dans les équipements électroniques – Partie 4: Spécification intermédiaire: Condensateurs électrolytiques à l'aluminium à électrolyte solide et non solide*

CEI 411-2: 1978, *Convertisseurs de puissance pour la traction – Deuxième partie: Informations techniques supplémentaires*

CEI 529: 1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

1.2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the standards listed below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 38: 1983, *IEC standard voltages*

IEC 50 (101): 1977, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 101: Mathematics*

IEC 50 (551): 1982, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 551: Power electronics*

IEC 50 (811): 1991, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 811: Electric traction*

IEC 77: 1968, *Rules for electric traction equipment*

IEC 146-1-1: 1991, *Semiconductor converters – General requirements and line commutated converters – Part 1-1: Specifications of basic requirements*

IEC 146-1-2: 1991, *Semiconductor converters – General requirements and line commutated converters – Part 1-2: Application guide*

IEC 146-1-3: 1991, *Semiconductor converters – General requirements and line commutated converters – Part 1-3: Transformers and reactors*

IEC 146-2: 1974, *Semiconductor converters – Part 2: Semiconductor self-commutated converters*

IEC 146-3: 1977, *Semiconductor converters – Part 3: Semiconductor direct d.c. converters (d.c. chopper converters)*

IEC 310: 1991, *Traction transformers and inductors*

IEC 349: 1991, *Electric traction – Rotating electrical machines for rail and road vehicles*

IEC 349-2: 1993, *Electric traction – Rotating electrical machines for rail and road vehicles – Part 2: Electronic convertor-fed alternating current motors*

IEC 384-4: 1985, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 4: Sectional specification: Aluminium electrolytic capacitors with solid and non-solid electrolyte*

IEC 411-2: 1978, *Power converters for electric traction – Part 2: Additional technical information*

IEC 529: 1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

CEI 551: 1987, *Détermination des niveaux de bruit des transformateurs et des bobines d'inductance*

CEI 571-1: 1990, *Equipements électroniques utilisés sur les véhicules ferroviaires – Partie 1: Généralités et essais des équipements électroniques*

CEI 571-2: 1988, *Equipements électroniques utilisés sur les véhicules ferroviaires – Deuxième partie – Normalisation de certaines grandeurs mécaniques et électriques – Principes des dispositifs d'essai*

CEI 571-3: 1990, *Equipements électroniques utilisés sur les véhicules ferroviaires – Partie 3: Composants, équipements électroniques programmables et fiabilité des systèmes électroniques*

CEI 631: 1978, *Caractéristiques et essais des systèmes de freinage électrodynamiques et électromagnétiques*

CEI 651: 1979, *Sonomètres*

CEI 664, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension*

CEI 747, *Dispositifs à semi-conducteurs – Dispositifs discrets et circuits intégrés*

CEI 850: 1988, *Tensions d'alimentation des réseaux de traction*

CEI 1071-1: 1991, *Condensateurs pour l'électronique de puissance – Partie 1: Généralités*

CEI 1133: 1992, *Traction électrique – Matériel roulant – Méthodes d'essai des véhicules ferroviaires électriques et thermoélectriques après achèvement et avant mise en service*

CISPR 16: 1987, *Spécification du CISPR pour les appareils et les méthodes de mesure des perturbations radioélectriques*

ISO 9002: 1987, *Systèmes qualité – Modèle pour l'assurance de la qualité en production et installation*

- IEC 551: 1987, *Determination of transformer and reactor sound levels*
- IEC 571-1: 1990, *Electronic equipment used on rail vehicles – Part 1: General requirements and tests for electronic equipment*
- IEC 571-2: 1988, *Electronic equipment used on rail vehicles – Part 2: Standardization of certain mechanical and electrical quantities – Principles of test devices*
- IEC 571-3: 1990, *Electronic equipment used on rail vehicles – Part 3: Components, programmable electronic equipment and electronic system reliability*
- IEC 631: 1978, *Characteristics and tests for electrodynamic and electromagnetic braking systems*
- IEC 651: 1979, *Sound level meters*
- IEC 664, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems*
- IEC 747, *Semiconductor devices – Discrete devices and integrated circuits*
- IEC 850: 1988, *Supply voltage of traction systems*
- IEC 1071-1: 1991, *Power electronic capacitors – Part 1: General*
- IEC 1133: 1992, *Electric traction – Rolling stock – Test methods for electric and thermal/electric rolling stock on completion of construction and before entry into service*
- CISPR 16: 1987, *CISPR specification for radio interference measuring apparatus and measuring methods*
- ISO 9002: 1987, *Quality systems – Model for quality assurance in production and installation*