

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
411-5**

Première édition
First edition
1992-01

**Convertisseurs électroniques de puissance
à sortie polyphasée embarqués sur le matériel
roulant ferroviaire**

**Electronic power convertors
with multiphase output installed on board
railway rolling stock**

© CEI 1992 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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	8
 SECTION 1: GÉNÉRALITÉS 	
Articles	
1.1 Domaine d'application et objet	10
1.2 Références normatives	10
1.3 Conditions de service	12
1.3.1 Conditions normales de service	12
1.3.2 Conditions spéciales de service	22
 SECTION 2: TERMINOLOGIE 	
2.1 Définitions relatives aux convertisseurs à sortie à courant alternatif	22
2.1.1 Convertisseur direct	22
2.1.2 Convertisseur indirect	24
2.1.3 Entrée et sortie	24
2.1.4 Groupes convertisseurs	26
2.2 Définitions relatives aux moteurs	30
2.2.1 Moteurs tournants	30
2.2.2 Moteurs linéaires	30
2.2.3 Alimentation des moteurs	32
2.3 Définitions relatives aux interfaces intermédiaires à courant continu	32
2.3.1 Interface intermédiaire source de tension	32
2.3.2 Interface intermédiaire source de courant	32
2.3.3 Filtres	32
2.4 Définitions relatives aux montages convertisseurs	32
2.4.1 Hacheur	34
2.4.2 Redresseur	34
2.4.3 Onduleurs	44
2.4.4 Convertisseur à courant alternatif (cycloconvertisseur)	58

CONTENTS

	Page
FOREWORD	9

SECTION 1: GENERAL

Clause	
1.1 Scope and object	11
1.2 Normative references	11
1.3 Service conditions	13
1.3.1 Usual service conditions	13
1.3.2 Special service conditions	23

SECTION 2: TERMINOLOGY

2.1 Definitions relating to a.c. output convertors	23
2.1.1 Direct convertor	23
2.1.2 Indirect convertor	25
2.1.3 Input and output	25
2.1.4 Converter equipment	27
2.2 Definitions relating to motors	31
2.2.1 Rotating motors	31
2.2.2 Linear motors	31
2.2.3 Motor supply	33
2.3 Definitions relating to intermediate d.c. link	33
2.3.1 Voltage-source intermediate link	33
2.3.2 Current-source intermediate link	33
2.3.3 Filters	33
2.4 Definitions relating to convertor connections	33
2.4.1 Chopper	35
2.4.2 Rectifier	35
2.4.3 Inverters	45
2.4.4 A.C. convertor (cycloconvertor)	59

Articles	Pages
2.5 Définitions relatives aux valeurs assignées	60
2.5.1 Fréquence assignée	60
2.5.2 Tension assignée	60
2.5.3 Courant assigné	60
2.5.4 Puissance assignée	62
2.6 Autres définitions	64
2.6.1 Courbe de la charge en fonction du temps (profil de charge)	64
2.6.2 Rendement	64
2.6.3 Grandeurs du côté alternatif	64
2.6.4 Grandeurs du côté continu	66

SECTION 3: CARACTÉRISTIQUES

3.1 Caractéristiques	68
3.1.1 Grandeurs mécaniques et pertes électriques supplémentaires	68
3.1.2 Interférences	68
3.1.3 Caractéristiques de sortie des convertisseurs	70
3.1.4 Protection contre les courants de court-circuit	72
3.1.5 Protection contre les surtensions	72
3.1.6 Emission de bruit acoustique	72
3.1.7 Température des parois	72
3.1.8 Rendement	72

SECTION 4: ESSAIS

4.1 Généralités	72
4.1.1 Catégories d'essais	74
4.2 Essais sur les blocs convertisseurs	76
4.2.1 Essais de tenue aux vibrations et aux chocs (essais de type)	78
4.2.2 Essai du circuit de refroidissement (essai de type)	80
4.2.3 Essais des dispositifs de protection et de mesure (essai de type et essai de série)	80
4.2.4 Essai du dispositif d'allumage (essai de type et essai de série)	80
4.2.5 Essai d'isolement (essai de type et essai de série)	80
4.2.6 Essai à charge réduite (essai de type et essai de série)	82
4.2.7 Essai en charge au courant assigné (essai de type)	82
4.2.8 Essai d'échauffement (essai de type)	82
4.2.9 Détermination des pertes de puissance (essai de type)	86

Clause	Page
2.5 Definitions relating to rated values	61
2.5.1 Rated frequency	61
2.5.2 Rated voltage	61
2.5.3 Rated current	61
2.5.4 Rated power	63
2.6 Other definitions	65
2.6.1 Load-time diagram (load profile)	65
2.6.2 Power efficiency	65
2.6.3 Quantities on the a.c. side	65
2.6.4 Quantities on the d.c. side	67

SECTION 3: CHARACTERISTICS

3.1 Characteristics	69
3.1.1 Mechanical values and additional electric losses	69
3.1.2 Interference	69
3.1.3 Output characteristics of the converter	71
3.1.4 Short-circuit current protection	73
3.1.5 Overvoltage protection	73
3.1.6 Acoustic noise emission	73
3.1.7 Temperature of surfaces	73
3.1.8 Efficiency	73

SECTION 4: TESTS

4.1 General	73
4.1.1 Categories of tests	75
4.2 Tests on converter assemblies	77
4.2.1 Tests for withstanding vibrations and shocks (type tests)	79
4.2.2 Cooling system test (type test)	81
4.2.3 Tests on protection and measuring devices (type test and routine test)	81
4.2.4 Trigger equipment test (type test and routine test)	81
4.2.5 Insulation test (type test and routine test)	81
4.2.6 Light load test (type test and routine test)	83
4.2.7 Rated current load test (type test)	83
4.2.8 Temperature-rise test (type test)	83
4.2.9 Power loss determination (type test)	87

Articles	Pages
4.2.10 Mesure du bruit acoustique (essai de type)	86
4.2.11 Essai d'étanchéité (essai de type)	86
4.2.12 Masse (essai de type facultatif)	86
4.2.13 Examen visuel: aspect (essai de type et essai de série)	86
4.2.14 Vérification des dimensions et des tolérances (essai de type et essai de série)	86
4.3 Essais sur le groupe convertisseur complet	86
4.3.1 Essai de refroidissement (essai de type)	88
4.3.2 Equipement de commande (essai de type et de série)	88
4.3.3 Plages de tension et de fréquence (essai de type)	88
4.3.4 Essai d'interférence (essai de type)	90
4.3.5 Essais de variations brusques de charge (essais de type facultatifs)	90
4.3.6 Essai de commutation du disjoncteur principal (essai de type)	92
4.3.7 Essai de variation brusque de la tension du réseau (essai de type)	92
4.3.8 Essai d'interruption de courte durée de l'alimentation (essai de type facultatif)	92
4.3.9 Essai de surtension d'alimentation et d'énergie transitoire (essai de type)	94
4.3.10 Essai aux ondes de choc (essai de type facultatif)	94
4.3.11 Contrôle des exigences de sécurité (essai de type)	94
4.4 Défaillance de composants au cours des essais de type	94
4.5 Tolérances	94
4.5.1 Pertes dans le convertisseur équipé	96
4.5.2 Pertes éventuelles dans le transformateur et la réactance	96
4.5.3 Réactance éventuelle du transformateur	96
4.5.4 Inductance éventuelle de la réactance de lissage	96

Clause	Page
4.2.10 Acoustic noise measurement (type test)	87
4.2.11 Sealing test (type test)	87
4.2.12 Weight (optional type test)	87
4.2.13 Visual inspection: aspect (type test and routine test)	87
4.2.14 Verification of dimensions and tolerances (type test and routine test)	87
4.3 Tests on complete convertor equipment	87
4.3.1 Cooling test (type test)	89
4.3.2 Control equipment (type and routine test)	89
4.3.3 Voltage and frequency ranges (type test)	89
4.3.4 Interference test (type test)	91
4.3.5 Sudden variations of load tests (optional type tests)	91
4.3.6 Main circuit-breaker switching test (type test)	93
4.3.7 Step-change of line voltage test (type test)	93
4.3.8 Short-time supply interruption test (optional type test)	93
4.3.9 Supply overvoltage and transient energy test (type test)	95
4.3.10 Impulse test (optional type test)	95
4.3.11 Safety requirement inspection (type test)	95
4.4 Failure of components during type tests	95
4.5 Tolerances	95
4.5.1 Convertor assembly losses	97
4.5.2 Losses in transformer and reactor, if any	97
4.5.3 Transformer reactance, if any	97
4.5.4 Smoothing reactor inductance, if any	97

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONVERTISSEURS ÉLECTRONIQUES DE PUISSANCE À SORTIE POLYPHASÉE EMBARQUÉS SUR LE MATÉRIEL ROULANT FERROVIAIRE

AVANT-PROPOS

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La présente Norme internationale a été établie par le Sous-Comité 22D: Convertisseurs électroniques de puissance pour le matériel roulant, du Comité d'Etudes n° 22 de la CEI: Electronique de puissance.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
22D(BC)24	22D(BC)25

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRONIC POWER CONVERTORS
WITH MULTIPHASE OUTPUT INSTALLED ON BOARD
RAILWAY ROLLING STOCK**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

This International Standard has been prepared by Sub-Committee 22D: Electronic power convertors for rolling stock, of IEC Technical Committee No. 22: Power electronics.

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

DIS	Report on Voting
22D(CO)24	22D(CO)25

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the Voting Report indicated in the above table.

CONVERTISSEURS ÉLECTRONIQUES DE PUISSANCE À SORTIE POLYPHASÉE EMBARQUÉS SUR LE MATÉRIEL ROULANT FERROVIAIRE

SECTION 1: GÉNÉRALITÉS

1.1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale est applicable aux convertisseurs électroniques de puissance à sortie polyphasée, embarqués sur le matériel roulant ferroviaire et destinés à alimenter:

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

Elle peut aussi être appliquée, autant que faire se peut, aux autres véhicules de traction tels que les trolleybus.

Les moteurs de traction polyphasés peuvent être tournants ou linéaires. Les convertisseurs pour les moteurs linéaires à stator fixe sont exclus.

Les types d'alimentation suivants sont envisagés:

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

La présente norme définit la terminologie, les conditions de service, les caractéristiques et les méthodes d'essai des convertisseurs électroniques de puissance à sortie polyphasée.

NOTE - Dans la présente norme, les termes «constructeur» et «exploitant» désignent les deux parties prenantes à un contrat.

1.2 Références normatives

Les normes suivantes 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. Toute norme est sujette 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 50 (551): 1982 et CEI 50 (811) (1988), *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) Chapitre 551: Electronique de puissance. Chapitre 811: Traction électrique.*

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

CEI 146: 1973, *Convertisseurs à semiconducteurs.*

CEI 146 A: 1974, *Convertisseurs à semiconducteurs. Marques et indications sur les groupes convertisseurs et sur les blocs.*

ELECTRONIC POWER CONVERTORS WITH MULTIPHASE OUTPUT INSTALLED ON BOARD RAILWAY ROLLING STOCK

SECTION 1: GENERAL

1.1 Scope and object

This International Standard is applicable to electronic power convertors with multi-phase output installed on board railway rolling stock and intended for supplying:

- traction circuits;
- auxiliary circuits, both single phase and multi-phase of power vehicles, coaches and trailers.

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

Multi-phase traction motors can be either rotating or linear motors. Convertors for fixed-stator linear motors are excluded.

The following types of supply are taken into consideration:

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

This standard defines the terminology, service conditions, characteristics and test methods of electronic power convertors with multi-phase output.

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

1.2 Normative references

The following standards contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication of this standard, the editions indicated were valid. All standards 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 indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 50 (551): 1982 and 50 (811): 1988, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) Chapter 551: Power electronics. Chapter 811: Electric traction.*

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

IEC 146: 1973, *Semiconductor convertors.*

IEC 146 A: 1974, *Semiconductor convertors – First supplement: Chapter VII - Markings on convertor equipment and assemblies. Amendment No. 1 (1975)*

CEI 146-2: 1974, *Convertisseurs à semiconducteurs. Deuxième partie: Convertisseurs autocommutés à semiconducteurs.*

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

CEI 165: 1973, *Règles pour les essais des véhicules moteurs de traction électrique après achèvement et avant mise en service.*

CEI 310: 1969, *Règles applicables aux transformateurs de traction et aux inductances de traction.*

CEI 349: 1971, *Règles applicables aux machines électriques tournantes des véhicules ferroviaires et routiers.*

CEI 411-1: 1975, *Convertisseurs de puissance pour la traction. Première partie: Convertisseurs monophasés de puissance à thyristors.*

CEI 411-3: 1982, *Convertisseurs de puissance pour la traction. Troisième partie: Convertisseurs autocommutés pour la traction monophasée.*

CEI 411-4: 1986, *Convertisseurs de puissance pour la traction. Quatrième partie: Convertisseurs directs de courant continu (hacheurs) pour le matériel roulant.*

CEI 490: 1974, *Règles pour les essais des véhicules ferroviaires équipés de moteurs thermiques et de transmissions électriques, après achèvement et avant mise en service.*

CEI 529: 1976, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP).*

CEI 571: 1977, *Règles pour les équipements électroniques utilisés sur les véhicules ferroviaires.*

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

CEI 651: 1979, *Sonomètres.*

CEI 747: Série, *Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs discrets.*

CEI 748: Série, *Dispositifs à semiconducteurs – Circuits intégrés.*

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

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

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

IEC 165: 1973, *Rules for the testing of electric rolling stock on completion of construction and before entry into service.*

IEC 310: 1969, *Rules for traction transformers and reactors.*

IEC 349: 1971, *Rules for rotating electrical machines for rail and road vehicles.*

IEC 411-1: 1975, *Power convertors for electric traction – Part 1: Single-phase power convertors using thyristors.*

IEC 411-3: 1982, *Power convertors for electric traction – Part 3: Self-commutated convertors for single-phase traction.*

IEC 411-4 (1986), *Power convertors for electric traction – Part 4: Direct d.c. convertors (d.c. chopper convertors) for rolling stock.*

IEC 490: 1974, *Rules for testing of rail vehicles equipped with thermal engines and electric transmissions, after completion of construction and before entry in service.*

IEC 529: 1976, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code).*

IEC 571: 1977, *Rules for electronic equipment used on rail vehicles.*

IEC 631: 1978, *Characteristics and tests for electrodynamic and electromagnetic braking systems.*

IEC 651: 1979, *Sound level meters.*

IEC 747: Series, *Semiconductor devices – Discrete devices.*

IEC 748: Series, *Semiconductor devices – Integrated circuits.*

IEC 850: 1988, *Supply voltages of traction systems.*