

**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



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1287-1: 1995

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique;*
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles;*
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas;*

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale.*

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology;*
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets;*
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams;*

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice.*

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**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 convertors – General requirements and line commutated convertors – Part 1-1: Specifications of basic requirements*

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

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

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 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 convertors 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*

1.3 Définitions

Les définitions générales sont données par les CEI 50 (101), 50 (551), 50 (811), CEI 146-1-1, CEI 146-1-2, CEI 146-1-3, CEI 146-2, CEI 146-3, CEI 310, CEI 384-4, CEI 747 et CEI 1071-1.

Pour les besoins de cette Norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent.

1.3.1 Onde sinusoïdale

La forme d'onde d'une tension est considérée comme sinusoïdale dans la présente norme si le facteur de distorsion de cette onde n'excède pas 0,1.

1.3.2 Ondulation

Fonction obtenue en soustrayant la composante continue d'une fonction périodique.

1.3.3 Composantes de l'ondulation

Composantes de l'ondulation exprimées par l'ordre et la valeur efficace des termes de la série de Fourier représentant cette fonction.

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*

1.3 Definitions

General definitions are given in IEC 50 (101), IEC 50 (551), IEC 50 (811), IEC 146-1-1, IEC 146-1-2, IEC 146-1-3, IEC 146-2, IEC 146-3, IEC 310, IEC 384-4, IEC 747 and IEC 1071-1.

For the purpose of this International Standard, the following definitions apply.

1.3.1 Sinusoidal waveform

The waveform of a voltage is considered sinusoidal in this standard, if the relative harmonic content of this waveform does not exceed 0,1.

1.3.2 Ripple

The function obtained by subtracting the d.c. component from a periodic function.

1.3.3 Ripple components

The components of ripple expressed by order and r.m.s. values of the Fourier series terms describing that function.

1.3.4 Teneur relative en composantes alternatives

Rapport entre la valeur efficace de l'ondulation et la composante continue de la fonction.

1.3.5 Ondulation crête à crête relative

Rapport entre la valeur crête à crête de l'ondulation et la composante continue de la fonction.

1.3.6 Taux d'ondulation d'un courant continu

Rapport de la demi-différence entre les valeurs maximale et minimale à la valeur moyenne d'un courant continu pulsatoire. [VEI 551-06-30]

NOTE – Pour les faibles valeurs du taux d'ondulation, cette grandeur est approximativement égale au rapport de la différence à la somme des valeurs maximale et minimale.

1.3.7 Rendement en puissance ou rendement

Le rendement en puissance est le rapport entre la puissance active de sortie et la puissance active d'entrée.

NOTE – Ces deux puissances doivent être prises comme la puissance totale donnée par la formule:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u \cdot i \, dt$$

où

T est la période de la plus basse fréquence d'ondulation du produit $u \cdot i$;

u est la tension instantanée d'entrée ou de sortie;

i est l'intensité instantanée d'entrée ou de sortie.

1.3.8 Facteur de conversion

Le facteur de conversion est le rapport entre la puissance d'entrée et la puissance de sortie.

Pour le côté continu, la puissance à utiliser est le produit des valeurs moyennes de tension et courant.

Pour le côté alternatif, la puissance à utiliser est la puissance fondamentale.

1.3.9 Facteur de puissance:

$$\lambda = \frac{\text{Puissance active}}{\text{Puissance apparente}}$$

1.3.10 Facteur de déphasage:

$$\cos \phi = \frac{\text{Puissance active des ondes fondamentales}}{\text{Puissance apparente des ondes fondamentales}}$$

1.3.4 *Relative ripple content*

The ratio of the r.m.s. value of ripple to the direct component of the function.

1.3.5 *Relative peak-to-peak ripple factor*

The ratio of the peak-to-peak ripple value to the direct component of the function.

1.3.6 *DC ripple factor*

The ratio of half the difference between the maximum and minimum value to the mean value of a pulsating direct current. [IEV 551-06-30]

NOTE – With low values of the d.c. ripple factor, this quantity is approximately equal to the ratio of the difference to the sum of the maximum and the minimum values.

1.3.7 *Power efficiency or efficiency*

The power efficiency is the ratio of active output power to active input power.

NOTE – Both powers are to be taken as the total power as given by the formula:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u.i \, dt$$

where

T is the period of the lowest order ripple of the product u.i;

u is the instantaneous input or output voltage;

i is the instantaneous input or output current.

1.3.8 *Conversion factor*

Conversion factor is the ratio between the output power to the input power.

For the d.c. side the power to be used is the product of the mean values of voltage and current.

For the a.c. side the power to be used is the fundamental power.

1.3.9 *Power factor:*

$$\lambda = \frac{\text{Active power}}{\text{Apparent power}}$$

1.3.10 *Displacement factor:*

$$\cos \phi = \frac{\text{Active power of the fundamental waves}}{\text{Apparent power of the fundamental waves}}$$

1.3.11 Taux d'harmoniques

C'est le rapport de la valeur efficace du résidu harmonique à celle de la grandeur alternative [VEI 101-04-43]:

$$d = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^n u_i^2}}{U_1}$$

où

U_1 est la valeur efficace de l'onde fondamentale de la tension;

u_i est la valeur efficace de la tension de l'harmonique de rang i avec $i = 2$ à n .

Cette définition s'applique aussi à une onde de courant.

1.3.12 Facteur de pertes harmoniques approché

Le facteur de pertes harmoniques approché est donné par la formule suivante:

$$\sigma = \sum_{n>1} \left(\frac{u_i}{n U_1} \right)^2$$

où

U_1 est la valeur efficace de l'onde fondamentale de la tension;

u_i est la valeur efficace de la tension de l'harmonique de rang i avec $i = 2$ à n .

1.3.13 Convertisseur (électronique) (de puissance)

Dispositif électronique à base de semi-conducteurs de puissance permettant de transformer la forme de l'énergie, le nombre ou la valeur de l'un ou de plusieurs des paramètres tension, courant, fréquence de l'énergie qui le traverse.

Dans l'esprit de cette publication, un convertisseur est défini par les caractéristiques électriques d'entrée et de sortie. Le convertisseur peut être constitué d'un hacheur, d'un onduleur, etc. ou d'une combinaison de ceux-ci, il n'est pas nécessairement contenu dans une enceinte unique.

NOTE – Dans l'esprit de cette publication, le convertisseur est une partie de l'équipement de traction (ou auxiliaire). Cet équipement comporte par exemple le disjoncteur de ligne, le filtre, éventuellement le transformateur, etc.

1.3.14 Convertisseur de traction

Convertisseur fournissant l'énergie aux moteurs traction.

1.3.15 Convertisseur auxiliaire

Convertisseur fournissant la puissance nécessaire aux services auxiliaires, par exemple: éclairage, charge de batterie, climatisation, circuit de commande, etc. [VEI 811-19-03]

1.3.11 (total) Harmonic distortion

This is the ratio of the r.m.s. value of the harmonic content to the r.m.s. value of the alternating quantity [IEV 101-04-43]:

$$d = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^n u_i^2}}{U_1}$$

where

U_1 is the r.m.s. value of fundamental wave of the voltage;

U_i is the range harmonic voltage with $i = 2$ to n .

This definition applies also to a current wave.

1.3.12 Approximate harmonics losses factor

The approximate harmonics losses factor is given by the following formula:

$$\sigma = \sum_{n>1}^{\infty} \left(\frac{U_i}{n U_1} \right)^2$$

where

U_1 is the r.m.s. value of the voltage;

U_i is the range harmonic voltage with $i = 2$ to n .

1.3.13 Convertor (electronic) (power)

Electronic device based on power semiconductors which changes the form of energy, the number or value of one or more of the parameters – voltage, current, frequency – of energy passing through it.

For the purpose of this publication, a convertor is defined by the input and output electrical characteristics. The convertor may comprise a discrete chopper, inverter, etc. or a combination of these not necessarily in one cubicle.

NOTE – For the purpose of this publication, the convertor is a part of traction (or auxiliary) equipment. This equipment includes for example line circuit-breaker, filter, transformer if any, etc.

1.3.14 Traction convertor

A convertor providing power for traction motors.

1.3.15 Auxiliary convertor

A convertor providing power for auxiliary services e.g. lighting, battery charging, air conditioning, control circuits, etc. [IEV 811-19-03]

1.3.16 *Convertisseur direct*

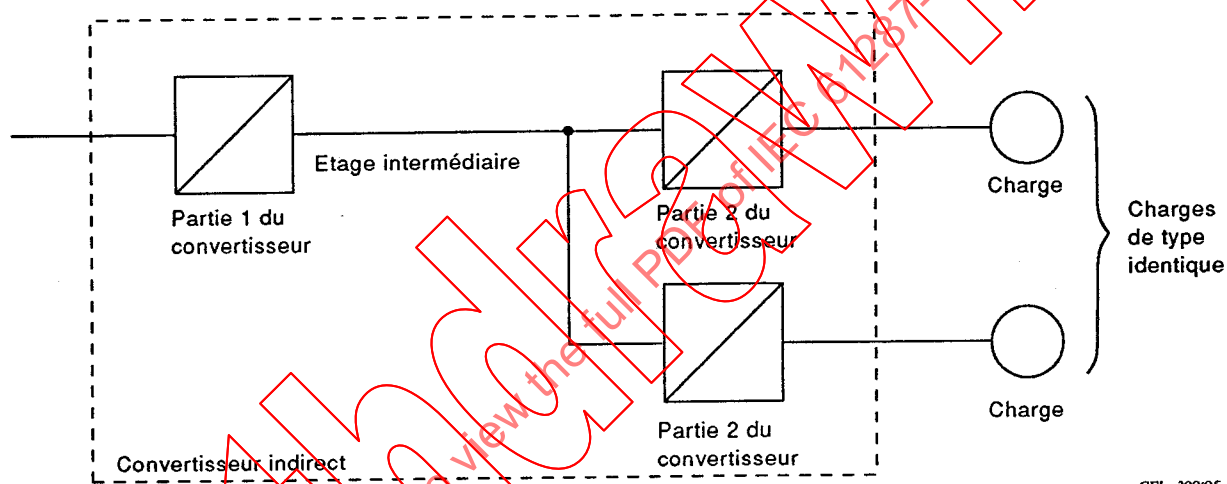
Un convertisseur qui transforme l'énergie d'entrée en énergie de sortie sans étage intermédiaire.

1.3.17 *Convertisseur indirect*

Un convertisseur qui transforme l'énergie d'entrée en énergie de sortie avec un étage intermédiaire.

Les caractéristiques de l'étage intermédiaire ne sont pas spécifiées mais considérées comme un élément de conception du convertisseur.

Un exemple de convertisseur indirect est donné à la figure 1.



CEI 309195

Figure 1 – Exemple de convertisseur indirect

1.3.18 *Système de convertisseurs*

Un système de convertisseurs consiste en plusieurs convertisseurs définis pour fonctionner ensemble, chacun ayant des caractéristiques d'entrée et/ou de sortie différentes et qui ont également des liaisons fonctionnelles.

Un système de convertisseurs doit être défini par une spécification de système en complément aux spécifications individuelles de chacun des convertisseurs constituant le système.

1.3.16 *Direct convertor*

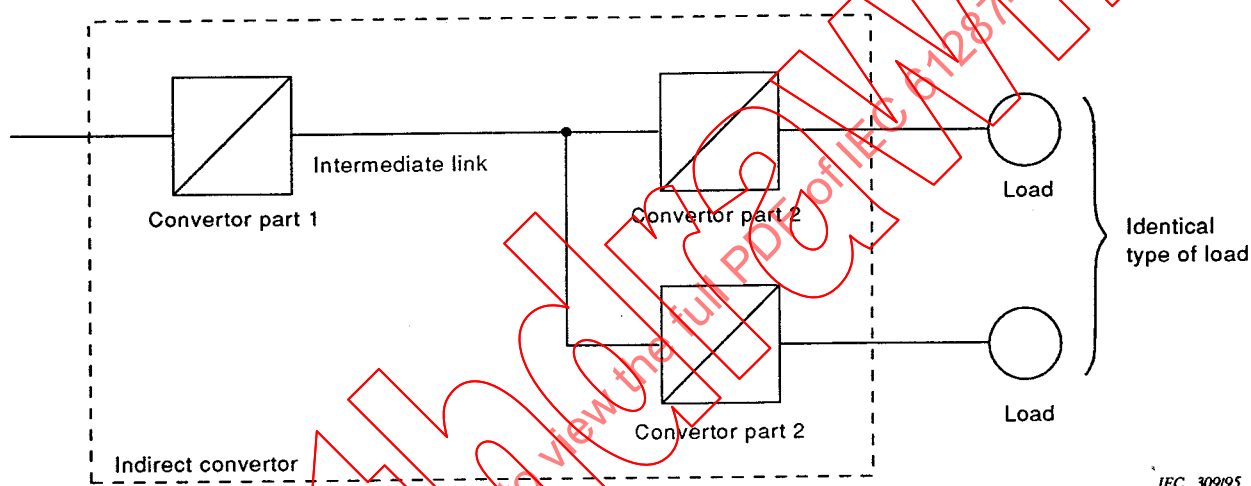
A convertor which converts the input energy into the output energy without an intermediate link.

1.3.17 *Indirect convertor*

A convertor which converts the input energy into the output energy with an intermediate link.

The characteristics of the intermediate link are not specified, but considered as internal design matter.

An example of an indirect convertor is shown in figure 1.



IEC 309195

Figure 1 – Indirect convertor example

1.3.18 *Convertor system*

A convertor system consists of several convertors required to operate connected together, each having different input and/or output characteristics which also have functional connections.

A convertor system shall be defined by a system specification in addition to the individual specification of each different convertor making up the system.

Un exemple de système de convertisseurs est donné à la figure 2.

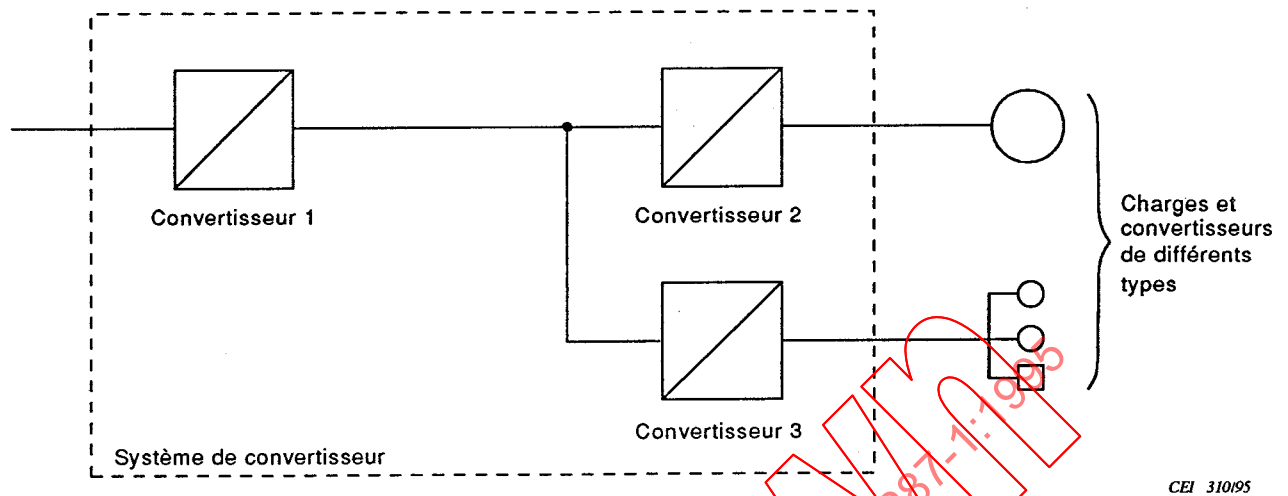


Figure 2 – Exemple de système de convertisseur

1.3.19 *Entrée et sortie (convertisseur de traction)*

Le côté entrée d'un convertisseur définit le côté qui absorbe de la puissance active dans le fonctionnement en traction, le côté sortie étant celui qui fournit la puissance active dans le fonctionnement en traction.

1.3.20 *Courant instantané maximum de sortie*

C'est le courant maximum spécifié de sortie que le convertisseur peut commuter pour une tension d'entrée spécifiée.

1.3.21 *Courant instantané maximum d'entrée*

C'est le courant maximum spécifié d'entrée que le convertisseur peut commuter pour des tensions spécifiées.

1.3.22 *Hacheur abaisseur*

Un hacheur abaisseur est un hacheur dont la tension de sortie est inférieure à la tension d'entrée.

1.3.23 *Hacheur élévateur*

Un hacheur élévateur est un hacheur dont la tension de sortie est supérieure à la tension d'entrée.

An example of a convertor system is shown in figure 2.

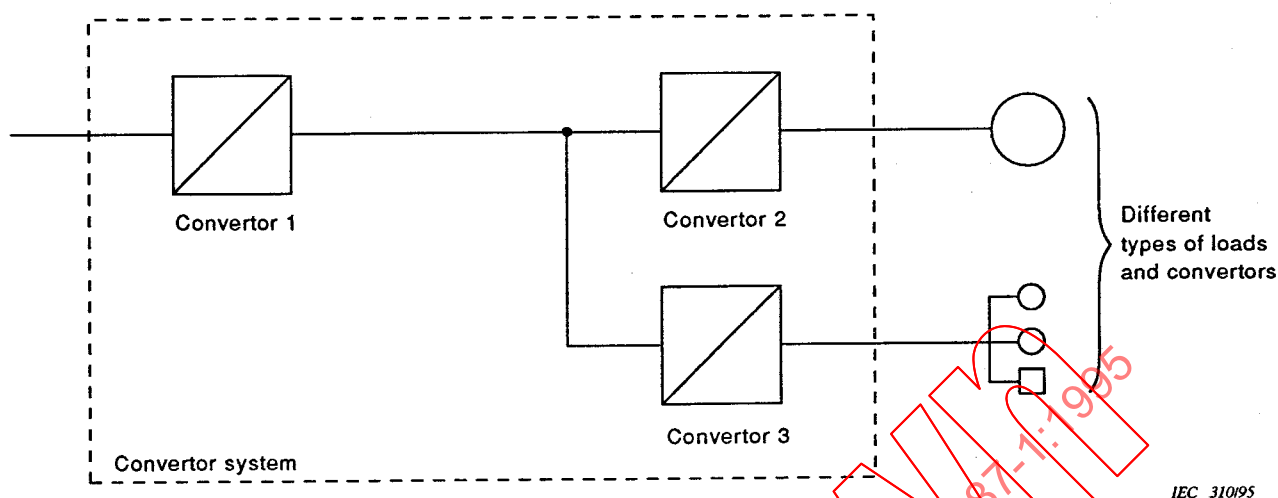


Figure 2 – Converter system example

1.3.19 *Input and output (traction convertor)*

The input side of a convertor denotes that side which absorbs active power in motoring operation, the output side being that side which delivers active power in motoring operation.

1.3.20 *Maximum instantaneous output current*

It is the maximum specified output current which the convertor can commute for a specified input voltage.

1.3.21 *Maximum instantaneous input current*

It is the maximum specified input current which the convertor can commute for specified voltages.

1.3.22 *Step-down chopper*

A step-down chopper is a chopper of which the output voltage is lower than the input voltage.

1.3.23 *Step-up chopper*

A step-up chopper is a chopper of which the output voltage is higher than the input voltage.

1.3.24 *Hacheur à fréquence fixe*

Hacheur fonctionnant avec une seule fréquence élémentaire et assurant, par variation continue du rapport de conduction, le réglage de la tension d'alimentation de la charge dans toute la plage de fonctionnement.

1.3.25 *Hacheur à fréquence variable*

Hacheur assurant par variation continue de la fréquence élémentaire le réglage de la tension d'alimentation de la charge dans toute la plage de fonctionnement.

1.3.26 *Hacheur à fréquences multiples*

Hacheur utilisant plusieurs fréquences fixes de valeurs plus faibles que la fréquence fixe nominale (en principe des sous-fréquences élémentaires de cette fréquence) pour obtenir de très basses tensions d'alimentation de la charge ou pour améliorer le rendement.

1.3.27 *Hacheur à réglage combiné*

Hacheur assurant le réglage de la tension d'alimentation de la charge par variation continue de la fréquence élémentaire combinée avec une variation continue du rapport de conduction.

1.3.28 *Hacheur d'induit*

Un hacheur d'induit est un hacheur connecté à l'induit du moteur à courant continu qui contrôle le courant ou la tension de l'induit.

1.3.29 *Hacheur d'excitation*

Un hacheur d'inducteur est un hacheur connecté à l'inducteur du moteur à courant continu qui contrôle le courant de l'inducteur.

1.3.30 *Hacheur rhéostatique*

Un hacheur rhéostatique est un hacheur connecté en parallèle avec tout ou partie du rhéostat ou en série avec le rhéostat qui contrôle le courant de celui-ci.

1.3.31 *Spécification particulière*

La spécification particulière est le document qui précise les conditions particulières, en complément à la présente norme. Cette spécification doit faire l'objet d'un agrément entre exploitant et constructeur.

1.3.24 *Fixed frequency chopper*

A chopper operated at a single elementary frequency in order to ensure, by a continuous variation of the conduction ratio, the control of the load supplying voltage between its limits.

1.3.25 *Variable frequency chopper*

A chopper ensuring, by a continuous variation of the elementary frequency, the control of the load-supply voltage between its limits.

1.3.26 *Multiple frequency chopper*

A chopper operated by several fixed frequencies at lower values than the fixed nominal frequency (as a rule sub-frequencies of this frequency) to obtain the very low-load voltages or to obtain higher efficiency.

1.3.27 *Mixed control chopper*

A chopper ensuring the control of the load-supply voltage by a continuous variation of the elementary frequency arranged with a continuous variation of the conduction ratio.

1.3.28 *Armature chopper*

A chopper connected with the armature of a d.c. motor to control the current or voltage of the armature.

1.3.29 *Field chopper*

A chopper connected with the field of a d.c. motor to control the current of the field.

1.3.30 *Rheostatic chopper*

A chopper connected in parallel with all or a part of a rheostat, or in series with a rheostat to control the current of the rheostat.

1.3.31 *Particular specification*

The particular specification is the document which gives the particular conditions, in addition to this standard. This specification shall be agreed by user and manufacturer.

Section 2: Clauses communes

2.1 Conditions de service

2.1.1 Conditions normales de service

2.1.1.1 Altitude

En l'absence de valeurs spécifiées sur la hauteur au-dessus du niveau de la mer à laquelle le convertisseur est appelé à fonctionner normalement, il est admis que cette hauteur ne doit pas dépasser 1 200 m.

2.1.1.2 Température

En l'absence de valeurs spécifiées sur les températures ambiantes auxquelles le convertisseur est appelé à fonctionner normalement, il est admis que la température extérieure au véhicule reste comprise entre -25 °C et $+40\text{ °C}$, la température moyenne annuelle n'excédant pas $+25\text{ °C}$.

2.1.1.3 Humidité relative

En l'absence de valeurs spécifiées sur l'humidité relative de l'air ambiant extérieur dans lequel le convertisseur est appelé à fonctionner, et dont la température est inférieure à $+40\text{ °C}$, on considère que sa valeur supérieure est comprise entre 90 % et 95 %.

2.1.1.4 Chocs et vibrations

En l'absence de valeurs spécifiées dans la spécification particulière concernant les vibrations et les chocs auxquels le convertisseur et ses accessoires de montage sont susceptibles d'être soumis en service, les valeurs suivantes s'appliquent:

- les vibrations sont de forme sinusoïdale, leur fréquence f reste comprise entre 1 Hz et 100 Hz, et leur amplitude «a» exprimée en millimètres, est donnée en fonction de f , par les relations:

$$a = 25/f \quad \text{pour } 1 < f \leq 10 \text{ Hz}$$

$$a = 250/f^2 \quad \text{pour } 10 < f \leq 100 \text{ Hz}$$

- les accélérations maximales des chocs sont:
 - horizontalement (dans le sens de déplacement du véhicule): 30 m/s^2
 - latéralement: 20 m/s^2
 - verticalement: 10 m/s^2

2.1.1.5 Inclinaisons et forces centrifuges

Si un refroidissement par liquide est utilisé, il faut tenir compte de l'inclinaison du véhicule, de la force centrifuge et de la force due à l'accélération, comme spécifiées par l'exploitant.

Section 2: Common clauses

2.1 Service conditions

2.1.1 Usual service conditions

2.1.1.1 Altitude

In the absence of specified values for the height above sea-level at which the convertor has normally to function, it is assumed that this height will not exceed 1 200 m.

2.1.1.2 Temperature

In the absence of specified values for the ambient temperatures in which the convertor has normally to function, it is assumed that temperature outside the vehicle lies between $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, with an annual average temperature not exceeding $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2.1.1.3 Relative humidity

In the absence of specified values concerning relative humidity of outside ambient air in which the convertor has normally to function, and of which the temperature is less than $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, it is assumed that its upper value is between 90 % and 95 %.

2.1.1.4 Shocks and vibrations

In the absence of specified values in the particular specification concerning the degree of vibration and shock to which the convertor and its mounting arrangements are likely to be subjected in service, the following values are to be applied:

- vibrations are sinusoidal, their frequency of vibration f is between 1 Hz and 100 Hz, and their amplitude "a", expressed in millimeters, is given as a function of f , by the equations:

$$a = 25/f \quad \text{for } 1 < f \leq 10 \text{ Hz}$$

$$a = 250/f^2 \quad \text{for } 10 < f \leq 100 \text{ Hz}$$

- maximum shock accelerations are:

- horizontally (in the direction of motion of the vehicle): 30 m/s^2
- transversely: 20 m/s^2
- vertically: 10 m/s^2

2.1.1.5 Tilting and centrifugal forces

If liquid cooling is used, tilting of the vehicle, centrifugal and acceleration forces as specified by the user shall be considered.

2.1.1.6 *Nature de la charge*

Etant donné que la nature de la charge peut affecter les caractéristiques de fonctionnement d'un convertisseur ou d'un élément de convertisseur, la nature de la charge doit toujours être spécifiée. L'exploitant doit spécifier les conditions normales et les conditions dégradées.

Dans le cas du fonctionnement en freinage, la charge devient une source dont la caractéristique est différente de celle du réseau d'alimentation. La tension de cette source peut être plus élevée que celle du réseau.

2.1.1.7 *Caractéristiques des sources d'alimentation*

L'exploitant doit définir avec précision, dans l'état de connaissance qu'il a de son réseau, les conditions de travail de l'équipement, en traction et en freinage électrique pour les convertisseurs de traction, dont les limites peuvent être très importantes pour la définition de l'appareil.

2.1.1.8 *Réseaux d'alimentation à courant alternatif*

a) *Forme d'onde de la tension alternative*

Sauf accord particulier entre le constructeur et l'exploitant, il est admis que la tension côté ligne du réseau de traction est sinusoïdale (voir 1.3.1) lorsque le convertisseur concerné est déconnecté.

b) *Variation de la tension alternative en ligne*

En l'absence de valeurs spécifiées, il est admis que la tension de la ligne se maintient dans les limites données dans la CEI 850.

c) *Impédance du réseau à courant alternatif*

Puisque l'impédance du réseau alternatif influe sur les caractéristiques de fonctionnement d'un convertisseur et varie avec la position du véhicule, les valeurs maximales et minimales de cette impédance doivent être spécifiées par l'exploitant.

NOTE - Il faut faire attention si ces valeurs sont utilisées pour des études d'interférence (voir 2.3.3.5), car il peut exister des fréquences de résonance.

Si possible, les fréquences de résonance du réseau à courant alternatif doivent être spécifiées par l'exploitant, soit directement, soit au moyen d'un modèle du réseau.

d) *Surtensions des réseaux à courant alternatif*

Le convertisseur, y compris ses dispositifs de protection et le filtre d'entrée, s'il en existe, doit pouvoir supporter sans dommage les surtensions d'entrée spécifiées par l'exploitant. En cas d'absence de spécification, les valeurs de surtensions données, à titre indicatif, par la courbe 2 de la figure 3 doivent être utilisées.

Le convertisseur doit fonctionner normalement lorsqu'il est soumis aux surtensions données par la courbe 1 de la figure 3.

2.1.1.6 *Nature of load*

In view of the fact that the nature of the load may affect the operating characteristics of a convertor or convertor component, the nature of the load shall always be specified. The user shall state the normal conditions and the worst case conditions.

In the case of braking operation, the load becomes a power supply, the characteristic of which is different from that of the supply system. The voltage of this supply may be higher than the supply system voltage.

2.1.1.7 *Supply system characteristics*

The user, insofar as he has adequate knowledge of the system, shall define exactly the operative conditions of the equipment, in motoring and electrical braking operation for traction convertors, the limits of which may be very important for the design of the equipment.

2.1.1.8 *AC supply system*

a) Waveform of the a.c. line voltage

Unless otherwise agreed between user and manufacturer, the line-side voltage of the traction system shall be assumed to be sinusoidal (see 1.3.1) when the concerned convertor is switched off.

b) AC line voltage variations

In the absence of specified values, the a.c. line voltage is assumed to be maintained between the limits given by IEC 850.

c) AC system impedance

Since the a.c. system impedance affects the performance characteristics of a convertor and varies with the position of the vehicle, the maximum and minimum values of this impedance shall be specified by the user.

NOTE – Care should be taken if these values are used for interference studies (see 2.3.3.5) because there can be resonant frequencies.

If possible, resonant frequencies of the a.c. system shall be specified by the user, either directly or by means of a model of the system.

d) Overvoltages in a.c. systems

The convertor, with its protective devices and the input filter, if any, shall be able to withstand input overvoltages as specified by the user without damage. In the event of no specifications being issued, the overvoltage values as specified in curve 2 of figure 3 shall be used for guidance.

The convertor shall operate normally when subjected to overvoltages as given in curve 1 of figure 3.

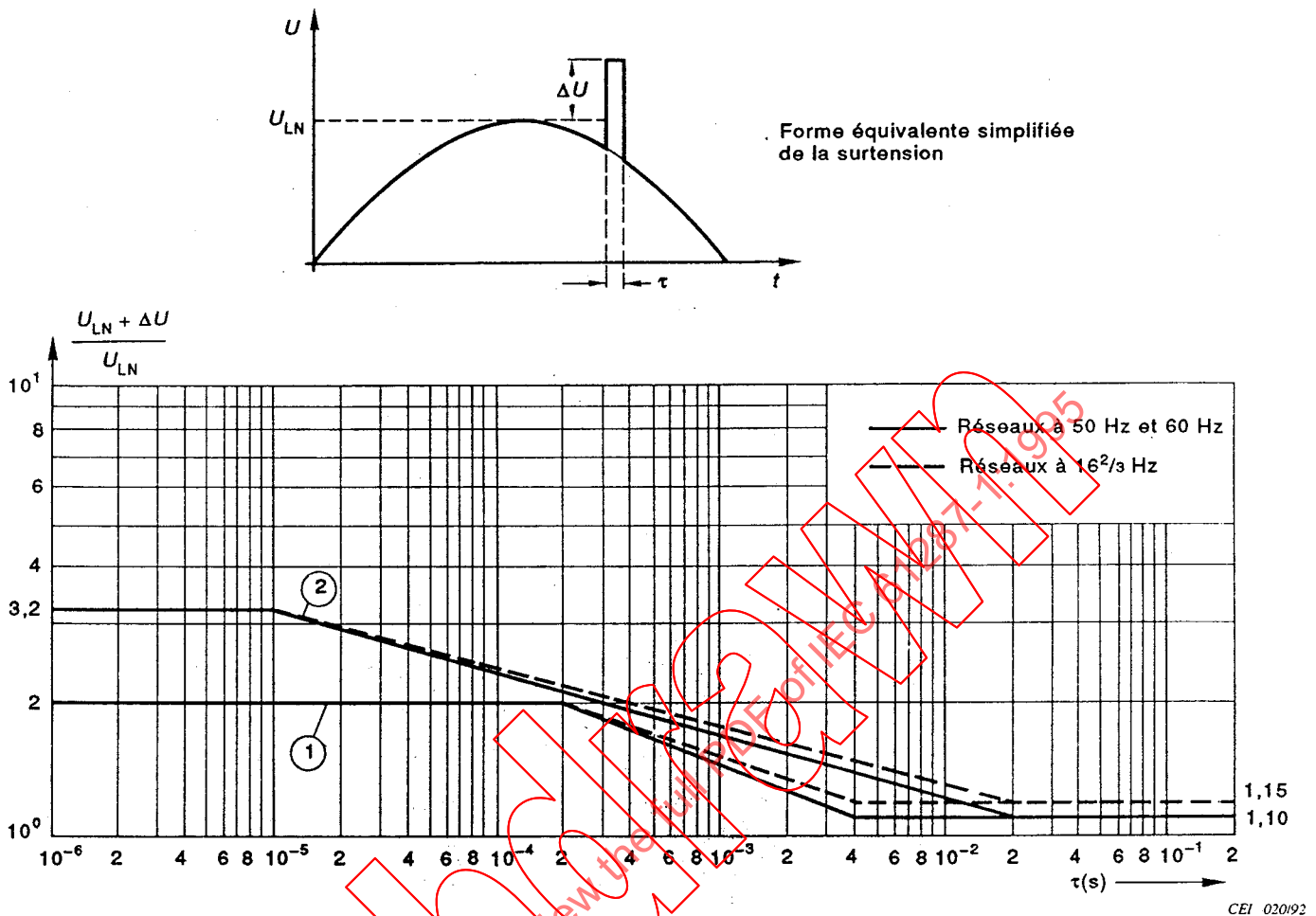


Figure 3 – Niveaux de surtensions dans les réseaux d'alimentation à courant alternatif

e) Variation de la fréquence du réseau à courant alternatif

La fréquence du réseau à courant alternatif peut varier (CEI 850):

- de $16 \frac{2}{3}$ Hz à 17 Hz pour les réseaux à $16 \frac{2}{3}$ Hz;
- de 49 Hz à 51 Hz pour les réseaux à 50 Hz;
- de 59 Hz à 61 Hz pour les réseaux à 60 Hz;

pour autant qu'aucune autre valeur n'ait été convenue entre l'exploitant et le constructeur.

Pour les autres fréquences, les variations admissibles doivent être fixées par accord entre l'exploitant et le constructeur.

2.1.1.9 Réseaux d'alimentation à courant continu

a) Forme d'onde de la tension de la ligne à courant continu

Il est admis que la tension côté ligne du réseau de traction est la tension continue obtenue à partir d'une tension sinusoïdale triphasée, par redressement hexaphasé en onde pleine.

L'exploitant doit déclarer toute autre disposition, par exemple: indice de pulsation différent de 6, utilisation de redresseurs à commande de phase, présence sur le réseau de véhicules à freinage par récupération.

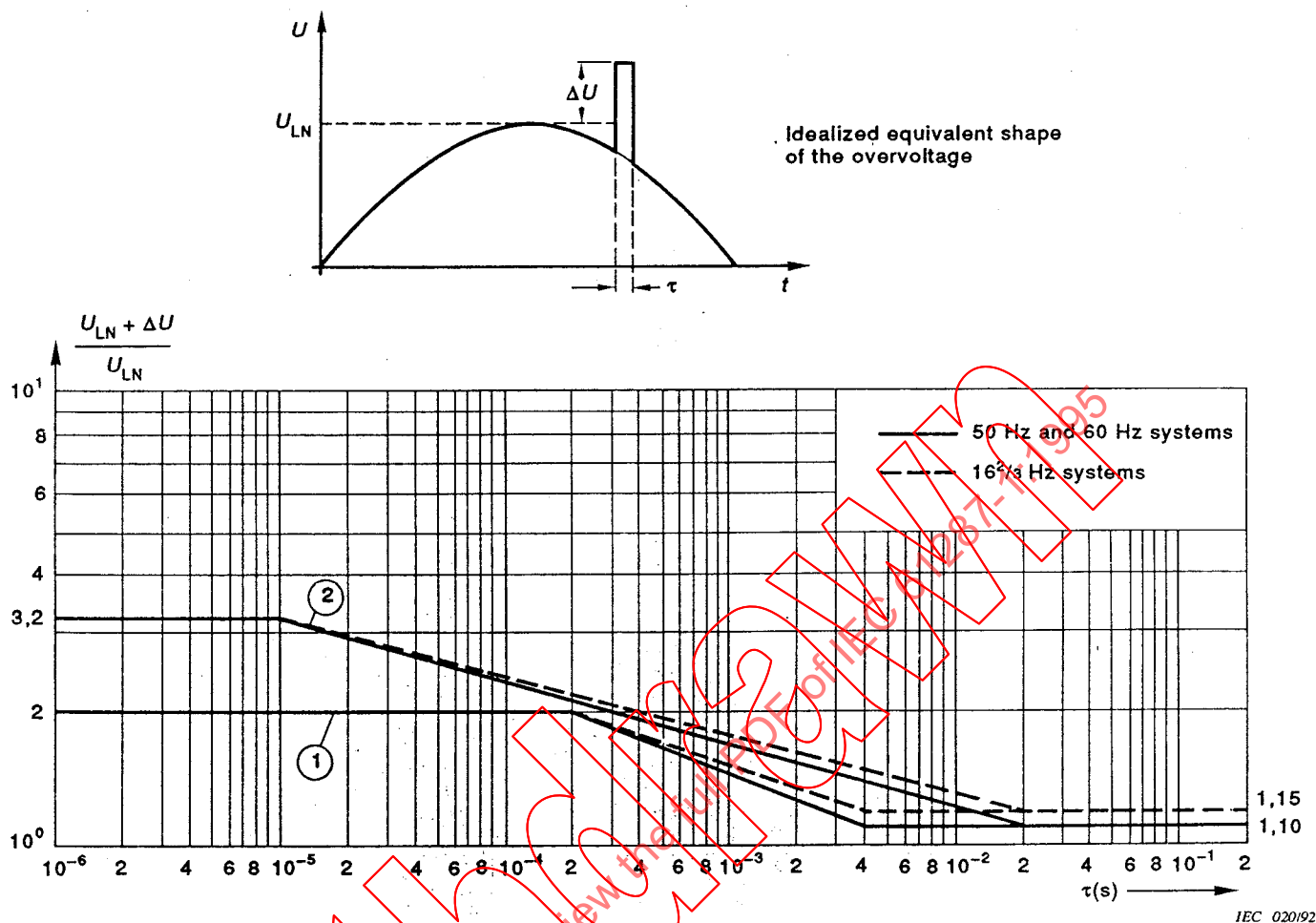


Figure 3 – AC supply system overvoltage levels

e) AC line frequency variation

AC line frequency may vary (IEC 850):

- from $16\frac{1}{6}$ Hz to 17 Hz for $16\frac{2}{3}$ Hz systems;
- from 49 Hz to 51 Hz for 50 Hz systems;
- from 59 Hz to 61 Hz for 60 Hz systems;

provided that no other value has been agreed between user and manufacturer.

For other frequencies, permissible variations shall be defined by agreement between user and manufacturer.

2.1.1.9 DC supply system

a) Waveform of the d.c. line voltage

It will be assumed that the line side voltage of the traction system is the d.c. voltage converted from a three-phase sinusoidal voltage by full-wave six-pulse rectification.

The user shall state any other connection from this arrangement, for example pulse number other than 6, use of phase-controlled rectification, presence of regeneratively braked vehicles on the system.

b) Variations de la tension continue

En l'absence de valeurs spécifiées, il est admis que la tension continue de la ligne se maintient dans les limites données par la CEI 850.

c) Inductance et résistance du réseau

Puisque l'inductance et la résistance du réseau influent sur les caractéristiques de fonctionnement d'un convertisseur et varient avec la position du véhicule, les valeurs maximales et minimales de l'inductance et de la résistance, y compris l'impédance interne de la source, doivent être spécifiées par l'exploitant. Il y a lieu de tenir compte également de la présence d'autres véhicules équipés de convertisseurs.

NOTE - Il faut faire attention si ces valeurs sont utilisées pour des études d'interférence (voir 2.3.3.5), car il peut exister des fréquences de résonance.

Si possible et si nécessaire, les fréquences de résonance du réseau à courant continu doivent être spécifiées par l'exploitant, soit directement, soit au moyen d'un modèle du réseau.

d) Surtensions de la ligne d'alimentation

Le convertisseur, y compris ses dispositifs de protection et le filtre d'entrée, s'il en existe, doit pouvoir supporter sans dommage les surtensions d'entrée spécifiées par l'exploitant. En cas d'absence de spécification, les valeurs de surtension données, à titre indicatif, par la courbe 2 de la figure 4 doivent être utilisées.

Le convertisseur doit fonctionner normalement lorsqu'il est soumis aux surtensions données par la courbe 1 de la figure 4.

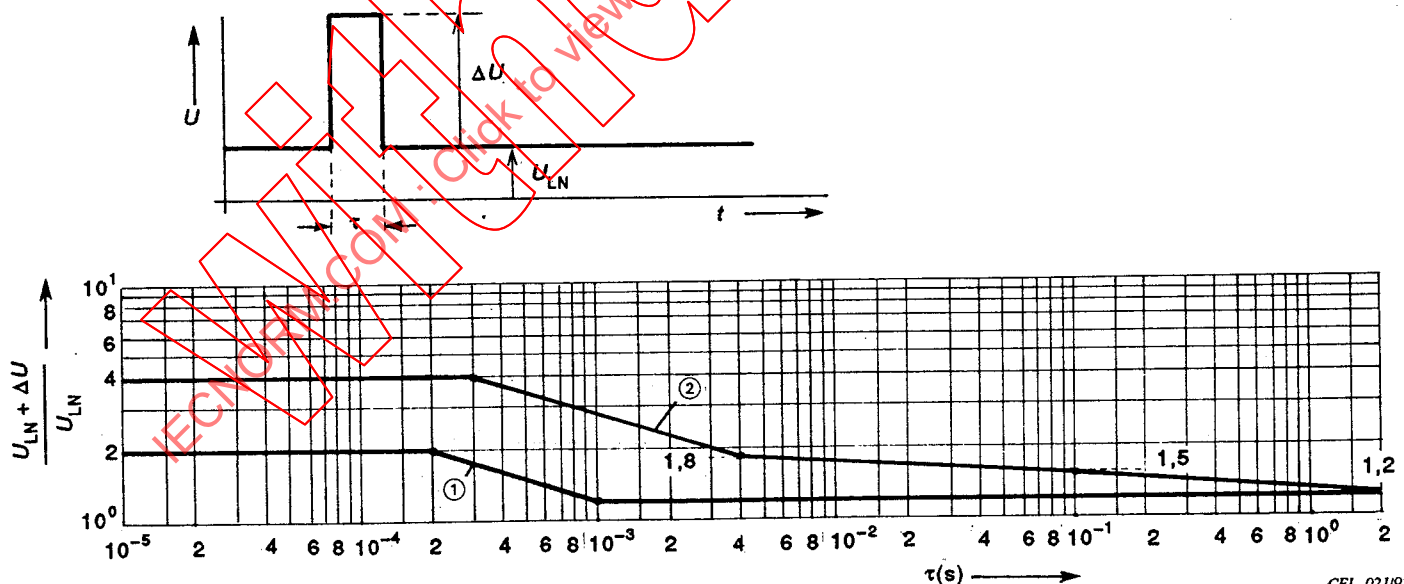


Figure 4 – Niveaux des surtensions dans les réseaux d'alimentation à courant continu

b) DC voltage variations

In the absence of specified values, the d.c. line voltage is assumed to be maintained between the limits given in IEC 850.

c) System inductance and resistance

Since the inductance and resistance of the system affect the performance characteristics of a converter and vary with the position of the vehicle, the maximum and minimum values of inductance and resistance including internal impedance of the source shall be specified by the user. The presence of other vehicles equipped with converters should also be taken into account.

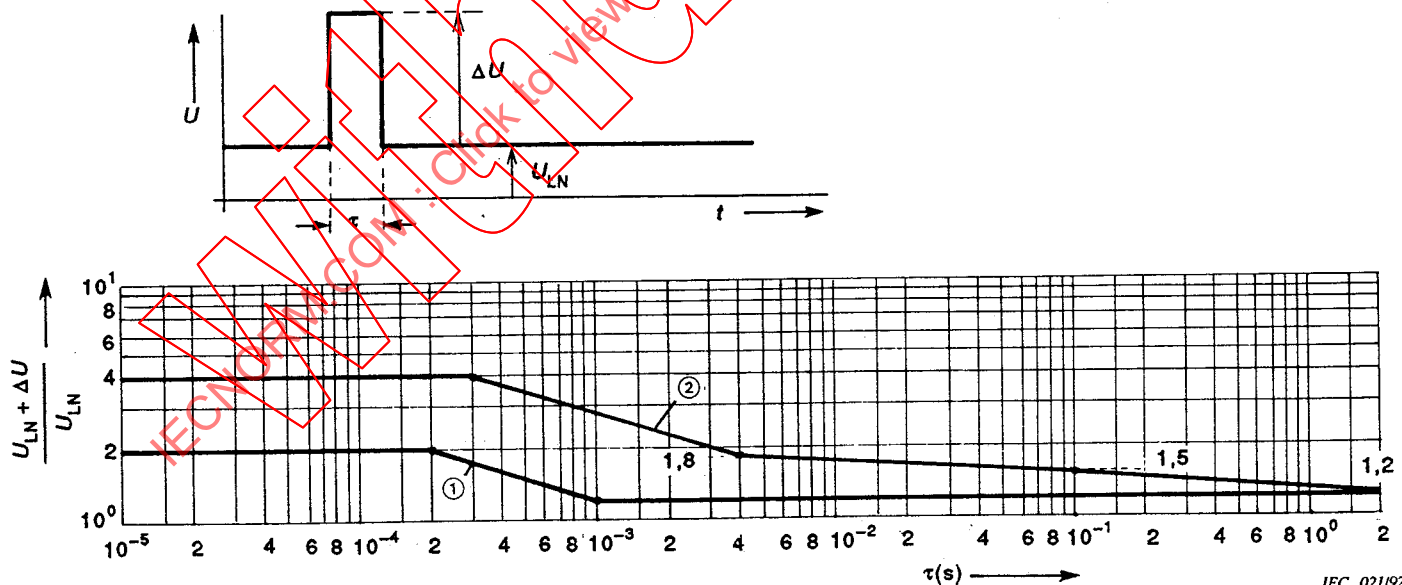
NOTE – Care should be taken if these values are used for interference studies (see 2.3.3.5), because there can be resonant frequencies.

Where possible and if necessary, resonant frequencies of the d.c. system shall be specified by the user, either directly or by means of a model of the system.

d) Supply line overvoltages

The converter with its protective devices and the input filter, if any, shall be able to withstand input overvoltages as specified by the user without damage. In the event of no specification being issued, the overvoltages as specified in curve 2 of figure 4, shall be used for guidance.

The converter shall operate normally when subjected to overvoltages given in curve 1 of figure 4.



IEC 021/92

Figure 4 – DC supply system overvoltage levels

2.1.1.10 Limitations du courant d'entrée

Toute limitation du courant d'entrée à l'état permanent doit être spécifiée par l'exploitant.

Celui-ci doit aussi indiquer la capacité en courant de courte durée du réseau d'alimentation et la nature du système de protection.

2.1.1.11 Sources autonomes

Dans le cas où le convertisseur est alimenté par une source autonome telle que: batterie, convertisseur statique, groupe tournant, etc., l'exploitant doit indiquer les valeurs assignées et les valeurs limites de la tension et de l'impédance de la source et dans le cas de source alternative: la fréquence et la forme d'onde.

2.1.1.12 Interférences

Les interférences font l'objet du 2.3.3.5.

2.1.2 Conditions spéciales

Des dispositions particulières, fixées par accord entre l'exploitant et le constructeur, doivent être prises lorsque les conditions diffèrent de celles qui sont mentionnées dans les paragraphes précédents, par exemple:

- altitude supérieure à 1 200 m;
- température ambiante externe au véhicule supérieure à 40 °C;
- température ambiante externe au véhicule inférieure à –25 °C;
- température moyenne annuelle externe au véhicule supérieure à 25 °C;
- humidité relative supérieure à 95 % conjuguée avec une température supérieure à 40 °C;
- pluies torrentielles, tempêtes de sable ou de neige, poussières anormalement conductrices, salinité de l'air élevée, pollution industrielle anormale et identifiée;
- variations de la tension délivrée par la ligne d'alimentation excédant les valeurs données précédemment, par exemple dans le cas de réseaux utilisant le freinage par récupération d'énergie;
- variations soudaines de la température ambiante de l'ordre de 15 K survenant sur des périodes d'une à quelques minutes, dues, par exemple, aux franchissements de tunnels;
- conditions causant de fréquentes interruptions entre la ligne de contact et le convertisseur ou de fréquents courts-circuits sur la ligne, par exemple formation de glace sur la ligne de contact, parcours de dégivrage;
- lorsque le véhicule est stationné et que l'équipement est hors tension, la température initiale de démarrage pour le convertisseur peut être comprise entre –25 °C et +70 °C (en l'absence de valeur spécifiée). Le convertisseur devra pouvoir démarrer à cette température sans problème.

2.2 Schémas

Ce paragraphe de la norme décrit les principaux schémas élémentaires utilisés pour réaliser des convertisseurs embarqués sur le matériel roulant ferroviaire. Il ne s'agit pas d'une liste exhaustive de tous les schémas possibles.

Ce paragraphe de la norme s'applique à tous les types de convertisseur (traction ou auxiliaire).

2.1.1.10 *Input current limitations*

Any limitation of the steady-state input current shall be stated by the user.

The user shall also state the short-time current capability of the supply system and the nature of the protection system.

2.1.1.11 *Autonomous supply*

Where the convertor is supplied by an autonomous supply such as battery, static convertor, rotary set, etc., the user shall state rated values and limit values for the voltage and impedance of the supply, and in the case of a.c. supply the frequency and waveform.

2.1.1.12 *Interferences*

Interferences form the subject of 2.3.3.5.

2.1.2 *Special conditions*

Special arrangements shall be defined in the particular specification and agreed upon between user and manufacturer when conditions differ from those mentioned in the preceding subclauses, for example:

- altitude above 1 200 m;
- ambient temperature outside the vehicle above 40 °C;
- ambient temperature outside the vehicle below -25 °C;
- annual average temperature outside the vehicle above 25 °C;
- relative humidity above 95 %, with a temperature above 40 °C;
- torrential rain, sand or snow storms, abnormal conducting dust, abnormal salinity of the air, abnormal identified industrial pollution;
- variations of the supply line voltage exceeding the values given above, for example, in the case of systems employing regenerative braking;
- sudden ambient temperature variations of about 15 K, occurring on periods of one up to a few minutes, for example due to railway tunnels;
- conditions bringing about frequent interruptions between contact line and convertor or frequent short circuits on the contact line, for example, formation of ice on the contact line, defrosting runs;
- when the vehicle is parked and the convertor is not connected to any power supply, the initial start-up temperature for the convertor is assumed (in the absence of a specified value) to be between -25 °C and +70 °C. The convertor shall be able to start up at this temperature without damage.

2.2 *Circuit-diagrams*

This clause of the standard describes the main elementary circuit-diagrams used for convertors installed on board rolling stock. It is not an exhaustive list of all possible circuit-diagrams.

This clause of the standard is applicable for all types of convertors (traction or auxiliary).

Différents types de convertisseurs commutés par la ligne, par la charge et autocommutés sont utilisés sur le matériel roulant ferroviaire. Par souci de clarté, aucune classification des montages d'extinction des convertisseurs autocommutés n'a été entreprise. Le symbole donné par la figure 5 est utilisé pour les composants avec possibilité d'allumage et d'extinction (par exemple les thyristors GTO, transistors, etc.), ou pour les composants avec possibilité d'allumage (par exemple les thyristors) en combinaison avec un circuit d'extinction (avec ou sans composants actifs selon le schéma).

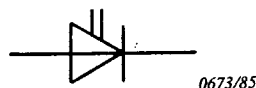


Figure 5 – Symbole général

Les différents schémas des convertisseurs élémentaires avec lesquels les convertisseurs de traction ou auxiliaires sont construits sont décrits en 2.2.1, 2.2.2 et 2.2.3. Les trois schémas de base utilisés sont les redresseurs, les hacheurs et les onduleurs, mais cette norme s'applique également aux autres schémas tels que cycloconvertisseurs, circuits résonants, etc.

NOTE – Les termes, redresseur et onduleur, sont utilisés ici en référence à la direction du flux principal d'énergie, c'est-à-dire dans le mode traction pour les convertisseurs de traction et de la source vers la charge pour les convertisseurs auxiliaires. Certains types de redresseurs et d'onduleurs peuvent être utilisés dans ces deux fonctions.

2.2.1 Redresseur

2.2.1.1 Fonction

Un redresseur change une tension alternative en une tension continue. Dans les applications ferroviaires, les redresseurs monophasés et les redresseurs triphasés sont les plus utilisés.

Selon les montages, l'énergie peut circuler soit dans un seul sens soit dans les deux. Cette inversion peut être obtenue par inversion soit du courant soit de la tension côté continu.

2.2.1.2 Schéma bloc (voir figure 6)

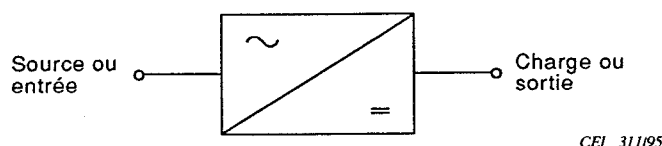


Figure 6 – Schéma bloc d'un redresseur

Different types of line-commutated, load-commutated and self-commutated convertors are used on rolling stock. For the sake of clarity, no classification of self-commutated convertors turn-off connections has been undertaken. The symbol shown in figure 5 shall be used for components with firing and turn-off capabilities (e.g. gate turn-off thyristor, transistor, etc.) or for components with firing capability (e.g. thyristor) combined with a turn-off circuit (with or without active components according to the circuit-diagram).

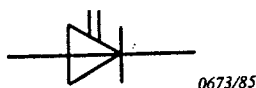


Figure 5 – General symbol

The different circuit-diagrams of elementary convertors with which the traction and auxiliary convertors are built are shown in 2.2.1, 2.2.2 and 2.2.3. The three basic circuit-diagrams used are rectifiers, choppers and inverters, but this standard is also applicable to other circuit-diagrams such as cycloconvertors, resonant circuits, etc.

NOTE – The terms, rectifier and inverter, are used here referring to the direction of the main energy flow, i.e. in the motoring mode for traction convertors and from the source to the load for auxiliary convertors. Some types of rectifiers and inverters can operate in both of those functions.

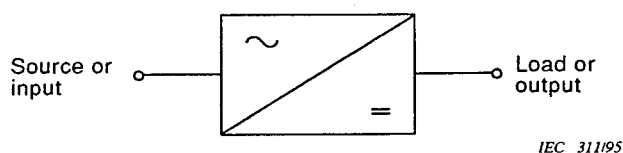
2.2.1 Rectifier

2.2.1.1 Function

A rectifier changes an a.c. voltage to a d.c. voltage. In the rolling-stock applications, the most commonly used are single-phase and three-phase rectifiers.

According to applications, energy can flow in only one direction or in both. This inversion can be obtained by inversion of d.c. side current or voltage.

2.2.1.2 Block diagram (see figure 6)



IEC 311/95

Figure 6 – Rectifier block diagram

2.2.1.3 Commande

En liaison avec les caractéristiques de commande des semi-conducteurs (non contrôlé, contrôlé à l'allumage ou contrôlé à l'allumage et à l'extinction), les méthodes de commande sont les suivantes:

- contrôle de phase;
- contrôle par onde entière;
- modulation de largeur d'impulsion (M.L.I.).

Le contrôle de phase se caractérise par l'allumage et donc l'extinction d'un bras de pont à chaque demi-période de la tension d'alimentation. Le contrôle par onde entière est caractérisé par l'allumage ou non d'un bras de pont durant une demi-période de la tension d'alimentation. La modulation de largeur d'impulsion implique l'allumage et l'extinction répétés d'un bras de pont une ou plusieurs fois durant une demi-période de la tension d'alimentation.

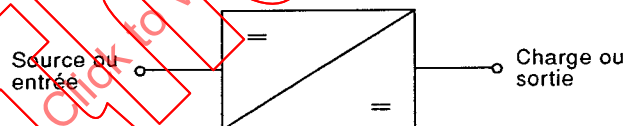
Il existe d'autres méthodes particulières de contrôle utilisées pour réduire les harmoniques, augmenter les facteurs de puissance, etc. (par exemple: un redresseur à thyristor peut être piloté comme un pont redresseur mixte thyristor/diode).

2.2.2 Hacheur

2.2.2.1 Fonction

Un hacheur transforme une tension continue en une autre tension continue.

2.2.2.2 Schéma bloc (voir figure 7)



CEI 312/95

Figure 7 – Schéma bloc d'un hacheur

2.2.2.3 Types de hacheur

Il y a deux types principaux de hacheurs.

a) Hacheur unidirectionnel

Ce type de hacheur ne permet de transférer l'énergie que dans un seul sens. Il existe des hacheurs abaisseurs dont la tension de sortie est inférieure à la tension d'entrée et des hacheurs éleveurs dont la tension de sortie est supérieure à la tension d'entrée;

b) Hacheur bidirectionnel

Ce type de hacheur peut transférer l'énergie dans les deux sens. Ce hacheur est abaisseur quand l'énergie circule dans un sens et éleveur quand elle circule dans l'autre.

2.2.1.3 Control

According to the control characteristics of the semiconductor components (uncontrolled, fire controlled or fire and extinction controlled), the methods of controllability are:

- phase control;
- full-wave control;
- pulse-width modulation (PWM).

Phase control is a method of control characterized by a bridge arm which is fired and subsequently turned off each half supply-voltage period. Full-wave control is characterized by one bridge arm fired or not fired during a half supply-voltage period. Pulse-width modulation involves one or several firing and turn-off of a bridge-arm during half a supply-voltage period.

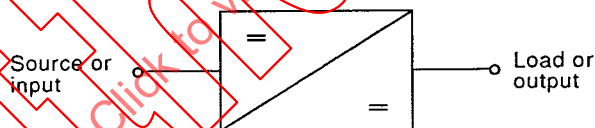
There are other particular methods of control used to reduce harmonics, to increase the power factor, etc. (e.g.: a thyristor rectifier can be controlled as a mixed thyristor/diode rectifier).

2.2.2 Chopper

2.2.2.1 Function

A chopper changes a d.c. voltage to another d.c. voltage.

2.2.2.2 Block diagram (see figure 7)



IEC 312/95

Figure 7 – Chopper block diagram

2.2.2.3 Types of chopper

There are two main types of chopper:

a) Unidirectional chopper

This type of chopper can transfer the energy only in one direction. There are step-down choppers of which the output voltage is lower than the input voltage and step-up choppers of which the output voltage is higher than the input voltage;

b) Bi-directional chopper

This type of chopper can transfer the energy flow in two directions. This chopper is step-down when the energy flows in one direction and step-up when in the other.

2.2.2.4 Commande

Les hacheurs peuvent être différenciés selon leur mode de fonctionnement.

Il existe principalement trois méthodes pour commander un hacheur et obtenir une tension continue variable de sortie:

- fréquence fixe et largeur d'impulsion variable;
- largeur d'impulsion fixe et fréquence variable;
- combinaison des deux méthodes précédentes.

2.2.3 Onduleur

2.2.3.1 Fonction

Un onduleur transforme une tension continue en une tension alternative. Dans les applications ferroviaires les plus utilisés sont les onduleurs monophasés et les onduleurs triphasés.

2.2.3.2 Schéma bloc (voir figure 8)



Figure 8 – Schéma bloc d'un onduleur

2.2.3.3 Types d'onduleurs

a) Onduleur commuté par la charge

Ce sont les onduleurs qui prélèvent leur tension de commutation aux machines électriques reliées à leur sortie.

NOTE – Dans la zone des basses vitesses, où la machine n'est pas en mesure de fournir la tension de commutation requise, les onduleurs de ce type nécessitent un dispositif auxiliaire de commutation ou une interruption cyclique du courant par un autre convertisseur.

b) Onduleur autocommuté

Ce sont les onduleurs qui prélèvent leur pouvoir de commutation aux composants internes de l'onduleur.

1) Onduleur source de tension

Les onduleurs source de tension sont des onduleurs autocommutés qui sont alimentés par une source de tension continue. Ils imposent à la charge une tension alternative avec une basse impédance interne.

2) Onduleur source de courant

Les onduleurs source de courant sont des onduleurs autocommutés qui sont alimentés à partir d'une source de courant continu. Ils imposent à la charge un courant alternatif avec une impédance interne élevée.

2.2.2.4 Control

Choppers can be differentiated according to their operating mode.

There are essentially three methods to control a chopper and obtain a variable d.c. output voltage:

- a fixed frequency and a variable pulse width;
- a fixed pulse-width and a variable frequency;
- a combination of those two methods.

2.2.3 Inverter

2.2.3.1 Function

An inverter changes a d.c. voltage into an a.c. voltage. In the railway applications, the most commonly used are single-phase and three-phase inverters.

2.2.3.2 Block diagram (see figure 8)



Figure 8 – Inverter block diagram

2.2.3.3 Types of inverter

a) Load-commutated inverter

Inverters which derive their commutating voltage from the electrical machine connected to their output.

NOTE – In the lower speed range, when the machine is not able to provide the necessary commutating voltage, inverters of this type require an auxiliary commutating device or cycling interruption of the current by another converter.

b) Self-commutated inverter

Inverters which derive their commutating capability from components within the inverter.

1) Voltage source inverter

Voltage source inverters are self-commutated inverters which are fed from a direct voltage power supply. They impose, on the load, an alternating voltage with a low internal impedance.

2) Current source inverter

Current source inverters are self-commutated inverters which are fed from a direct current power supply. They impose, on the load, an alternating current with a high internal impedance.

2.2.3.4 Commande

Il existe trois méthodes principales pour commander un onduleur:

- onduleur commuté par la charge: contrôle de phase avec fréquence imposée par la charge et contrôle externe du courant;
- onduleur source de courant: fréquence variable contrôlée par l'onduleur et contrôle externe du courant;
- onduleur source de tension: fréquence variable contrôlée par l'onduleur et modulation de tension.

a) Onduleur source de courant

L'onduleur source de courant présente une impédance interne élevée et il ne commande que la fréquence de sortie, alors que la charge détermine le niveau de tension. Dans ce cas, il est nécessaire de commander la tension d'entrée de l'onduleur pour respecter ce niveau.

Pour les convertisseurs de traction, un contrôle par modulation de largeur d'impulsion (M.L.I.) peut également être utilisé pour un onduleur source de courant aux basses fréquences.

b) Onduleur source de tension

Il existe principalement deux modes de commande d'un onduleur:

Mode 1: Commande en fréquence

Les phases de sortie de l'onduleur sont commutées pour délivrer une tension triphasée maximale de sortie à l'utilisation.

La tension de sortie est fonction de la tension d'entrée de l'onduleur. La tension d'entrée peut être non commandée ou commandée.

Ce mode de fonctionnement sert principalement aux onduleurs auxiliaires.

Mode 2: Commande en fréquence et en tension

L'onduleur commande la fréquence et la tension de sortie.

Les valeurs fondamentales de la fréquence et de la tension sont commandées en modifiant la largeur d'impulsions. Cette méthode de commande par modulation de largeur d'impulsions (M.L.I.) sert aux onduleurs auxiliaires et aux onduleurs de traction.

NOTE - Les méthodes de modulation sont normalement choisies de manière à minimiser les harmoniques du courant de sortie sur toute la plage des fréquences fondamentales de sortie.

2.2.4 Combinaison des schémas de base

Un convertisseur peut être constitué par un schéma de base: redresseur, hacheur, etc., dans ce cas, c'est un convertisseur direct ou par une succession de schémas dépendant de la nature de la source et de la charge, dans ce cas, il s'agit d'un convertisseur indirect.

Dans le cas d'un convertisseur indirect, celui-ci comporte un étage d'entrée, un étage de sortie et, si nécessaire, un étage intermédiaire.

Il est possible de réaliser des mises en parallèle ou en série des schémas de base.

La figure 9 donne les combinaisons les plus fréquentes de schéma de base entre la source de puissance et les moteurs de traction ou les autres charges.

2.2.3.4 Control

There are three main methods of controlling an inverter:

- load-commutated inverter: phase-control with frequency imposed by the load and external current control;
- current source inverter: variable frequency controlled by inverter and external current control;
- voltage source inverter: variable frequency controlled by inverter and voltage modulation.

a) Current source inverter

The current source inverter has a high internal impedance and only controls the output frequency, while the load itself determines the voltage level. In this case, the input voltage to the inverter has to be controlled to meet this level.

For traction convertors a pulse width modulation (PWM) control may also be applied to the current source inverter for low-frequency operation.

b) Voltage source inverter

There are essentially two modes of controlling an inverter:

Mode 1: Frequency control

The inverter output phases are switched to produce maximum output three-phase voltage to the load.

The output voltage depends on the inverter input voltage. The input voltage can be either uncontrolled, or controlled.

This operation mode is mainly used for auxiliary inverters.

Mode 2: Frequency and voltage control

The inverter is controlling both frequency and output voltage.

Fundamental values of frequency and voltage are controlled by changing the pulse width. This control method by Pulse Width Modulation (PWM) is applied for both auxiliary and traction inverters.

NOTE - Modulation methods are normally chosen to minimize harmonics of the output current in the whole range of fundamental frequencies.

2.2.4 Combination of basic circuit-diagrams

A convertor can be composed of a basic circuit-diagram: rectifier, chopper, etc. and, in this case, it is a direct convertor, or of a combination of circuit-diagrams depending on the kind of supply and load, and, in this case, it is an indirect convertor.

As far as the indirect convertor is concerned, there is an input part, an output part, and, if necessary, an intermediate part.

Some parallel or series connections of elementary basic circuit-diagrams are possible.

Figure 9 gives the most usual combinations of circuit-diagrams between the power supply and the traction motor or other loads.

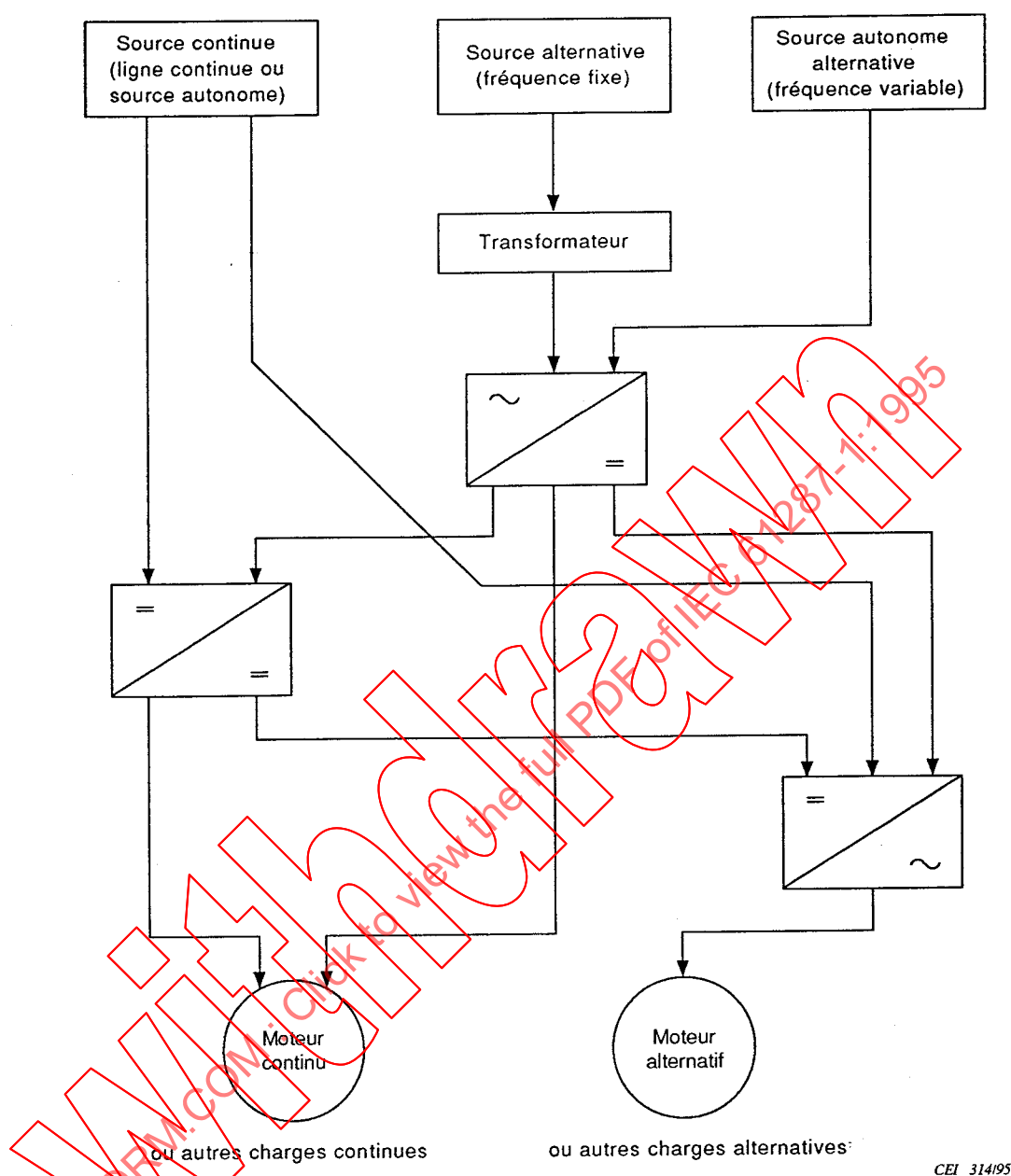


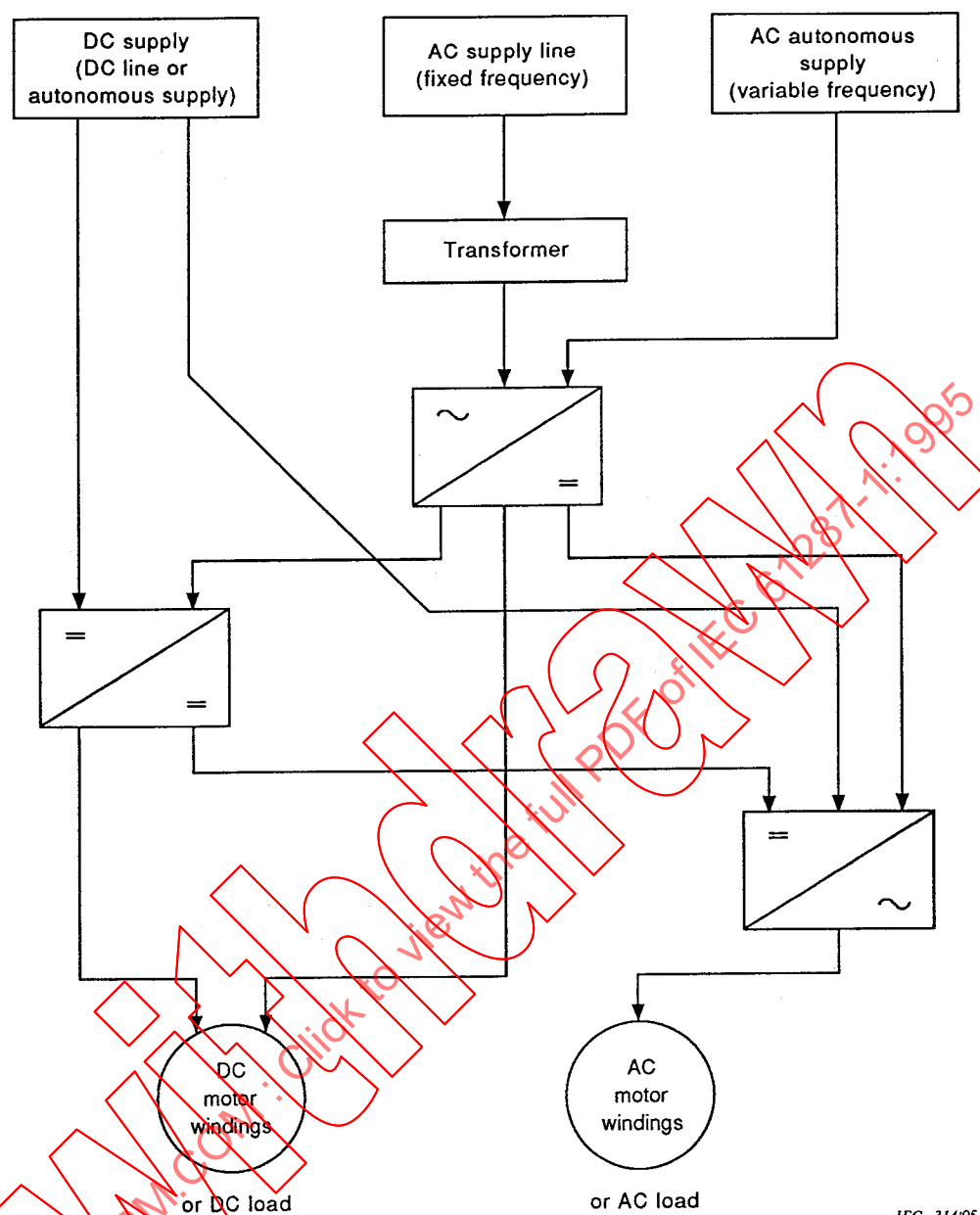
Figure 9 - Combinaison des différents schémas de base entre la source et la charge

2.3 Caractéristiques

2.3.1 Caractéristiques des dispositifs à semi-conducteurs

Les dispositifs à semi-conducteurs des circuits de puissance doivent répondre aux conditions spécifiées dans les CEI 747 et assurer leur service dans les conditions spécifiées au paragraphe 2.1 de la présente norme.

Il en est de même des dispositifs à semi-conducteurs des circuits de commande qui doivent, en outre, répondre aux prescriptions de la CEI 571.



IEC 314/95

Figure 9 – Combination of basic circuit-diagrams between the supply and the load

2.3 Characteristics

2.3.1 Characteristics of semiconductor devices

Semiconductor devices of power circuits shall comply with the stated conditions of IEC 747 and ensure their function, in the conditions specified in clause 2.1 of the present standard.

In the same way, semiconductor devices of control circuits shall also comply with the requirements of IEC 571.

2.3.2 Caractéristiques des transformateurs, inductances et condensateurs

Les caractéristiques des transformateurs et inductances de puissance utilisés dans les convertisseurs doivent être conformes aux prescriptions de la CEI 310. Celles des condensateurs doivent être conformes aux prescriptions de la CEI 384-4 et CEI 1071-1.

2.3.3 Caractéristiques des convertisseurs

2.3.3.1 Caractéristiques géométriques – Conformité aux dessins

Le convertisseur est défini par des dessins qui fixent notamment:

- ses constituants;
- ses points de fixation;
- les zones d'accessibilité;
- les points de préhension pour sa manutention;
- les raccordements électriques et aérauliques ou les raccordements au système de refroidissement;
- les dimensions et tolérances;
- la masse totale théorique.

NOTE – Une masse contractuelle et/ou la position du centre de gravité peuvent être spécifiées sur le dessin d'ensemble ou dans la spécification particulière.

2.3.3.2 Marquage

En l'absence d'accord particulier entre l'exploitant et le fabricant, le convertisseur est muni d'une plaque signalétique qui porte, au moins, les marques suivantes:

- la marque du fabricant;
- le numéro du dessin d'ensemble et/ou la désignation du type;
- le numéro de série du convertisseur;
- l'année de fabrication;
- la masse.

2.3.3.3 Bruit acoustique

Le bruit audible émis par le convertisseur définit une classe acoustique. La classe acoustique est définie par l'une des valeurs données dans le tableau 1.

Tableau 1 – Niveau de bruit

Classe	X	Y	Z			
Niveau de bruit L_{pA}	95	90	85			dB_A

Classe	A	B	C	D	E	
Niveau de bruit L_{pA}	80	75	70	65	60	dB_A

NOTE – Le niveau de bruit est défini par le paramètre: L_{pA} = Niveau de pression sonore pondérée par la surface.

Les méthodes d'essais sont définies au 2.4.6.11.

2.3.2 Characteristics of transformers, inductors and capacitors

The characteristics of power transformers and inductors used in convertors shall comply with the requirements of IEC 310. Those for capacitors shall comply with the requirements of IEC 384-4 and IEC 1071-1.

2.3.3 Characteristics of convertors

2.3.3.1 Geometrical characteristics – Conformity to drawings

The convertor is defined by means of drawings which specify in particular:

- components;
- fixing points;
- area of accessibility;
- gripping points for handling;
- electrical connections and air ducts or connections to cooling system;
- dimensions and tolerances;
- total theoretical mass.

NOTE – A contractual mass and/or position of the centre of gravity may be specified in the general drawing or by the particular specification.

2.3.3.2 Marking

In the absence of any agreement between user and manufacturer, the convertor is provided with a nameplate on which at least the following is inscribed:

- manufacturer's mark;
- number of main drawing and/or type designation;
- serial number of convertor;
- year of manufacture;
- mass.

2.3.3.3 Acoustic noise

Acoustic noise emitted by the convertor defines an acoustic class. The acoustic class is defined by one of the values given in table 1.

Table 1 – Noise level

Class	X	Y	Z			
Noise level L_{pA}	95	90	85			dB_A

Class	A	B	C	D	E	
Noise level L_{pA}	80	75	70	65	60	dB_A

NOTE – The noise level is defined by the parameter: L_{pA} = A-weighted surface sound-pressure level.

Test methods are defined in 2.4.6.11.

Dans le cas d'un convertisseur avec système de refroidissement séparé, si ce système n'est utilisé que pour le refroidissement du convertisseur, il est considéré comme une partie du convertisseur pour définir la classe acoustique. Les caractéristiques du niveau acoustique pour un équipement de traction (ou auxiliaire) ne sont pas définies dans cette norme. Il est nécessaire de considérer qu'après montage du convertisseur dans le véhicule, le niveau de bruit acoustique émis dépendra de son installation et des éventuelles précautions de montage. Les classes X, Y et Z ne sont autorisées qu'après accord entre l'exploitant et le constructeur ou si le bruit est diminué après montage ou pendant le fonctionnement.

2.3.3.4 Température de surfaces

La température des surfaces du convertisseur normalement accessibles sans aucun démontage, dans les conditions de refroidissement spécifiées (débit d'air s'il existe), ne doit pas excéder 60 °C, sauf si une autre valeur a été spécifiée par accord entre l'exploitant et le constructeur.

Si les conditions d'installation sont telles que la température de l'air de refroidissement est susceptible de provoquer une gêne, un accord entre l'exploitant et le constructeur doit préciser la température maximale admissible.

2.3.3.5 Compatibilité électrique et électromagnétique

Le courant d'entrée du convertisseur peut contenir des composantes alternatives dues soit aux composantes alternatives de la tension d'alimentation, soit au fonctionnement de l'équipement du véhicule.

Le convertisseur peut aussi produire des interférences électromagnétiques par rayonnement. Les interférences par conduction ou par rayonnement peuvent perturber la source de puissance, les télécommunications, le système de signalisation et d'autres équipements.

a) Interférences internes

Il est nécessaire de prendre en considération le fait qu'une partie du convertisseur peut interférer avec une autre partie. Le convertisseur doit fonctionner correctement dans un environnement d'interférence aux conditions définies. Les conditions doivent être spécifiées dans la spécification particulière.

b) Interférences avec le réseau d'alimentation

La caractéristique admissible (valeur du courant alternatif admissible en fonction de la fréquence) des composantes alternatives du courant d'entrée et si nécessaire la stratégie de surveillance doit faire l'objet d'un accord entre l'exploitant et le constructeur.

NOTE – Si des résonances se produisent dans le réseau d'alimentation, des mesures appropriées doivent être décidées d'un commun accord entre l'exploitant et le constructeur du véhicule.

c) Interférences avec les réseaux de radiocommunications et de télécommunications

Les convertisseurs peuvent causer des perturbations dans les réseaux de radiocommunications et de télécommunications. Quand cela est possible, les recommandations du CISPR et du CCITT sur la protection des réseaux de radiocommunications contre les interférences s'appliquent; dans le cas contraire, les définitions et les valeurs limites sont fixées par accord¹⁾ entre le constructeur et l'exploitant.

NOTE – Si une interférence est détectée, des mesures appropriées doivent être décidées d'un commun accord entre l'exploitant et le constructeur du véhicule.

¹⁾ Lorsque le véhicule ferroviaire est destiné à être utilisé sur plusieurs réseaux, l'accord doit tenir compte des prescriptions propres à chaque réseau.

In the case of a convertor with separate cooling system, if this system is only used for the convertor cooling, it is considered as a part of the convertor to define the acoustic class. The characteristics of the acoustic level for a traction (or auxiliary) equipment are not included in this standard. It is necessary to take into account that, after mounting the convertor on the vehicle, the emitted noise level will depend upon its location and any other precautionary measures. Classes X,Y and Z are only allowed by agreement between user and manufacturer or if the noise is decreased by installation or by operating conditions.

2.3.3.4 *Temperature of surfaces*

The temperature of the surfaces of the convertor normally accessible without any dismantling, in the specified cooling conditions (air flow if any), shall not exceed 60 °C, except if another value has been specified by agreement between user and manufacturer.

If the installation conditions are such that the temperature of the cooling air is liable to cause some discomfort, an agreement between user and manufacturer shall specify the admissible maximum temperature.

2.3.3.5 *Electrical and electromagnetic compatibility (EMC)*

The input current of the convertor may contain a.c. components caused by either the a.c. components of the supply voltage or the vehicle equipment operation.

The convertor may also produce electromagnetic interference by radiation. Interference by conduction or radiation may affect the power supply, the telecommunication, the signalling system and other equipment.

a) Internal interference

It is necessary to take into consideration that any part of a convertor may interfere with another part. The convertor shall operate properly within defined environmental interference conditions. These conditions shall be specified in the particular specification.

b) Interference with the supply system

The permissible characteristic (value of permissible a.c. current versus frequency) for a.c. current components of the input and surveillance strategy, if any, shall be agreed upon between user and manufacturer.

NOTE – In the event of resonances occurring in the supply network, appropriate measures will be decided upon by mutual agreement between user and manufacturer of the vehicle.

c) Interference with radio and telecommunication systems

The convertors can cause disturbance in the radio and telecommunication systems. Where possible, the CISPR and CCITT recommendations on protection of radio networks and telecommunication lines against interferences shall apply. If not applicable, the definitions and limiting values shall be agreed¹⁾ upon between user and manufacturer.

NOTE – Should interference be detected, appropriate measures should be decided upon by mutual agreement between user and manufacturer of the vehicle.

¹⁾ When rolling stock is intended to run on several railway networks, agreement has to take into account the requirements applicable to each network.

d) Interférences avec le réseau de signalisation

L'exploitant peut, si nécessaire, imposer des conditions supplémentaires en ce qui concerne l'interférence avec les réseaux de signalisation¹⁾, sous les formes suivantes:

- en plus de la caractéristique, objet du 2.3.3.5 b), l'exploitant peut spécifier une valeur maximale du courant susceptible d'apparaître à l'entrée du convertisseur, dû aux harmoniques provenant de la ligne d'alimentation et correspondant aux fréquences utilisées pour la signalisation. Le constructeur doit en tenir compte de façon que le courant d'interférence total (c'est-à-dire résultant de la superposition des interférences dues à la ligne et au véhicule) ne dépasse jamais le niveau spécifié au 2.3.3.5 b);
- en plus de la caractéristique, objet du 2.3.3.5 b), l'exploitant peut spécifier pour le convertisseur ou le véhicule une valeur minimale d'impédance additionnelle correspondant aux fréquences utilisées pour la signalisation.

2.3.3.6 *Caractéristiques mécaniques et aérauliques*

a) Robustesse

Le convertisseur doit être apte à assurer sa fonction en présence des chocs et vibrations définis au 2.1.1.4 et ne doit subir, dans ces conditions, aucune dégradation.

b) Etanchéité

Si l'étanchéité est spécifiée par l'exploitant, son degré de protection est choisi parmi ceux définis dans l'article 4 de la CEI 529.

c) Système de refroidissement

Il est nécessaire de définir dans la spécification particulière les interfaces du système de refroidissement entre le convertisseur et le véhicule.

2.3.3.7 *Caractéristiques électriques*

a) Grandeurs d'entrée

Le convertisseur doit pouvoir être connecté à l'une ou plusieurs des sources précisées aux 2.1.1.7 à 2.1.1.12.

Il est nécessaire d'indiquer dans la spécification particulière la plage de tension de la source pour laquelle la totalité des performances peut être réalisée.

L'exploitant doit préciser les caractéristiques des sources d'alimentation, en tenant compte des prescriptions des 2.1.1.7 à 2.1.1.12, l'impédance d'entrée et le courant d'appel du convertisseur.

La spécification particulière doit préciser les valeurs limites des courants harmoniques réjectés et leurs fréquences.

Le convertisseur, y compris ses dispositifs de protection et le filtre d'entrée s'il en existe, doit pouvoir supporter, sans dommage, les surtensions d'entrée spécifiées aux 2.1.1.8 d) et 2.1.1.9 d). L'exploitant doit indiquer si les dispositifs de protection utilisés doivent, ou non, être réarmables.

¹⁾ Lorsque le véhicule ferroviaire est destiné à être utilisé sur plusieurs réseaux, il convient que l'accord tienne compte des prescriptions propres à chaque réseau.

d) Interference to the signalling system

The user may specify additional requirements regarding interference with the signalling systems if necessary.¹⁾ This can be done in the following ways:

- in addition to the characteristic as specified in 2.3.3.5 b) the user may specify a maximum current value liable to appear at the input of the convertor due to superimposed a.c. harmonics from the supply line at the signalling frequencies. The manufacturer shall take this into account so that the total interference current (i.e. resulting in the superposition of interference from the line and the vehicle will never exceed the level specified in 2.3.3.5 b);
- in addition to the characteristic as specified in 2.3.3.5 b) the user may specify an additional minimum input impedance requirement for the vehicle or convertor at the signalling frequencies.

2.3.3.6 *Mechanical and cooling characteristics*

a) Robustness

The convertor shall be capable of operating in the presence of the shocks and vibrations specified in 2.1.1.4 and, in these conditions, shall not sustain any damage.

b) Sealing

If the sealing is specified by the user, its degree of protection shall be selected from those defined in clause 4 of IEC 529.

c) Cooling system

It is necessary to define the cooling interfaces between the convertor and vehicle in the particular specification.

2.3.3.7 *Electrical characteristics*

a) Input quantities

The convertor shall be capable of being connected to one or more of the supplies specified in 2.1.1.7 to 2.1.1.12.

It is necessary to indicate in the particular specification the range of supply voltage within which full performance may be achieved.

The user shall indicate the supply characteristics, taking into account the requirements of 2.1.1.7 to 2.1.1.12, input impedance and the in-rush current of the convertor.

The particular specification shall define the limit values of the generated harmonic line currents and their frequencies.

The convertor, including its protective devices and the input filter, if any, shall be able to withstand the input overvoltages as specified in 2.1.1.8 d) and 2.1.1.9 d), without damage. The user shall state whether or not the protective devices used are required to be resettable.

¹⁾ When rolling stock is intended to run on several railway networks, agreement should take into account the requirements applicable to each network.

b) Grandeurs de sorties

Les grandeurs de sortie doivent être précisées par une spécification particulière qui indique les valeurs assignées:

- de la puissance;
- de la tension;
- de la fréquence;
- du courant;

et leurs variations.

Les valeurs maximales pour une durée spécifiée et les valeurs permanentes doivent être indiquées également.

Si le convertisseur a des modes de fonctionnement différents de celui défini par les valeurs assignées ci-avant, cette spécification particulière doit préciser les valeurs assignées de ces modes, en puissance, en tension, en courant, en fréquence ainsi que les durées correspondantes.

Les caractéristiques en court-circuit et en circuit ouvert (courant de court-circuit, tension à vide) doivent être définies par accord entre le constructeur et l'exploitant.

c) Rendement

Le rendement (voir 1.3.7) est précisé dans la spécification particulière pour le point de fonctionnement défini par les caractéristiques assignées pour les conditions assignées d'alimentation (voir 2.1.1.7 à 2.1.1.12), et pour une température ambiante spécifiée.

d) Séparation électrique

La spécification particulière doit préciser si la séparation électrique de la source et de la charge est bien prévue dans le convertisseur.

e) Distance d'isolement et lignes de fuite

Les distances d'isolement et les lignes de fuite doivent être en accord avec les CEI 77 et CEI 664 en prenant en considération les différents niveaux de tension de service à l'intérieur du convertisseur.

2.3.3.8 Interfaces entre le convertisseur et l'unité de contrôle

Il est nécessaire de préciser dans une spécification particulière les interfaces entre le convertisseur (partie puissance) et l'unité de commande.

Les types d'interfaces sont au moins:

- interfaces matérielles:
 - signaux d'entrée pour la partie de puissance (signaux de commande des semi-conducteurs);
 - signaux de sortie de la partie puissance vers l'unité de commande (capteur et signalisation);
 - alimentation des allumeurs et capteurs;
 - mécaniques;
 - thermiques.
- interfaces fonctionnelles:
 - cette partie des interfaces doit décrire toutes les caractéristiques qui ont une influence pour définir le convertisseur de puissance [voir en 2.3.3.5 a)].

b) Output quantities

The output quantities shall be defined by a particular specification, which specifies the rated values:

- power;
- voltage;
- frequency;
- current;

and their variations.

The maximum values for a specified time and continuous values shall also be defined.

If the convertor has operating modes different from that defined by the rated values above, this particular specification shall define the rated values of these modes, power, voltage, current, frequency as well as the corresponding durations.

The characteristics on short circuit and on open circuit (short-circuit current, no-load voltage) shall be defined by agreement between manufacturer and user.

c) Efficiency

The efficiency (see 1.3.7) is defined by the particular specification for the operating point specified by the rated output characteristics, for the rated supply conditions (see 2.1.1.7 to 2.1.1.12) and for a specified ambient temperature.

d) Electrical isolation

The particular specification shall specify whether the convertor ensures electrical isolation between the supply and load.

e) Clearance and creepage distances

Clearance and creepage distances shall be defined in accordance with IEC 77 and IEC 664, taking into consideration the different working voltages within the convertor.

2.3.3.8 Interfaces between convertor and control unit

It is necessary to specify the interfaces between the convertor (power part) and the control unit.

At least, the types of interfaces may include:

- hardware interfaces:
 - input signals for power circuits (semiconductor control signals);
 - output signals from power circuit to control unit (sensor and alarm);
 - power supply of gate unit and sensor;
 - mechanical;
 - thermal.
- functional interfaces:
 - this part of the interface shall describe all characteristics which have an influence on the design of the power convertor [see 2.3.3.5 a)].

2.3.4 *Documentation technique*

La documentation technique et le programme de maintenance à fournir par l'exploitant et le constructeur doivent faire l'objet d'un accord particulier.

Cet accord doit porter sur la liste des documents et sur leur contenu.

2.4 *Essais*

2.4.1 *Généralités*

La présente norme est conçue de telle façon que la plupart des essais puissent normalement être effectués dans les ateliers du constructeur. En cas d'impossibilité, selon des modalités définies par accord entre l'exploitant et le constructeur, les essais peuvent être effectués dans un laboratoire spécialisé ou sur véhicule.

Les essais concernent essentiellement la partie puissance du convertisseur qui inclut les commandes de gâchette. Les commandes de gâchette et éventuellement d'autres équipements électroniques installés dans le compartiment de puissance doivent être essayés au préalable selon la CEI 571.

Pour les essais de convertisseurs, il est possible d'utiliser une électronique de commande équivalente à celle de l'équipement de série.

Cette norme n'inclut pas les essais combinés entre charge, convertisseur (partie puissance) et électronique de commande sauf pour certains essais de convertisseur auxiliaire. Les essais combinés seront définis dans d'autres publications. De même, cette norme n'inclut pas les essais de l'équipement de traction (ou auxiliaires) tel que défini en 1.3.13.

2.4.2 *Catégories d'essais*

Il existe trois catégories d'essais:

- a) les essais de type;
- b) les essais de série;
- c) les essais d'investigation.

Le constructeur doit fournir avant les essais de type et les essais de série un programme définissant les essais à réaliser selon la présente norme et les conditions particulières prévues au contrat. A la fin de l'essai de type le constructeur doit établir un rapport d'essai.

2.4.2.1 *Essais de type*

Les essais de type doivent être effectués pour vérifier qu'un produit satisfait aux conditions spécifiées et convenues entre l'exploitant et le constructeur.

Les essais de type doivent être exécutés sur un seul appareil d'un modèle et d'un procédé de fabrication donnés. Pour ces essais, en principe tous les composants du convertisseur doivent être identiques à ceux de série.

Si les méthodes d'essai nécessitent d'utiliser des composants différents de ceux de série, il est nécessaire de définir un accord entre l'exploitant et le constructeur.

2.3.4 *Technical documentation*

Technical documentation and maintenance schedule to be supplied by user and manufacturer are subject to specific agreement.

This agreement shall specify a list of items and contents.

2.4 *Tests*

2.4.1 *General*

This standard is so laid out that most of the tests can normally be carried out in the manufacturer's workshops. If this is impossible, according to defined methods by agreement between user and manufacturer, the tests can be carried out in a special laboratory or on vehicle.

The tests concern essentially the power part including gate unit. The gate unit and possibly some other electronic equipment mounted in the power compartment shall be previously tested in accordance with IEC 571.

For the convertor test, it is possible to use an electronic control unit equivalent to the serial equipment.

This standard does not include combined test between load, convertor (power part) and control unit, except for some tests of auxiliary convertor. These combined tests will be defined in other publications. Also this standard does not include tests of traction (or auxiliary) equipment as defined in 1.3 13.

2.4.2 *Categories of tests*

There are three categories of tests:

- a) type tests;
- b) routine tests;
- c) investigation tests.

Before type and routine tests, the manufacturer shall produce a programme showing tests to be carried out according to this standard and particular requirements included in the contract. At the end of the type tests the manufacturer shall establish a test report.

2.4.2.1 *Type tests*

Type tests shall be carried out to verify that a product will meet the requirements specified and agreed upon between user and manufacturer.

Type tests shall be carried out on a single unit of a defined design and manufacturing procedure. For these tests, in principle, all parts of the convertor shall be identical to the serial equipment.

If the methods of test necessitate the use of components different from those used for series products, it is necessary to have an agreement between user and manufacturer.

Si un convertisseur complet ou l'un de ses éléments constitutifs est identique ou similaire à un appareil essayé antérieurement, le constructeur peut présenter un procès-verbal des essais antérieurs couvrant au minimum les exigences contractuelles. Dans de tels cas, il n'est pas nécessaire, sauf convention contraire, de recommencer les essais respectivement sur le convertisseur complet ou les éléments constitutifs concernés.

Sous réserve d'accord préalable entre l'exploitant et le constructeur, certains de ces essais ou tous ces essais peuvent être répétés périodiquement sur les convertisseurs ou l'une de leurs parties prélevés sur la production ou les livraisons courantes, de façon à confirmer que la qualité du produit est toujours conforme aux conditions spécifiées.

L'exécution des essais de type facultatifs n'est exigible que si elle est prescrite dans la spécification particulière.

2.4.2.2 Essais de série

Les essais de série sont exécutés dans le dessein de vérifier que les propriétés d'un produit correspondent à celles qui ont été mesurées lors des essais de type. Les essais de série doivent être effectués par le constructeur, en principe sur chacun des équipements du même type.

L'exploitant et le constructeur peuvent accepter d'adopter une procédure d'essai différente (par exemple dans le cas de convertisseurs produits en grandes quantités selon une procédure d'assurance qualité conforme à l'ISO 9002). Ceci permet de réduire les essais de série sur tous les convertisseurs ou d'exécuter la totalité des essais sur un nombre réduit de convertisseurs choisis au hasard parmi ceux qui sont produits pour ce contrat.

L'exécution des essais de série facultatifs n'est exigible que si elle est prescrite dans la spécification particulière.

2.4.2.3 Essais d'investigation

Les essais d'investigation, qui ont pour but de donner des renseignements complémentaires sur les modalités d'utilisation du convertisseur, doivent faire l'objet d'un accord préalable entre l'exploitant et le constructeur. L'exécution de ces essais n'est exigible que si elle est expressément spécifiée à la commande.

Les résultats des essais d'investigation ne sont pas opposables à l'acceptation du matériel et ne peuvent entraîner l'application de pénalités.

2.4.3 Essais des composants et des sous-ensembles du convertisseur

Les composants et sous-ensembles des convertisseurs doivent subir, avant ou après montage dans celui-ci, les essais de type et de série prescrits dans les normes CEI correspondantes:

- élément à semi-conducteurs de puissance: CEI 747;
- électronique de commande et composants bas niveaux, inductances, transformateurs: CEI 571;
- transformateurs et inductances de puissance: CEI 310;
- condensateurs de puissance: CEI 384-4 et CEI 1071-1.

NOTE – La série des CEI 747 ne comporte pas actuellement de norme relative aux dispositifs de puissance à pouvoir d'extinction, aux transistors de puissance, aux thyristors à extinction par la gâchette (GTO) et aux thyristors à induction statique. Les essais des composants et sous-ensembles comportant de tels dispositifs doivent faire l'objet d'un accord entre l'exploitant et le constructeur.

If a complete convertor or one of its parts is identical with, or similar to, one previously tested, the manufacturer may supply a certificate of previous tests which shall at least cover the contractual requirements. In such cases, unless otherwise agreed, it is not necessary to repeat the tests respectively on the complete convertor or the parts concerned.

Subject to previous agreement between user and manufacturer, some or all of these tests may be repeated periodically on convertors, or one of their parts taken from current production or deliveries, so as to confirm that the product quality still meets the specified requirements.

Optional type tests are to be carried out only if they are stated in the particular specification.

2.4.2.2 *Routine tests*

Routine tests are carried out to verify that the properties of a product correspond to those measured in the type test. Routine tests shall be carried out by the manufacturer, in principle on all equipment of the same type.

User and manufacturer may agree to adopt an alternative test procedure (e.g. in the case of convertors produced in large quantities under a quality assurance procedure conforming to ISO 9002). This may permit reduced routine testing of all convertors or may require the full tests on a proportion of convertors chosen at random from those produced on the order.

Optional routine tests are to be carried out only if they are stated in the particular specification.

2.4.2.3 *Investigation tests*

Investigation tests, the object of which is to obtain additional information on methods of using the convertor, shall be subject to previous agreement between user and manufacturer. These tests are carried out only if they are expressly specified in the order.

The results of investigation tests may not be used as grounds for refusing acceptance of the equipment or to invoke penalties.

2.4.3 *Tests of convertor components and subassemblies*

Convertor components and subassemblies shall be subjected to the type tests and routine tests laid down by the relevant IEC standards, before or after assembly in the convertor:

- power semiconductor stacks: IEC 747;
- control electronic and low-current components, reactors, transformers: IEC 571;
- power transformers and inductors: IEC 310;
- power capacitors: IEC 384-4 and IEC 1071-1.

NOTE - The present IEC 747 series does not give standards for turn-off capable power devices, power transistor, gate turn-off thyristor (GTO) and static induction thyristor. Tests of convertor components and subassemblies using these turn-off capable power devices shall be carried out by agreement between user and manufacturer.

2.4.4 *Essais des convertisseurs*

Les essais de type et de série destinés à vérifier les caractéristiques générales des convertisseurs doivent être effectués conformément aux paragraphes énumérés dans le tableau 2 et détaillés en 2.4.6.1 à 2.4.6.23.

Les essais de série doivent être exécutés en usine. Le lieu où sont généralement exécutés les essais de type est indiqué dans le tableau 2.

Tous les essais des convertisseurs sont effectués à la température ambiante de l'atelier ou du véhicule. La température de chacun des essais de type doit être consignée dans le rapport d'essais.

2.4.5 *Liste des essais*

La liste des essais à appliquer aux convertisseurs est donnée dans le tableau 2. Cette liste constitue un minimum, elle peut être complétée par accord entre l'exploitant et le constructeur.

Des essais complémentaires sont définis en section 3 pour les convertisseurs de traction et en section 4 pour les convertisseurs auxiliaires. Ces essais sont réalisés en complément de ceux indiqués dans le tableau 2.

2.4.4 *Convertor tests*

Type tests and routine tests intended to verify general characteristics of convertors shall be carried out in accordance with the subclauses given in table 2 and detailed in 2.4.6.1 to 2.4.6.23.

Routine tests shall be carried out in the workshop. The location where generally the type tests are carried out is given in table 2.

All these tests on convertors shall be carried out at the ambient temperature of the workshop or vehicle. The temperature of each type test shall be recorded in the test report.

2.4.5 *List of tests*

The list of tests to be carried out on convertors is given in table 2. This list constitutes a minimum, it may be complemented by agreement between user and manufacturer.

Complementary tests defined in section 3 are related to traction convertors and in section 4 are related to auxiliary convertors. These tests are carried out in addition to those indicated in table 2.

Tableau 2 – Liste des essais

Nature de l'essai ou de la vérification	Lieu	Essai de type	Essai de série	Paragraphe
Examen visuel - vérification de l'aspect	usine ¹⁾	x	x	2.4.6.1
Dimension et tolérances	usine	x	2)	2.4.6.2
Pesage	usine	x ³⁾		2.4.6.3
Marquage	usine	x	x	2.4.6.4
Refroidissement	usine/véhicule ⁴⁾	x		2.4.6.5 a) et b)
Efficacité des filtres	usine/véhicule	x ³⁾		2.4.6.5 c)
Dispositif de protection et de mesure	usine	x	x	2.4.6.6
Dispositif d'allumage	usine	x	x	2.4.6.7
Fonctionnement à faible charge	usine	x	x	2.4.6.9
Commutation	usine/véhicule	x		2.4.6.10
Bruit acoustique	usine	x		2.4.6.11
Echauffement	usine	x		2.4.6.12
Détermination des pertes	usine	x		2.4.6.13
Surtension et énergie transitoire	usine	x		2.4.6.14
Variations brusques de charge	usine/véhicule	x ³⁾		2.4.6.15
Isolement	usine	x	x	2.4.6.16
Diélectrique	usine	x	x	2.4.6.17
Décharge partielle	usine	x ³⁾	x ³⁾	2.4.6.18
Onde de choc	usine	x ³⁾		2.4.6.19
Exigences de sécurité	usine	x		2.4.6.20
Vibrations et chocs	usine	x		2.4.6.21
Étanchéité	usine	x		2.4.6.22
Interférence	usine/véhicule	x		2.4.6.23
1) Usine: l'essai doit être exécuté en usine. 2) Certaines dimensions et tolérances peuvent, selon les dispositions de la spécification particulière, être vérifiées en essai de série. 3) Essai facultatif. 4) Usine/véhicule: l'essai peut être exécuté en usine ou sur le véhicule (voir 2.4.1).				

Table 2 – List of tests

Nature of test or inspection	Location	Type test	Routine test	Subclause
Visual inspection – aspect	WS ¹⁾	x	x	2.4.6.1
Dimension and tolerances	WS	x	2)	2.4.6.2
Weighing	WS	x ³⁾		2.4.6.3
Marking	WS	x	x	2.4.6.4
Cooling	WS/vehicle ⁴⁾	x		2.4.6.5 a) and b)
Effectiveness of filters	WS/vehicle	x ³⁾		2.4.6.5 c)
Protection and measuring device	WS	x	x	2.4.6.6
Trigger equipment	WS	x	x	2.4.6.7
Light load	WS	x	x	2.4.6.9
Commutation	WS/vehicle	x		2.4.6.10
Acoustic noise	WS	x		2.4.6.11
Temperature rise	WS	x		2.4.6.12
Power loss determination	WS	x		2.4.6.13
Supply overvoltage and transient energy	WS	x		2.4.6.14
Sudden variation of load	WS/vehicle	x ³⁾		2.4.6.15
Insulation	WS	x	x	2.4.6.16
Dielectric	WS	x	x	2.4.6.17
Partial discharge	WS	x ³⁾	x ³⁾	2.4.6.18
Impulse test	WS	x ³⁾		2.4.6.19
Safety requirements	WS	x		2.4.6.20
Vibration and shocks	WS	x		2.4.6.21
Sealing	WS	x		2.4.6.22
Interference	WS/vehicle	x		2.4.6.23
1) WS: the test shall be made in the workshop. 2) Some sizes and tolerances may be checked by a routine test, according to requirements of the particular specification. 3) Optional test. 4) WS/vehicle: the test may be made in the workshop or on the vehicle (see 2.4.1).				

2.4.6 Méthodes d'essais

2.4.6.1 Examen visuel: vérification de l'aspect (essai de type et de série)

L'examen visuel a pour but de vérifier que le convertisseur ne présente pas de défaut d'aspect et que les traitements de surface sont respectés.

L'examen visuel comporte également la vérification de la présence de tous les éléments constitutifs internes et d'interfaces électriques, mécaniques et aérauliques.

2.4.6.2 Vérification des caractéristiques dimensionnelles et des tolérances (essai de type)

Les dimensions et leurs tolérances doivent être vérifiées au moyen d'instruments de mesure usuels.

Les dimensions et leurs tolérances doivent respecter les prescriptions des dessins.

2.4.6.3 Pesage (essai de type facultatif)

Lorsque la masse est spécifiée, le convertisseur est pesé.

La valeur mesurée doit respecter les limites spécifiées de la valeur contractuelle (voir 2.3.3.1).

2.4.6.4 Vérification du marquage (essai de type et de série)

Le marquage doit être conforme aux prescriptions du 2.3.3.2.

2.4.6.5 Essais de refroidissement (essais de type)

Il existe deux cas:

- convertisseur avec système de refroidissement intégré;
- convertisseur avec système de refroidissement séparé.

Dans le cas d'un convertisseur avec système de refroidissement intégré, cet essai a pour objet de mesurer le débit du fluide de refroidissement traversant les différents organes concernés et de vérifier qu'il est conforme au débit spécifié.

Dans le cas d'un convertisseur avec système de refroidissement séparé, cet essai a pour objet de vérifier que la dépression à travers le convertisseur est conforme à la gamme spécifiée des valeurs.

a) Convertisseur avec système de refroidissement intégré

Lorsque le ou les groupes ventilateurs, pompes ou radiateurs font partie du convertisseur, les essais sont effectués:

- en plaçant le convertisseur dans les conditions aérauliques d'entrée ou de sortie spécifiées;
- en alimentant ce ou ces groupes:
 - 1) Sous la tension nominale U_{LN} et/ou la fréquence nominale;
 - 2) Sous la tension et/ou la fréquence correspondant à la valeur minimale spécifiée.

Le débit du fluide de refroidissement mesuré doit être conforme à celui spécifié par le constructeur.

NOTE – Dans certains cas, le débit peut être variable (par exemple lorsque le système de refroidissement est alimenté par l'énergie de freinage), des conditions particulières d'essai doivent faire l'objet d'un accord entre l'exploitant et le constructeur.

2.4.6 Description of tests

2.4.6.1 Visual inspection: verification of aspect (type test and routine test)

The object of the visual inspection is to prove that the convertor is free from physical defects and that surface treatments have been duly carried out.

It is necessary to check for the presence of any electrical, mechanical and cooling internal and interface parts.

2.4.6.2 Verification of dimensions and tolerances (type test)

Dimensions and their tolerances are checked by means of standard measuring devices.

Dimensions and their tolerances shall comply with those given on drawings.

2.4.6.3 Weighing (optional type test)

When the mass is specified the convertor shall be weighed.

Its measured value shall comply with the specified limits of the contractual value (see 2.3.3.1).

2.4.6.4 Marking inspection (type test and routine test)

The marking shall comply with the requirements of 2.3.3.2.

2.4.6.5 Cooling tests (type tests)

There are two possible cases:

- convertor with integrated cooling system;
- convertor with separate cooling system.

In the case of a convertor with an integrated cooling system, the object of this test is to measure the flow of cooling medium passing through the various components concerned and to verify whether it complies with the specified flow.

In the case of a convertor with a separate cooling system, the object of this test is to verify that the pressure drop across the convertor is in accordance with the specified range of values.

a) Convertor with integrated cooling system

When the fan, pump or radiator set(s) form(s) part of the convertor, the test shall be carried out:

- with the convertor having specified input and output cooling conditions;
- with power supplied to the set(s):
 - 1) at the nominal voltage U_{LN} and/or nominal frequency;
 - 2) at the voltage and/or frequency corresponding to the minimum value specified.

The measured flow of cooling medium shall be in conformity with that specified by the manufacturer.

NOTE - In some cases the flow can be variable (e.g. when using braking energy to supply the cooling system); these special conditions shall be agreed upon between user and manufacturer.

b) Convertisseur avec système de refroidissement séparé

Lorsque les groupes ventilateurs, pompes ou radiateurs ne font pas partie intégrante du convertisseur, les essais doivent être exécutés avec un groupe ventilateur, pompe ou radiateur approprié. Le débit et la pression du fluide caloporteur doivent être conformes aux valeurs spécifiées par le constructeur du convertisseur ou par la spécification particulière. La dépression doit être mesurée.

c) Essai de l'efficacité des filtres (essai de type facultatif)

Lorsque c'est nécessaire et après accord entre constructeur et exploitant, des essais doivent être effectués pour contrôler l'efficacité des moyens prévus dans le convertisseur pour réduire les entrées de poussière, de neige et d'eau. La méthode d'essai doit faire l'objet d'un accord entre l'exploitant et le constructeur.

2.4.6.6 Essais des dispositifs de protection et de mesure (essai de type et essai de série)

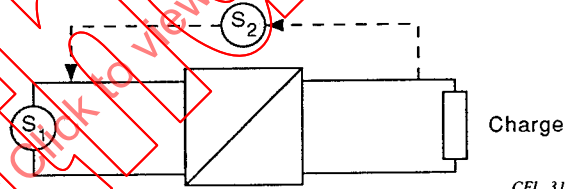
L'essai de type a pour but de vérifier le bon fonctionnement des dispositifs de protection et de mesure sur toute la plage de fonctionnement.

L'essai de série a pour but de vérifier la conformité du montage, les connections et le fonctionnement correct par un essai «passe, passe-pas».

2.4.6.7 Essai du dispositif d'allumage (essai de type et essai de série)

Cet essai a pour but de vérifier que les impulsions d'allumage sont conformes aux spécifications.

2.4.6.8 Montage pour les essais électriques en usine



CEI 315/95

Figure 10 - Convertisseur en essai

Les essais décrits en 2.4.6.9 à 2.4.6.14 peuvent être exécutés en utilisant le circuit d'essai de la figure 10.

Le circuit d'essai de la figure 10 est un exemple de circuit pouvant être utilisé pour l'exécution des essais en question. Conjointement aux descriptions d'essais, il a pour but de servir de base à un accord mutuel entre l'exploitant et le constructeur au moment des essais de l'équipement.

Dans le cas le plus général, le circuit d'essai comporte deux sources S1 et S2 à tensions variables réversibles faisant partie de l'équipement de l'atelier. S1 est une source d'alimentation de puissance extérieure. La charge peut être la charge spécifiée ou une charge simulée telle que: moteur, inductance/résistance, batterie, etc.

Si nécessaire, la puissance prélevée à la charge ou une partie de cette puissance, représentée par S2, peut être renvoyée sur l'entrée du convertisseur en essai, par un convertisseur (ou une génératrice) couplé avec la charge.

b) Converter with separate cooling system

When the fan, pump or radiator sets do not form a part of the converter, the tests shall be carried out with a suitable fan, pump or radiator set. The flow and pressure of cooling medium shall comply with the values specified by the manufacturer of the converter or by the particular specification. The pressure drop shall be measured.

c) Test of effectiveness of filters (optional type test)

When necessary and agreed upon by user and manufacturer, tests shall also be carried out to verify the effectiveness of the means provided in the converter to reduce the ingress of dust, snow and water. The test method shall be the subject of agreement between user and manufacturer.

2.4.6.6 Tests on protection and measuring devices (type test and routine test)

The object of the type test is to verify that the protection and measuring devices function correctly in the whole range of operating condition.

The object of the routine test is to verify the conformity of assembly, connections and the good working by a "go no-go" test.

2.4.6.7 Trigger equipment test (type and routine test)

The object of this test is to verify that the trigger pulses comply with the specifications.

2.4.6.8 Arrangement for electrical tests in the workshop

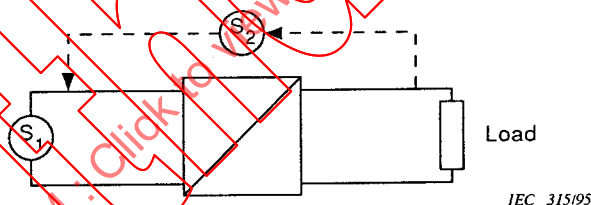


Figure 10 – Converter on test

The tests described in 2.4.6.9 to 2.4.6.14 can be carried out with a test circuit as shown in figure 10.

The test circuit indicated in figure 10 is one example of a circuit suitable for carrying out the tests described. In conjunction with the test descriptions, it is intended to establish a basis for mutual agreement between user and manufacturer when testing the equipment.

Generally the test circuit includes two reversible variable voltage sources S1 and S2, which form part of the workshop equipment. S1 is an external power supply source. The load can be the specified load or a simulated load such as: motor, reactor/resistance, battery, etc.

If necessary, the power taken from the load or a part of it, represented by S2 can be returned to the input of the converter under test, by a converter or a generator connected to the load.

2.4.6.9 Essais de fonctionnement à faible charge (essais de type et de série)

Cet essai a pour but de vérifier que le convertisseur est câblé correctement ainsi que le fonctionnement au courant assigné et la répartition du courant et/ou de la tension entre les différents semi-conducteurs si nécessaire. Cet essai est un essai de fonctionnement et n'est pas destiné à vérifier l'échauffement.

Pendant l'essai, le convertisseur est alimenté sous sa tension nominale et le courant de sortie est maintenu à sa valeur assignée, si nécessaire avec une puissance de sortie réduite.

Dans le cas d'un onduleur source de courant, le courant d'entrée est à sa valeur assignée et la tension de sortie est choisie de manière à obtenir une puissance de sortie réduite.

Dans le cas d'un redresseur à diode, l'essai peut être réalisé avec une tension d'entrée réduite avec le courant de sortie à sa valeur assignée. De plus, un essai sans charge sera réalisé avec la tension d'entrée à sa valeur nominale.

Si les conditions de réalisation de l'essai, ne permettent pas d'obtenir simultanément, la tension nominale d'entrée et le courant assigné de sortie, le courant de sortie pourra être réduit après accord préalable entre l'exploitant et le constructeur.

D'autres détails sont donnés pour chaque type de convertisseur dans les sections 3 et 4.

2.4.6.10 Essai en commutation (essai de type)

Cet essai a pour but de vérifier que le convertisseur peut commuter le courant instantané de sortie maximum spécifié.

La tension d'entrée est choisie pour appliquer les conditions les plus sévères aux semi-conducteurs (tension maximum pour les composants à pouvoir d'extinction et tension minimum pour les thyristors avec circuits de commutation).

Cet essai est déclaré satisfaisant si le courant de sortie commuté est supérieur à la valeur maximum spécifiée du convertisseur sans dommage sur aucun composant.

2.4.6.11 Mesure du bruit acoustique (essai de type)

a) Méthodes d'essai

La méthode d'essai est définie par la CEI 551 dans laquelle le mot «transformateur» sera remplacé par «convertisseur» et les paragraphes 2, 3, 4, 5.1, 5.2 [5.2.3 est exclu], 5.3, 6.1, 6.2 a) et l'annexe A seront pris en considération.

Si, durant les essais préliminaires, un écart de $N_{dB} > 10$ entre deux points de mesure est constaté, le nombre de points de mesures défini en 5.2 de la CEI 551 sera N .

b) Conditions de fonctionnement

Durant l'essai le convertisseur est en fonctionnement.

Pour un convertisseur auxiliaire le point de fonctionnement est défini par la puissance de sortie assignée. S'il existe des modes de fonctionnement particuliers, par exemple démarrage de moteur de compresseur, le mode de fonctionnement correspondant au niveau de bruit maximal sera déterminé par un essai préliminaire.

2.4.6.9 *Light-load test (type test and routine test)*

This test is carried out to verify that the convertor is correctly connected, the operation of the convertor at the rated current and the current or/and voltage sharing between valves where applicable. This test is an operating test and not intended for temperature rise.

During the test, the convertor is supplied at its nominal value and output current is kept at the rated value, where applicable, at reduced output power.

In the case of a current source inverter, the input current is supplied at its rated value and output voltage is chosen to obtain a reduced output power.

In the case of a diode rectifier, the test can be carried out with reduced input voltage at the rated output current. In addition, a test at nominal input voltage without load shall be carried out.

If it is difficult to obtain nominal supplied voltage and rated output current simultaneously, output current can be reduced under prior agreement between user and manufacturer.

Some other details are given for each type of convertor in sections 3 and 4.

2.4.6.10 *Commutation test (type test)*

This test is carried out to verify that the convertor will commute the maximum specified instantaneous output current.

The input voltage is chosen to apply the worst case conditions to the semiconductors (maximum voltage for turn-off power devices and minimum voltage for thyristors circuit commutation).

This test is declared successful if the switched output current is higher than the maximum specified value of the convertor, without damage to any component.

2.4.6.11 *Acoustic noise measurement (type test)*

a) Test methods

The method is defined in IEC 551 in which the term "transformer" will be replaced by "convertor" and the clauses and subclauses 2, 3, 4, 5.1, 5.2 [5.2.3 is excluded], 5.3, 6.1, 6.2 a) and appendix A shall be taken into consideration.

If, during preliminary tests, there is, between two measured points, a gap of $N_{dB} > 10$, the number of measured points defined in 5.2 of IEC 551 will be N .

b) Operating conditions

During the test, the convertor is operating.

For an auxiliary convertor the operating point is defined by the rated output power. If there are some particular operating modes, for example a starting motor-compressor, the mode corresponding to the maximum noise level will be defined by a preliminary test.

Pour un convertisseur de traction, les conditions de fonctionnement doivent faire l'objet d'un accord entre l'exploitant et le constructeur.

c) Conditions particulières

Dans certains cas, il est possible d'avoir des conditions particulières telles que:

- émergence de fréquence audible fixe;
- système de refroidissement avec plusieurs vitesses.

Les conditions d'essais ci-dessus et leurs valeurs doivent faire l'objet d'un accord entre l'exploitant et le constructeur.

2.4.6.12 Essai d'échauffement (essai de type)

Dans des conditions d'essai décrites au 2.4.6.8, on fait varier le courant du convertisseur selon le profil de charge spécifié dans les sections 3 et 4 ou bien on fait fonctionner le convertisseur aux conditions assignées avec un courant en régime établi équivalent.

Des thermomètres électriques (ou d'autres moyens de mesure de la température) doivent être montés, aux points de références spécifiés, sur le corps des semi-conducteurs et autres composants considérés comme assujettis au niveau le plus élevé de température et on recherche, au début de l'essai, celui qui donne l'indication maximale. Par la suite et pendant toute la durée de l'essai, on relève les indications de ce thermomètre ainsi que les températures du fluide de refroidissement à l'entrée (et à la sortie si nécessaire) du convertisseur. Pour les composants critiques d'accès difficile, tels que ceux d'un équipement refroidi par immersion dans un fluide caloporteur, la méthode ci-dessus peut être remplacée par une méthode mieux adaptée qui doit faire l'objet d'un accord entre l'exploitant et le constructeur.

Les valeurs mesurées sont corrigées en fonction de la différence entre la température ambiante maximale spécifiée et la température ambiante réelle du moment, en tenant compte si nécessaire, de toute non-linéarité du fluide de refroidissement.

La température des composants les plus critiques, corrigée s'il y a lieu comme indiqué ci-dessus, ne doit, à aucun moment, excéder la température limite spécifiée pour ces composants.

Les conditions de ventilation à utiliser pour cet essai doivent être conformes aux prescriptions du 2.4.6.5.

Dans le cas de convertisseurs à refroidissement naturel, l'essai décrit ci-dessus est exécuté en disposant les équipements dans des conditions similaires aux conditions réelles de fonctionnement. S'il s'agit d'équipements prévus pour être refroidis par la circulation d'air due au mouvement du véhicule sur lequel ils seront montés, le flux d'air forcé à utiliser pour l'essai doit être déterminé par un accord entre l'exploitant et le constructeur.

Dans le cas de convertisseurs de très grande puissance pour lesquels le cycle de service ne peut être reproduit en atelier, les valeurs appropriées de température déterminées par le calcul peuvent être vérifiées par des essais à puissance réduite ou par des essais exécutés sur des portions de circuit (parties du convertisseur). Les modalités de l'essai sont définies dans la spécification particulière.

For a traction convertor the operating conditions shall be defined between user and manufacturer.

c) Particular conditions

In some cases it is possible to have particular conditions such as:

- emergence of fixed audible frequency;
- cooling system with several speeds.

The related test conditions and relevant values shall be defined by agreement between user and manufacturer.

2.4.6.12 *Temperature-rise test (type test)*

Under the test conditions of 2.4.6.8, the convertor current shall be varied according to the load profile specified in sections 3 and 4 or shall be operated at rated conditions with an equivalent steady-state current.

Electrical thermometers (or other temperature measurement means) shall be mounted at the specified reference points on the bodies of semiconductors and other components considered to be liable to the maximum temperature rise and, at the start of the test, the one which gives the maximum reading shall be ascertained. Thereafter, and for the whole period of the test, readings of this thermometer shall be taken together with the temperatures of the cooling flow at the inlet (and outlet if necessary) of the convertor. The maximum temperature value reached by critical components having difficult accessibility, such as in an equipment designed to be cooled by immersed type system, the above test method may be replaced by a suitable method which shall be decided by agreement between user and manufacturer.

The readings obtained shall be corrected as a function of the difference between the specified maximum temperature and the actual ambient temperature, if necessary, taking into account any non-linearity of the cooling medium.

The temperature of the most critical components, corrected where necessary as indicated above, shall at no time exceed the specific temperature limit for these components.

The ventilation conditions to be used for this test shall be in accordance with those given in 2.4.6.5.

In the case of natural cooling convertors, the test described above shall be carried out by arranging the equipment so as to obtain conditions similar to the actual operating conditions. If the equipment is designed to be cooled by the air flow caused by the movement of the vehicle on which they will be mounted, the forced air flow used for testing shall be decided by agreement between user and manufacturer.

In the case of very high power convertors for which the duty cycle cannot be reproduced in the workshop, the appropriate values of temperature determined by calculation can be checked by reduced load tests or by sub-circuit (part of convertor) tests. The methods for carrying out this test shall be stated in the particular specification.

Après accord entre l'exploitant et le constructeur, les résultats obtenus au cours d'un tel essai doivent être vérifiés lorsque le véhicule est mis en service. Durant cet essai, le véhicule doit être soumis au cycle de service spécifié pendant un temps suffisamment long pour que la température d'équilibre soit atteinte.

Par ailleurs, les prescriptions du 2.3.3.4 sont vérifiées.

2.4.6.13 *Détermination des pertes (essai de type)*

Cet essai est exécuté dans le but de calculer le rendement.

Les pertes dans les convertisseurs peuvent être déterminées, après accord, entre l'exploitant et le constructeur, soit par des calculs fondés sur des mesures (méthode des pertes séparées, voir CEI 146) soit par des mesures directes. Pour des parties d'équipement déjà testées et d'un usage courant («standard»), il est possible de remplacer l'essai par des calculs basés sur des essais antérieurs.

Les résultats peuvent être présentés sous forme de diagramme donnant les pertes dans les différents régimes de fonctionnement.

Le rendement doit être conforme aux prescriptions du 2.3.3.7 c).

2.4.6.14 *Essai de surtension d'alimentation et d'énergie transitoire (essai de type)*

Il est recommandé d'exécuter cet essai en utilisant une méthode appropriée, définie par accord entre l'exploitant et le constructeur.

Si l'exploitant l'accepte, cet essai peut être remplacé par des calculs présentés par le constructeur, justifiant l'aptitude du convertisseur à répondre aux exigences spécifiées au 2.3.3.7 a).

2.4.6.15 *Essais de variations brusques de charge (essais de type facultatifs)*

Les équipements d'autoprotection, lorsqu'ils existent, doivent être en service.

Ces essais sont exécutés sur le convertisseur, soit dans l'atelier du constructeur, soit après montage sur le véhicule terminé du modèle concerné. Pour cet essai l'électronique de commande de série doit être utilisée.

La tension d'essai doit être choisie par accord entre l'exploitant et le constructeur.

La méthode de l'essai est décrite dans les sections 3 et 4.

Deux types d'essai peuvent être réalisés:

- l'essai en court-circuit;
- l'essai de coupure de charge.

2.4.6.16 *Essai de résistance d'isolement (essais de type et de série)*

Cet essai a pour but de vérifier la valeur spécifiée de la résistance d'isolement. Cette valeur et les conditions de mesure sont fournies dans la spécification particulière.

Dans le cas où le convertisseur assure la séparation électrique (voir 2.3.3.7 d)), cette fonction est vérifiée avec une méthode devant faire l'objet d'un accord entre l'exploitant et le constructeur.

On agreement between user and manufacturer, the results obtained from such a test shall be verified when the vehicle is put into service. During this test, the vehicle shall be subjected to the specified duty cycle long enough to reach a temperature balance.

Moreover, the requirements of 2.3.3.4 shall be verified.

2.4.6.13 *Power loss determination (type test)*

This test is carried out to calculate the efficiency.

The losses in the convertor can be determined after agreement between manufacturer and user, either by calculation based on measurements (method of separate losses, see IEC 146) or by direct measurements. For parts of equipment already tested and in current use ("standard"), it is possible to replace the test by a calculation based on previous measurements.

Results can be presented in diagram form showing losses in relation to the various operating conditions.

The efficiency shall be in accordance with the requirements of 2.3.3.7 c).

2.4.6.14 *Supply overvoltage and transient energy test (type test)*

It is recommended that this test be carried out by a suitable method as agreed between user and manufacturer.

If the user agrees, this test can be replaced by calculations presented by the manufacturer, proving the ability of the convertor to meet the requirements specified in 2.3.3.7 a).

2.4.6.15 *Sudden variations of load tests (optional type test)*

The devices for self-protecting, if any, shall be connected.

The convertor shall be tested either in manufacturer's workshop or after mounting on a complete vehicle of the design concerned. For this test the serial control unit has to be used.

The test voltage shall be chosen by agreement between user and manufacturer.

The test method is described in sections 3 and 4.

Two types of test can be carried out:

- short-circuit test;
- load-break test.

2.4.6.16 *Insulation resistance test (type and routine test)*

This test is carried out to verify the specified value of insulation resistance. This value and the conditions of measurement are given in the particular specification.

In the case where the convertor ensures the electrical isolation (see 2.3.3.7 d)), this function is checked by a method agreed between user and manufacturer.

2.4.6.17 Essais diélectriques (essais de type et de série)

Les essais diélectriques n'ont pour but que de vérifier l'état correct de l'isolement d'un convertisseur complètement assemblé. Ils ne sont pas destinés à vérifier l'isolement des composants élémentaires ni les lignes de fuite.

Les bornes principales du convertisseur aussi bien que les bornes d'anode, cathode et gâchette de tous les dispositifs semi-conducteurs doivent être reliées entre elles.

Les disjoncteurs et contacteurs des circuits principaux, s'ils existent, doivent être fermés ou court-circuités.

Les composants ou sous-ensembles qui n'ont pas de liaison métallique avec les circuits principaux (par exemple l'équipement de contrôle, moteurs et ventilateurs) doivent être connectés à la masse durant les essais diélectriques. Si des composants ou des sous-ensembles assurent l'isolement entre différents niveaux de tension (par exemple transformateur d'impulsions, transducteur, etc.) les bornes qui sont à la plus basse tension doivent être connectées à la masse et les autres bornes doivent être essayées avec le circuit principal en essai.

Les essais doivent être effectués à la température ambiante.

La tension d'essai à la fréquence nominale 50 Hz ou 60 Hz doit être de forme pratiquement sinusoïdale et doit être augmentée régulièrement jusqu'à la valeur maximale dans un temps minimal de 10 s.

Si l'essai en tension alternative ne peut pas être réalisé, un essai en tension continue ayant la valeur de crête de la tension d'essai U_p donnée en 2.4.6.17 c) peut être réalisé. Cette tension sera également augmentée régulièrement jusqu'à la valeur maximale dans un temps minimal de 10 s.

Dans tous les cas, le temps d'application de la tension U_p est fixé à 1 min.

- a) Essai diélectrique des convertisseurs avec des parties installés séparément

Chacune des parties du convertisseur doit être essayée séparément ou connectée entre elles avant livraison selon les recommandations suivantes.

- b) Essai diélectrique des convertisseurs montés dans une seule enveloppe

- 1) Convertisseur direct

La tension d'essai, selon le 2.4.6.17 c) est appliquée entre les bornes connectées ensemble et l'enveloppe.

- 2) Convertisseur indirect et système de convertisseur

Chaque partie du convertisseur peut être essayée séparément avec une tension d'essai différente. La tension d'essai, selon le 2.4.6.17 c) est appliquée entre les bornes connectées ensemble de la partie qui est essayée et l'enveloppe. Toutes les autres bornes sont connectées à la masse durant cet essai.

- c) Tension d'essai

L'essai selon le 2.4.6.17.b) est réalisé avec une tension d'essai efficace égale à:

$$U_p = \frac{2 U_m}{\sqrt{2}} + 1\,000 \text{ V}$$

où U_m est la valeur maximale répétitive de la tension de crête entre n'importe quelle paire de bornes concernées.

2.4.6.17 Dielectric test (type test and routine test)

Dielectric tests are carried out only to verify the correct state of the insulation of a completely assembled convertor. They are not carried out to verify the insulation of the elementary components and also the creepage distances.

The main terminals of the convertor, as well as the anode, cathode and gate terminals of all semiconductor devices, shall be connected to each other.

Switchgear and contactors in main circuits, if any, shall be closed or short-circuited.

Components or subassemblies not metallically connected to main tested circuits (e.g. control circuits, motors or fans) shall be earthed during the dielectric tests. If components or subassemblies ensure the insulation between different levels of voltage (e.g. pulse transformer, transducers, etc.) the terminals which have the lowest voltage shall be connected to the ground and the other terminal shall be tested with the main circuit.

The tests shall be carried out at ambient temperature.

The test voltage at a frequency of 50 Hz or 60 Hz shall be approximately sinusoidal form and shall be increased to the full value in not less than 10 s continuously.

If an a.c. test voltage cannot be applied, a d.c. test voltage can be used having the peak value of the r.m.s. test voltage U_p given by the formula in 2.4.6.17 c). This voltage shall also be increased to the full value in not less than 10 s continuously.

In all cases, the voltage U_p shall be applied for 1 min.

a) Dielectric test of convertor equipment with parts installed separately

All equipment parts are to be tested separately or connected to each other before delivery according to the following recommendations.

b) Dielectric test of convertor arranged in a single housing

1) Direct convertor

The test voltage, in accordance with 2.4.6.17 c) is applied between the terminals connected together and the housing.

2) Indirect convertor and convertor system

Each part of the convertor can be tested separately with a different test voltage. The test voltage, in accordance with 2.4.6.17 c) is applied between the terminals connected together to be tested and the housing. All other terminals are connected to earth during this test.

c) Test voltage

The test according to 2.4.6.17 b) is carried out with a test voltage having an r.m.s. value of:

$$U_p = \frac{2 U_m}{\sqrt{2}} + 1\,000 \text{ V}$$

where U_m is the highest peak repetitive working voltage between any pair of concerned terminals.

Si pour une quelconque raison, il est nécessaire de répéter l'essai diélectrique du convertisseur, la valeur de la tension pour ce deuxième essai doit tenir compte du fait que les essais diélectriques affectent la qualité de l'isolation. Une possibilité est de réduire la valeur à 85 % de U_p .

2.4.6.18 Essai de décharges partielles (essai facultatif de type et de série)

Cet essai est exécuté pour vérifier l'isolement des composants élémentaires et des sous-ensembles.

Il est recommandé de réaliser cet essai pour les équipements travaillant sous 1 500 V ou plus et spécialement pour les nouveaux composants et sous-ensembles de semi-conducteur ayant une nouvelle technologie d'isolement.

L'exploitant ou le constructeur doit définir la liste de composants ou sous-ensembles qui doivent être essayés.

La CEI 270 donne des méthodes d'essais et de calibration et décrit certains types de circuits d'essai.

Parmi ces méthodes d'essai, il est recommandé d'utiliser celle définie ci-après.

- Méthode d'essai d'isolement par un solide (voir figure 11):

Une tension efficace alternative (50 Hz ou 60 Hz) de valeur égale à $1,5 U_m$ ou plus est appliquée pendant le temps t_1 d'une minute après un intervalle de 10 s pour atteindre cette valeur. Pendant ce temps t_1 , un certain nombre de décharges partielles peuvent être observées.

Après t_1 , la tension est réduite à $1,1 U_m$ en 10 s. Cette tension est appliquée pendant le temps t_2 de 30 s. Durant les dernières 5 s le niveau de décharges partielles est mesuré.

Généralement pour un composant, la valeur acceptable est d'environ 10 pC et pour un sous-ensemble d'environ 50 pC.

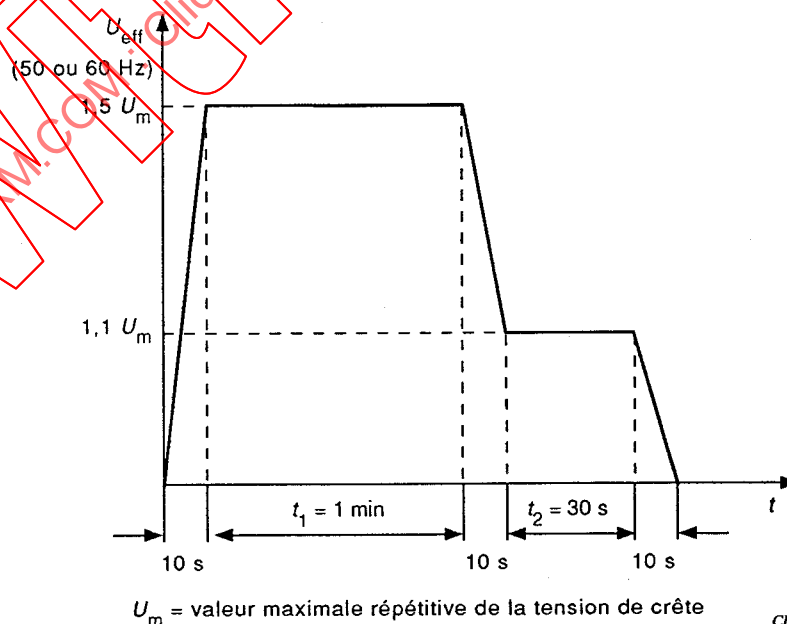


Figure 11 – Tension d'essai de décharges partielles

If, for any reason, it is necessary to repeat the dielectric test of the convertor, the value of voltage for the second test shall take into consideration that the dielectric test affects the quality of the insulation. One possibility is to reduce the value to 85 % of U_p .

2.4.6.18 Partial discharge test (optional type and optional routine test)

This test is carried out to verify the insulation of elementary components or subassemblies.

It is recommended to carry out this test for equipment working at 1 500 V or more and especially for new components and for semi-conductor subassemblies with a new insulating technology.

The user or manufacturer shall define the list of components or subassemblies submitted for these tests.

IEC 270 gives test and calibration methods, and describes some types of test circuits.

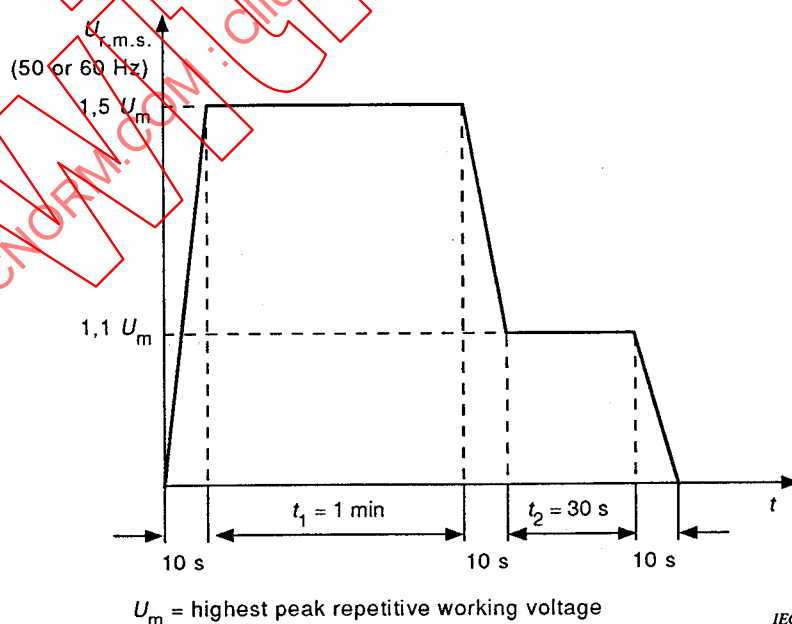
Among these test methods, it is recommended to use the following.

- Test method for solid insulation (see figure 11):

An r.m.s. a.c. voltage (50 Hz or 60 Hz) equal to $1,5 U_m$ or higher is applied during the time t_1 (1 min) after 10 s to attain this value. During this time t_1 , some partial discharges may be observed.

After t_1 , the voltage is decreased to $1,1 U_m$ in 10 s. The voltage is applied during the time t_2 (30 s). During the last 5 s, the level of partial discharge is measured.

Generally for a component a suitable value is about 10 pC and for subassemblies about 50 pC.



IEC 316/95

Figure 11 – Partial discharge test voltage

2.4.6.19 Essai aux ondes de chocs (essai de type facultatif)

Si, par suite de conditions d'exploitation particulières entraînant des surtensions de courtes durées dues, par exemple, aux influences atmosphériques, un essai aux ondes de choc a été prévu à la spécification particulière, les modalités d'exécution de cet essai doivent faire l'objet d'un accord entre l'exploitant et le constructeur, prenant en compte les circuits d'entrée (transformateur, filtre, circuit de protection, etc.) s'ils existent.

2.4.6.20 Vérification des exigences de sécurité (essai de type)

La spécification particulière précise les exigences de sécurité auxquelles doit répondre le convertisseur. Les modalités d'exécution des essais doivent faire l'objet d'un accord entre l'exploitant et le constructeur.

De plus, il convient d'attirer l'attention sur le fait que les capacités peuvent présenter des tensions dangereuses, pendant un certain temps après la mise hors tension du convertisseur. La spécification particulière doit préciser les dispositions applicables.

2.4.6.21 Essais de tenue aux vibrations et aux chocs (essais de type)

Le convertisseur complet ou l'un de ses sous-ensembles, muni de ses auxiliaires et de ses accessoires de montage (y compris ses dispositifs amortisseurs, si le convertisseur est prévu pour être monté sur de tels dispositifs), doit être soumis aux essais des 2.4.6.21 a) à 2.4.6.21 c) ci-après. Dans le cas où la masse ou la conception du convertisseur ne permettent pas d'effectuer les essais de vibrations, ceux-ci sont effectués sur certains des sous-ensembles du convertisseur, selon accord entre l'exploitant et le constructeur.

Pour les essais des 2.4.6.21 a) à 2.4.6.21 c), l'équipement en essai est fixé, dans la position convenable, sur une machine provoquant des vibrations sinusoïdales d'amplitude et de fréquence réglables.

Durant l'essai, tous les composants de l'équipement sont contrôlés en utilisant un stroboscope pour détecter toute résonance des composants ou du montage, les couvercles et plaques devant être démontés autant que nécessaire pour permettre le contrôle complet.

NOTE – S'il y a un accord entre l'exploitant et le constructeur, il n'est pas nécessaire d'effectuer l'essai à des fréquences inférieures à 3 Hz.

a) Recherche des fréquences de résonance

En vue de rechercher l'existence éventuelle de fréquences critiques provoquant des résonances, on fait varier progressivement la fréquence dans toute la gamme indiquée en 2.1.1.4 et cela dans un temps au moins égal à 4 min, l'amplitude des oscillations étant celle qui est indiquée en fonction de la fréquence.

b) Essais de vibrations soutenues

L'équipement en essai est ensuite soumis, pendant un temps à fixer par accord entre l'exploitant et le constructeur mais non inférieur à 15 min, à un essai de vibrations soutenues:

- soit à la fréquence critique, si une telle fréquence bien caractérisée a été détectée au cours de l'essai du 2.4.6.21 a);
- soit à la fréquence de 10 Hz, dans le cas contraire.

Dans les deux cas, l'amplitude de la table vibrante est réglée à la valeur correspondant à la fréquence considérée (voir 2.1.1.4).

Après accord entre l'exploitant et le constructeur, l'équipement en essai peut être soumis, à titre d'investigation à un essai de vibrations soutenues pendant une durée plus longue (25 h à 50 h).

2.4.6.19 *Impulse test (optional type test)*

If, to meet special operating conditions of short-time overvoltage due, for example, to atmospheric influences, an impulse test has been specified in the particular specification, the method of execution of this test shall be agreed upon between user and manufacturer, taking into consideration the input circuit (transformer, filter, protective device, etc.), if any.

2.4.6.20 *Inspection of safety requirements (type test)*

The particular specification specifies the safety requirements which the convertor shall meet. The methods for performing tests shall be agreed upon between user and manufacturer.

Moreover, attention should be paid to the fact that dangerous voltages can be present in the capacitors for a certain time after switching off the convertor. The particular specification shall state the relevant arrangements.

2.4.6.21 *Tests for withstanding vibrations and shocks (type tests)*

The complete convertor or one of its subassemblies together with its mounting arrangements and auxiliaries (including shock-absorbing devices, if the convertor is designed for mounting on such devices) shall be subjected to the tests given in 2.4.6.21 a) to 2.4.6.21 c) below. When the convertor mass or design does not permit vibration tests, these shall be carried out on certain convertor subassemblies, as agreed between user and manufacturer.

For the tests given in 2.4.6.21 a) to 2.4.6.21 c), the equipment on test shall be secured in a suitable position to a machine producing vibrations of sinusoidal form with adjustable amplitude and frequency.

All parts of the equipment will be inspected during test using a strobe light to determine any component and mounting resonances. Covers and inspection plates will be removed as necessary to facilitate full inspection.

NOTE - If there is an agreement between user and manufacturer, it is not necessary to carry out the test at frequencies lower than 3 Hz.

a) Determination of resonant frequencies

In order to determine the possible existence of critical frequencies producing resonance, the frequency shall be varied progressively over the whole range mentioned in 2.1.1.4 within a time of not less than 4 min, the amplitude of the oscillations being that indicated as a function of the frequency.

b) Tests with forced vibrations

The equipment being tested is next subjected to a test with forced vibrations for a time of not less than 15 min, to be agreed upon between user and manufacturer:

- either at the critical frequency, if such a well-defined frequency has been detected during the test of 2.4.6.21 a);
- otherwise at a frequency of 10 Hz.

In both cases, the amplitude of the vibrating table is adjusted to the value corresponding to the frequency concerned (see 2.1.1.4).

Subject to agreement between user and manufacturer, the equipment being tested can be subjected, as an investigation test, to forced vibrations for a longer period (25 h to 50 h).

c) Essais simulant l'effet des coups de tampon

Dans la direction correspondant au déplacement longitudinal du véhicule sur lequel il sera monté, le convertisseur doit être soumis à une série de trois chocs successifs, correspondant chacun à une accélération maximale de 30 m/s^2 .

d) Résultats des essais

Les essais sont considérés comme satisfaisants s'ils ne donnent lieu à aucune détérioration ni à aucun fonctionnement anormal.

L'équipement ainsi essayé doit pouvoir subir avec succès les essais électriques et, en particulier, les essais d'isolement.

2.4.6.22 Essai d'étanchéité (essai de type)

Si un essai d'étanchéité est prévu dans la spécification particulière, les modalités d'exécution de cet essai sont celles définies par l'article 8 de la CEI 529, pour le degré de protection spécifié au 2.3.3.6 b).

2.4.6.23 Essai d'interférence (essai de type)

Cet essai doit être exécuté pour les modes caractéristiques spécifiés de fonctionnement du convertisseur monté sur le véhicule (par exemple: traction, freinage, pour un convertisseur de traction).

a) Essai d'interférence interne (essai de type)

Cet essai a pour but de s'assurer du fonctionnement correct de l'équipement en présence de perturbations émises par les sources possibles de perturbations. En attendant l'établissement de règles¹⁾ cet essai peut être, par exemple, exécuté comme suit:

- faire fonctionner en séquence tous les contacteurs, relais et autres sources possibles de perturbations des circuits de commande, de traction et des auxiliaires du véhicule, pour s'assurer qu'il n'y a aucune interférence électrique nuisible avec les circuits de commande du convertisseur, cette interférence pouvant être due à un captage électromagnétique ou électrostatique.

NOTE - Au moyen de cet essai, on vérifie non seulement le convertisseur, mais également la conception correcte du véhicule dans son ensemble. Cet essai est considéré comme faisant partie des recommandations relatives au convertisseur, jusqu'à ce que des essais équivalents soient spécifiés dans les règles applicables au véhicule.

b) Essai d'interférences externe (essai de type)

Cet essai a pour but de confirmer que les courants perturbateurs et les interférences rayonnées produits par le convertisseur sont inférieurs au niveau indiqué dans la spécification particulière. Les détails de cet essai doivent être fixés par accord entre l'exploitant et le constructeur. Dans la mesure du possible, on doit prendre en considération les règles du CCITT et du CISPR.

Les valeurs limites des courants harmoniques réjectés doivent respecter les prescriptions des 2.3.3.5 b) à 2.3.3.5 d). Si une impédance d'entrée spécifique est définie dans la spécification particulière, cette valeur doit être démontrée par calcul.

En complément, il est nécessaire de réaliser un essai sur le véhicule selon les prescriptions de la CEI 1133.

¹⁾ A l'étude au sein du comité technique 77 de la CEI.

c) Tests to simulate the effect of shunting shocks

The convertor shall be subjected to a series of three successive shocks in the direction corresponding to the longitudinal movement of the vehicle on which it is to be mounted each corresponding to a maximum acceleration of 30 m/s^2 .

d) Results of tests

The tests are considered to be satisfactory, if there is no resulting damage or abnormality during operation.

The equipment so tested shall be able to withstand the electrical tests and, in particular, the insulation tests.

2.4.6.22 *Sealing test (type test)*

If a sealing test is stipulated in particular specification, it shall be performed according to clause 8 of IEC 529, for the protective degree of protection specified in 2.3.3.6 b).

2.4.6.23 *Interference test (type test)*

This test shall be carried out for the stated characteristic modes of operation of the convertor mounted on the vehicle (e.g. motoring, braking for a traction convertor).

a) Internal interference test (type test)

This test is to ensure that the equipment is working correctly in presence of emission from possible sources of noise. Until general rules¹⁾ become available, this test may be carried out, for example, as follows:

- all contactors, relays and other possible sources of noise of the traction control circuits, on the vehicle, shall be operated in sequence to ensure that there is no harmful electrical interference with the convertor control circuits due to electro-magnetic or electrostatic pick-up.

NOTE - By this test not only the convertor but also the proper design of the complete vehicle is verified. This test is considered part of the convertor recommendations until equivalent tests are specified in the applicable vehicle recommendations.

b) External interference test (type test)

This test is to confirm that the noise currents and radiated interferences produced by the convertor are less than the level given in the particular specification. The details of this test shall be agreed upon between user and manufacturer. As far as is possible, the respective CCITT and CISPR rules shall be taken into consideration.

The limiting values of generated harmonic currents shall comply with the requirements of 2.3.3.5 b) to 2.3.3.5 d). If a specified input impedance is defined in the particular specification this value shall be proven by calculation.

In addition, it is necessary to carry out a test on the vehicle in accordance with IEC 1133.

¹⁾ Under consideration in IEC technical committee 77.

Section 3: Convertisseurs de traction

Cette partie de la norme s'applique aux convertisseurs dont la fonction principale est d'alimenter les moteurs de traction d'un véhicule ou de la rame.

Pour ce type de convertisseur, cette section associée aux sections 1 et 2, doit être appliquée.

Les essais spécifiés dans cette section s'ajoutent à ceux qui sont spécifiés dans le tableau 2 de la section 2.

3.1 Caractéristiques

3.1.1 Profil de charge

Le profil de charge [courant en fonction du temps¹⁾] est le cycle répétitif du courant de charge ou toutes autres conditions spécifiées telles que démarrage ou freinage. Le profil de charge doit être défini à la tension d'entrée spécifiée.

Le cycle peut être un cycle théorique: accélération, vitesse constante, freinage, arrêt, ou le cycle spécifié pour le véhicule dans lequel le convertisseur est monté. Généralement, ce cycle est défini pour la tension nominale d'entrée en mode traction; dans les autres cas tels que le freinage, il est nécessaire de donner la valeur spécifique dans la spécification particulière.

Le profil de charge est utilisé pour calculer les contraintes les plus critiques, pour les composants concernés et pour définir les conditions de l'essai d'échauffement (voir 2.4.6.12).

3.1.2 Séparation électrique

Généralement, le convertisseur de traction n'assure pas la séparation électrique entre la source et la charge.

3.2 Redresseur pour moteur à courant continu

Ce paragraphe est applicable au convertisseur direct dont le schéma principal est un redresseur tel que défini en 2.2.1.

3.2.1 Caractéristiques

3.2.1.1 Tension de sortie

La tension théorique maximum et minimum de sortie au courant assigné doit être calculée en utilisant la valeur assignée des réactances de fuite du transformateur et de la tension alternative de la ligne. Pour calculer de façon plus précise la valeur maximum et minimum de tension de sortie, il est nécessaire de prendre en considération l'impédance et la tension à vide de la ligne.

¹⁾ Selon le type de convertisseur utilisé il est nécessaire de fournir la fréquence en fonction du temps ou la tension en fonction du temps.

Section 3: Traction convertors

This section of the standard is applicable to convertors which have as the main function to supply the traction motors of the vehicle or the train.

For this type of convertor, this section along with sections 1 and 2 is to be applied.

Tests specified in this section are in addition to those specified in section 2, table 2.

3.1 Characteristics

3.1.1 Load profile

Load profile [current versus time¹⁾] is the repetitive cycle of the load current or other specified conditions such as starting or braking. The load profile shall be defined at a specified input voltage.

The cycle can be a theoretical traction cycle: acceleration, constant speed, braking, stop, or the specified cycle for the vehicle in which the convertor is mounted. Generally, this cycle is defined for nominal input voltage for traction and in other cases such as braking, it is necessary to give the specific value in the particular specification.

This profile is used to calculate the worst case conditions of components involved and to define the conditions of temperature rise test (see 2.4.6.12).

3.1.2 Electrical isolation

Generally, the traction convertor does not provide the isolation between the supply and the load.

3.2 Rectifier for d.c. motor

This clause is applicable to the direct convertor where the main circuit-diagram is a rectifier as defined in 2.2.1.

3.2.1 Characteristics

3.2.1.1 Output voltage

The maximum and minimum output theoretical voltage at rated current shall be calculated using the rated value of transformer leakage reactance and a.c. line voltage. To calculate more accurately the practical value of maximum and minimum output voltage, it is necessary to take into account the line impedance and no-load voltage.

¹⁾ In accordance with the type of convertor used it is necessary to provide frequency versus time or voltage versus time.

3.2.1.2 Interfaces entre moteur et convertisseur

Les caractéristiques des moteurs de traction sont traitées par la CEI 349.

Il est nécessaire de déclarer dans une spécification particulière agréée par les constructeurs du moteur et du convertisseur les interfaces entre le moteur et le convertisseur incluant les caractéristiques suivantes:

- les valeurs caractéristiques des grandeurs de sortie du convertisseur (valeurs assignées, variations, etc.):
 - impédance complémentaire (réactance de lissage),
 - courant permanent,
 - courant maximum tenant compte du profil de charge,
 - courant crête,
 - tension,
 - fréquence;
- les valeurs caractéristiques du moteur (valeurs assignées, variations, etc.):
 - puissance permanente,
 - tension ou f.e.m. (en fonction de la vitesse en traction et en freinage),
 - courant,
 - ondulation maximum admissible du courant tenant compte du profil de charge,
 - type de moteur à courant continu (série, compound, etc.),
 - impédance ou schéma équivalent en fonction de la fréquence,
 - caractéristiques inducteur,
 - tension entre sorties moteur et masse,
 - profil de charge.

3.2.1.3 Conditions de défaut et court-circuit

Les défauts du moteur (c'est-à-dire les flashes) ont des incidences sur le convertisseur, de même ceux du convertisseur (défaillance de semi-conducteur, non commutation, etc.), peuvent en avoir sur le moteur.

Ces défauts doivent être pris en considération.

Le constructeur doit indiquer le type et la méthode de fonctionnement des dispositifs de protection contre les défauts.

3.2.2 Essais

En complément à la liste des essais donnée dans le tableau 2 de la section 2, les essais suivants doivent être réalisés. Pour ces essais, la self de lissage doit être considérée comme une partie du convertisseur.

3.2.2.1 Variations brusques de charge (essai de type facultatif)

a) Essai de coupure de charge

Cet essai est exécuté pour vérifier que le convertisseur ne subit aucun dommage en cas de coupure de charge.

3.2.1.2 *Interfaces between motor and convertor*

Characteristics of traction motors are dealt with in IEC 349.

It is necessary to state in a detailed specification agreed between motor and convertor manufacturers the interfaces between motor and convertor including the following characteristics:

- the characteristic values of the output convertor quantities (rated values, variations, etc.):
 - additional impedance (smoothing reactance),
 - continuous current,
 - maximum current considering load profile,
 - peak current,
 - voltage,
 - frequency;
- the characteristic values of the motor (rated values, variations, etc.):
 - continuous power,
 - voltage or e.m.f. (versus speed for traction and braking),
 - current,
 - maximum current ripple admissible considering load profile,
 - type of d.c. motor (series, compound, etc.),
 - impedance or equivalent circuit-diagram as a function of frequency,
 - field characteristics,
 - voltage between motor terminals and earth,
 - load profile.

3.2.1.3 *Short circuit and fault conditions*

Motor faults (i.e. flash-over) can affect the convertor and convertor faults (faults of semiconductor devices, no commutation, etc.) can likewise have some effects on the motor.

These faults shall be taken into consideration.

The manufacturer shall declare the type and method of operation of the protective devices for these faults.

3.2.2 *Tests*

In addition to the tests listed in table 2, section 2, the following tests shall be carried out. For these tests the smoothing reactance shall be considered as a part of the convertor.

3.2.2.1 *Sudden variation of load (optional type test)*

a) Load break test

This test is carried out in order to verify that the convertor does not sustain any damage in case of load break.

Un contacteur est monté en série avec la charge. Après que le courant dans la charge ait atteint son régime stabilisé, le contacteur est ouvert. En variante, la coupure de la charge peut être simulée par un blocage rapide du convertisseur à l'aide de son équipement de commande. La tension de défaut qui en résulte doit être détectée et limitée par l'équipement de protection. La forme d'onde de la tension de sortie doit être enregistrée.

A l'issue de l'essai, aucun composant ne doit être endommagé.

b) Essai de court-circuit

Cet essai est exécuté dans le but de simuler un flash du moteur.

Il doit être réalisé avec une tension correspondant à la plus haute tension de ligne (CEI 850) et avec une impédance d'entrée équivalente à la valeur minimum des impédances de la charge et du transformateur.

Une charge résistive doit être connectée à la sortie du redresseur, l'essai doit être réalisé avec le courant maximum et à la tension nominale. Si le redresseur est destiné à alimenter une machine à courant continu avec enroulement série, une impédance équivalente au bobinage de champ (avec une résistance en parallèle si nécessaire) doit être connectée en série avec la résistance.

Un dispositif de court-circuit doit être connecté en parallèle avec la charge selon les dispositions de la figure 12. Pour les moteurs série, il est possible d'avoir les connexions indiquées dans les figures 12a et 12b. Dans le cas de la figure 12a le flash affecte uniquement l'induit, en conséquence seule la résistance de la charge simulée [figure 13a] doit être court-circuitée. Dans le cas de la figure 12b, toute la charge simulée doit être court-circuitée [figure 13b]. Après que le courant ait atteint la valeur en régime stabilisé dans la charge, le dispositif de court-circuit doit être fermé. Le courant de défaut correspondant doit être détecté et éliminé par le dispositif de protection contre le défaut dans le temps total spécifié pour le fonctionnement de ce dispositif.

Les fusibles, s'ils existent, ne doivent pas être détruits durant cet essai à moins qu'il n'en soit spécifié autrement.

Cet essai doit être effectué une fois en enregistrant la forme d'onde du courant de surcharge. Lors de l'exécution de cet essai, aucune inductance de lissage ne doit être court-circuitée.

Cet essai est déclaré satisfaisant si aucun composant n'est endommagé.

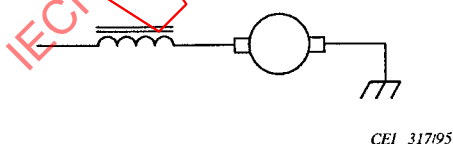


Figure 12a

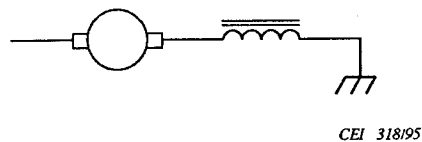


Figure 12b

Figure 12 – Connexions induit/inducteur d'un moteur série

A contactor is connected in series with the load. After the current in the load has reached steady-state condition, the contactor switches off the current. As an alternative, the load break can be brought about by abruptly blocking the converter via its control equipment. The resulting fault voltage shall be detected and limited by the protective equipment. The output voltage waveform shall be recorded.

On completion of this test no components shall be damaged.

b) Short-circuit test

This test is carried out to simulate a flash-over on the motor.

The test shall be carried out with a voltage corresponding to the highest line voltage (IEC 850) and with an input impedance equivalent to the minimum value of the impedances of the load and the transformer.

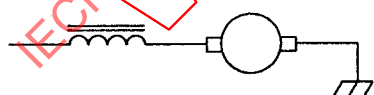
A resistive load shall be connected to the rectifier output. The test shall be carried out with maximum current and nominal voltage. If the rectifier is intended for feeding series wound d.c. machines, an impedance equivalent to the respective field windings (including parallel resistance if any) shall be connected in series with the resistance.

A short-circuiting device shall be connected in parallel with this load in accordance with figure 12. For a series motor, it is possible to have the connection shown in figures 12a and 12b. In the case of figure 12a, the flash-over only affects the armature winding and therefore only the resistor of simulated load in figure 13a shall be short-circuited. In the case of figure 12b, all the simulated load shall be short-circuited in figure 13b. After the current in the load resistance has reached steady-state conditions, the short-circuiting device shall be closed. The resulting fault current shall be detected and cleared by the protective and fault-clearing equipment in the total time specified for that equipment to operate.

Fuses, if any, shall not blow during this test unless otherwise specified.

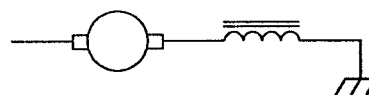
This test shall be carried out once and the overcurrent waveform shall be recorded. When this test is carried out, any smoothing reactor shall not be short-circuited.

This test is declared successful if there are no damaged components.



IEC 317/95

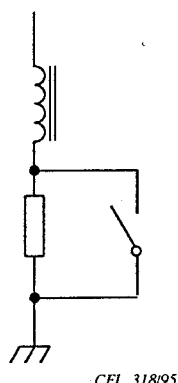
Figure 12a



IEC 318/95

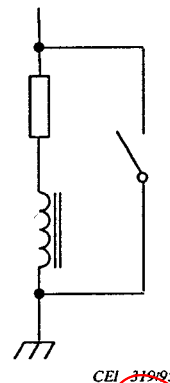
Figure 12b

Figure 12 – Field/armature connections of series motor



CEI 318/95

Figure 13a



CEI 319/95

Figure 13b

Figure 13 – Connexions du court-circuit de la charge simulée

3.2.2.2 Ondulation du courant de charge (essai de type)

Pour la tension d'alimentation spécifiée et la charge spécifiée, on mesure en des points de fonctionnement correspondant à l'ondulation maximum, la valeur de la composante continue, la valeur efficace et la valeur crête à crête.

Cet essai doit être réalisé avec l'inductance de lissage spécifiée.

L'essai est considéré comme satisfaisant si la valeur de l'ondulation du courant est inférieure à celle donnée au 3.2.1.2.

Cet essai peut être remplacé par un calcul après accord entre l'exploitant et le constructeur.

3.2.2.3 Essai séparé de chacune des sorties (essai de type et de série)

Dans le cas d'un convertisseur présentant des sorties multiples (induit, inducteur, etc.), il est nécessaire de réaliser les essais électriques de type et de série pour chacune des sorties.

3.2.2.4 Essai complémentaire de commutation (essai de type)

Cet essai est exécuté dans le but de vérifier la capacité de commutation d'un redresseur à commutation forcée pour les temps de conduction et d'extinction minimum.

Cet essai est considéré comme satisfaisant si les valeurs mesurées des paramètres de fonctionnement de toutes les parties du circuit de commutation (semi-conducteur de puissance, réseau de protection, inductance, etc.) sont en conformité avec les valeurs spécifiées.

Généralement, il est nécessaire de choisir des conditions d'entrée et de sortie différentes pour les essais de conduction et d'extinction.