

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
146-1-1**

Troisième édition
Third edition
1991-03

Convertisseurs à semiconducteurs

**Spécifications communes et
convertisseurs commutés par le réseau**

Partie 1-1:

Spécifications des clauses techniques de base

Semiconductor convertors

**General requirements and
line commutated convertors**

Part 1-1:

Specifications of basic requirements



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 146-1-1: 1991

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
146-1-1**

Troisième édition
Third edition
1991-03

**Convertisseurs à semiconducteurs
Spécifications communes et
convertisseurs commutés par le réseau**

**Partie 1-1:
Spécifications des clauses techniques de base**

**Semiconductor convertors
General requirements and
line commutated convertors**

**Part 1-1:
Specifications of basic requirements**

© CEI 1991 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 Varembé Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE **XB**

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

Convertisseurs à semi-conducteurs –
Spécifications communes et
convertisseurs commutés par le réseau

Semiconductor convertors –
General requirements and
line commutated convertors

Partie 1-1: Spécifications des
clauses techniques de base

Part 1-1: Specifications of basic
requirements

CORRIGENDUM

Page 114

Remplacer le tableau 6 existant par le nouveau tableau 6 suivant:

Tableau 6 – Tensions d'essai, moyenne tension

Tension réseau kV	Tension de choc (1,2 µs/50 µs) kV (crête)	Tension alternative (fréquence industrielle) kV (valeur efficace)
$0,5 < U_{LN} \leq 1,1$	non applicable	$1 + 2 U_M \sqrt{2}$
$1,1 < U_{LN} \leq 3,6$	non applicable	$3 U_M \sqrt{2}$
$3,6 < U_{LN} \leq 38$	$15 + 3 U_M \sqrt{2}$	$4 + 1,8 U_M \sqrt{2}$

Page 115

Replace existing table 6 with new table 6 below:

Table 6 – Test voltages, medium voltage

Line voltage kV	Impulse voltage (1,2 µs/50 µs) kV (peak)	A.C. voltage (power frequency) kV r.m.s.
$0,5 < U_{LN} \leq 1,1$	non applicable	$1 + 2 U_M \sqrt{2}$
$1,1 < U_{LN} \leq 3,6$	non applicable	$3 U_M \sqrt{2}$
$3,6 < U_{LN} \leq 38$	$15 + 3 U_M \sqrt{2}$	$4 + 1,8 U_M \sqrt{2}$

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60146-1-1:1997

Withdrawn

SOMMAIRE

Pages

AVANT-PROPOS	8
--------------------	---

Section 1 - Généralités

Articles

1.1	Domaine d'application et objet	10
1.2	Références normatives	12
1.3	Classification des équipements de conversion à semiconducteurs et des valves	14
1.3.1	Classification des équipements de conversion à semiconducteurs	14
1.3.2	Classification des valves électroniques	16
1.4	Liste des principaux symboles littéraux	16
1.4.1	Liste des indices	16
1.4.2	Liste des symboles (les symboles sans ambiguïté ne figurent pas)	18
1.5	Définitions	22
1.5.1	Dispositif semiconducteur (VEI 551-03-05, modifié)	24
1.5.2	Diode semiconductrice de puissance	24
1.5.3	Thyristor	24
1.5.4	Thyristor triode à blocage inverse	24
1.5.5	Thyristor triode à conduction inverse	24
1.5.6	Thyristor triode bidirectionnel (triac)	24
1.5.7	Thyristor à blocage commandé (GTO)	24
1.5.8	Assemblage de dispositifs semiconducteurs	24
1.5.9	Eléments de circuit de convertisseurs	26
1.5.10	Montage convertisseur (VEI 551-04-17)	26
1.5.11	Commande des bras de convertisseurs	28
1.5.12	Quadrants de fonctionnement (côté continu)	28
1.5.13	Commutation et extinction (voir figure 1)	30
1.5.14	Types de commutation	30
1.5.15	Autocommutation (VEI 551-05-06)	30
1.5.16	Types d'extinction	32
1.5.17	Circuit de commutation (VEI 551-05-09)	32
1.5.18	Angle de retard α (de commande) (VEI 551-05-29, modifié)	36
1.5.19	Angle d'avance β	36
1.5.20	Angle de retard inhérent α_p	36
1.5.21	Angle d'extinction γ (VEI 551-05-30, modifié)	36
1.5.22	Définitions des valeurs assignées	38
1.5.23	Définitions des valeurs assignées des blocs et des groupes convertisseurs	42
1.5.24	Définitions relatives au rendement	42
1.5.25	Termes relatifs aux défauts d'un convertisseur	44
1.5.26	Facteurs du côté alternatif	44
1.5.27	Termes relatifs à la tension continue	44
1.5.28	Termes relatifs à la variation de tension continue	48
1.5.29	Définitions relatives au refroidissement	50
1.5.30	Définition des températures	52
1.5.31	Perturbation électrique	54
1.5.32	Niveau d'immunité d'un convertisseur	54
1.5.33	Niveau de perturbation produite par un convertisseur	54
1.5.34	Niveau de référence de la perturbation produite par un convertisseur	56
1.5.35	Rapport de court-circuit, R_{SC}	56
1.5.36	Compatibilité d'un système	56
1.5.37	Types et caractéristiques des perturbations usuelles	56
1.5.38	Distorsion harmonique (VEI 551-06-07)	58

CONTENTS

Page

FOREWORD	9
----------------	---

Section 1 - General

Clause		
1.1	Scope and object	11
1.2	Normative references	13
1.3	Classification of semiconductor power equipment and valves	15
1.3.1	Classification of semiconductor power equipment	15
1.3.2	Classification of semiconductor valves	17
1.4	List of principal letter symbols and subscripts	17
1.4.1	List of subscripts	17
1.4.2	List of symbols (self evident symbols are not listed)	19
1.5	Definitions	23
1.5.1	Semiconductor device (IEV 551-03-05, modified)	25
1.5.2	Power semiconductor diode	25
1.5.3	Thyristor	25
1.5.4	Reverse blocking triode thyristor	25
1.5.5	Reverse conducting triode thyristor	25
1.5.6	Bidirectional triode thyristor (triac)	25
1.5.7	Turn-off thyristor (GTO = Gate Turn Off)	25
1.5.8	Combination of semiconductor devices	25
1.5.9	Convertor circuit elements	27
1.5.10	Convertor connection (IEV 551-04-17)	27
1.5.11	Controllability of convertor arms	29
1.5.12	Quadrants of operation (on d.c. side)	29
1.5.13	Commutation and quenching (see figure 1)	31
1.5.14	Type of commutation	31
1.5.15	Self commutation (IEV 551-05-06)	31
1.5.16	Type of quenching	33
1.5.17	Commutation circuit (IEV 551-05-09)	33
1.5.18	Trigger delay angle α (IEV 551-05-29, modified)	37
1.5.19	Trigger advance angle β	37
1.5.20	Inherent delay angle α_p	37
1.5.21	Extinction angle γ (IEV 551-05-30, modified)	37
1.5.22	Definitions of rated values	39
1.5.23	Definitions of rated values for assemblies and equipment	43
1.5.24	Efficiency definitions	43
1.5.25	Terms used in connection with convertor faults	45
1.5.26	Factors on the a.c. side	45
1.5.27	Terms used in connection with d.c. voltage	45
1.5.28	Terms used in connection with direct voltage regulation	49
1.5.29	Definitions related to cooling	51
1.5.30	Temperature definitions	53
1.5.31	Electrical disturbance	55
1.5.32	Level of immunity of a convertor	55
1.5.33	Level of generated disturbance of a convertor	55
1.5.34	Reference level of generated disturbance of a convertor	57
1.5.35	Relative short-circuit power, R_{SC}	57
1.5.36	Compatibility of a system	57
1.5.37	Types and characteristics of common disturbances	57
1.5.38	Harmonic distortion (IEV 551-06-07)	59

Articles

Pages

Section 2 - Conditions de service

2.1	Code d'identification de la méthode de refroidissement	58
2.1.1	Symboles à utiliser	58
2.1.2	Disposition des symboles	60
2.2	Conditions d'environnement	62
2.2.1	Circulation de l'air ambiant	62
2.2.2	Conditions usuelles de service	62
2.2.3	Conditions anormales de service	64
2.3	Conditions électriques de service	66
2.3.1	Spécification de l'environnement électrique	66
2.3.2	Implantation non spécifiée	66
2.4	Caractéristiques de charge	66
2.5	Conditions électriques de service en tant que base des caractéristiques	68
2.5.1	Fréquence	68
2.5.2	Tension alternative	68
2.5.3	Déséquilibre de tension	70
2.5.4	Forme d'onde de tension alternative	70

Section 3 - Blocs et équipements convertisseurs

3.1	Montages et facteurs de calcul	74
3.1.1	Convertisseurs de type normalisé	74
3.1.2	Convertisseurs étudiés à la demande	74
3.2	Facteurs de calcul	74
3.2.1	Rapport de tension	74
3.2.2	Facteur de courant côté réseau	74
3.2.3	Variation de tension	76
3.2.4	Circuit magnétique	76
3.2.5	Facteur de pertes	76
3.3	Pertes et rendement	80
3.3.1	Généralités	80
3.3.2	Pertes à inclure	80
3.3.3	Pertes non incluses	82
3.4	Facteur de puissance	82
3.4.1	Généralités	82
3.4.2	Puissances active, réactive, apparente et facteur de déphasage.	84
3.5	Variation de tension continue	84
3.5.1	Variation propre de la tension continue	84
3.5.2	Influence d'autres convertisseurs	86
3.5.3	Convertisseurs dodécaphasés	88
3.5.4	Convertisseurs survolteurs dévolteurs à commande séquentielle à montage série	88
3.6	Harmoniques des courants et des tensions de ligne	88
3.6.1	Rang des harmoniques	88
3.6.2	Amplification des courants harmoniques	90
3.7	Ondulation de la tension continue	90
3.8	Composante alternative du courant côté continu	90
3.9	Interférences	90
3.9.1	Interférences avec les lignes et les équipements de retard (de commande) et de communications à courant faible de l'installation	90
3.9.2	Interférences avec les réseaux de communication par câbles ou par radio	90

Clause	Page
Section 2 - Service conditions	
2.1 Code of identification for cooling method	59
2.1.1 Letter symbols to be used	59
2.1.2 Arrangement of letter symbols	61
2.2 Environmental conditions.	63
2.2.1 Ambient air circulation	63
2.2.2 Normal service conditions	63
2.2.3 Unusual service conditions	65
2.3 Electrical service conditions	67
2.3.1 Electrical environment specification	67
2.3.2 Unknown site conditions	67
2.4 Character of the load	67
2.5 Electrical service conditions as a basis of ratings	69
2.5.1 Frequency	69
2.5.2 A.C. voltage	69
2.5.3 Voltage unbalance	71
2.5.4 A.C. voltage wave form	71
Section 3 - Converter equipment and assemblies	
3.1 Electrical connection and calculation factors	75
3.1.1 Standard design convertors	75
3.1.2 Special design convertors	75
3.2 Calculation factors	75
3.2.1 Voltage ratio	75
3.2.2 Line side current factor	75
3.2.3 Voltage regulation	77
3.2.4 Magnetic circuit	77
3.2.5 Power loss factor	77
3.3 Losses and efficiency	81
3.3.1 General	81
3.3.2 Included losses	81
3.3.3 Not included losses	83
3.4 Power factor	83
3.4.1 General	83
3.4.2 Power, reactive power, apparent power and displacement factor	85
3.5 Voltage regulation	85
3.5.1 Inherent direct voltage regulation	85
3.5.2 Influence of other convertors	87
3.5.3 Twelve pulse convertors	89
3.5.4 Boost and buck connection convertors (series connection)	89
3.6 Harmonics in line currents and voltages	89
3.6.1 Order of harmonics	89
3.6.2 Amplification of harmonic currents	91
3.7 Direct voltage harmonic content	91
3.8 A.C. current in the direct current output	91
3.9 Interference	91
3.9.1 Interference with in-plant low current control and communication lines	91
3.9.2 Interference with telephone and communication links	91

Articles	Pages
3.10 Valeurs assignées pour les convertisseurs	92
3.10.1 Généralités	92
3.10.2 Valeur assignée de la tension de sortie	92
3.10.3 Valeurs assignées du courant	94
3.10.4 Remarques particulières aux convertisseurs doubles	98
3.11 Marquage	98
3.11.1 Indication claire du constructeur ou du fournisseur	98
3.11.2 Indication du type d'équipement	98
3.11.3 Marquage des bornes d'entrée et de sortie du circuit principal	100
3.11.4 Plaque signalétique	102

Section 4 - Essais des blocs et équipements à semiconducteurs

4.1 Généralités	106
4.1.1 Essais de type	106
4.1.2 Essais individuels	106
4.1.3 Exécution des essais	106
4.1.4 Programme des essais	108
4.2 Spécification des essais	110
4.2.1 Essais d'isolement	110
4.2.2 Essai de fonctionnement et essai à faible charge	114
4.2.3 Essai au courant assigné	116
4.2.4 Détermination des pertes dans les blocs et les équipements	116
4.2.5 Essai d'échauffement	120
4.2.6 Mesure du facteur de puissance	120
4.2.7 Vérification des dispositifs auxiliaires	120
4.2.8 Mesure de la variation propre de tension	122
4.2.9 Vérification des propriétés des circuits de commande	122
4.2.10 Vérification des dispositifs de protection	122
4.2.11 Essai d'immunité	122
4.2.12 Essai d'aptitude aux surcharges	124
4.2.13 Perturbations radioélectriques rayonnées et conduites	124
4.2.14 Bruit audible	124
4.2.15 Mesure de la tension et du courant d'ondulation	124
4.2.16 Essais supplémentaires	124
4.3 Tolérances	126
Annexe A (informative) Index alphabétique des définitions	128
Annexe B (informative) Bibliographie	134

Figures

1 - Types de commutation	34
2 - Exemple d'angles	38
3 - Variation de tension continue	48
4 - Formes de tension c.a.	72

Tableaux

1 - Montages et facteurs de calcul	78
2 - Classes de service normalisées	96
3 - Exemples de cycles de charge	100
4 - Sommaire d'essais	108
5 - Tensions d'essai, basse tension	114
6 - Tensions d'essai, moyenne tension	114

Clause	Page
3.10 Rated values for convertors	93
3.10.1 General	93
3.10.2 Rated output voltage	93
3.10.3 Rated current values	95
3.10.4 Particular remarks for double convertors	99
3.11 Markings	99
3.11.1 Clear indication of manufacturer or supplier	99
3.11.2 Indication of the type of equipment	99
3.11.3 Marking of the input and output terminals of the main circuit	101
3.11.4 Rating plate	103

Section 4 - Tests for valve device assemblies and convertor equipment

4.1 General	107
4.1.1 Type tests	107
4.1.2 Routine tests	107
4.1.3 Performance of tests	107
4.1.4 Test schedule	109
4.2 Test specifications	111
4.2.1 Insulation tests	111
4.2.2 Light load and functional test	115
4.2.3 Rated current test	117
4.2.4 Power loss determination for assemblies and equipment	117
4.2.5 Temperature rise test	121
4.2.6 Power factor measurements	121
4.2.7 Checking of auxiliary devices	121
4.2.8 Measurement of the inherent voltage regulation	123
4.2.9 Checking the properties of the control equipment	123
4.2.10 Checking the protective devices	123
4.2.11 Immunity test	123
4.2.12 Overcurrent capability test	125
4.2.13 Radio frequency generated interference and conducted noise	125
4.2.14 Audible noise	125
4.2.15 Measurement of ripple voltage and current	125
4.2.16 Additional tests	125
4.3 Tolerances	127
Annex A (informative) Index of definitions	129
Annex B (informative) Bibliography	135

Figures

1 - Types of commutation.	35
2 - Illustration of angles	39
3 - Voltage regulation	49
4 - A.C. voltage waveforms	73

Tables

1 - Connections and calculation factors	79
2 - Standard duty classes	97
3 - Examples of load cycles	101
4 - Summary of tests	109
5 - Test voltages, low voltage	115
6 - Test voltages, medium voltages	115

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONVERTISSEURS À SEMICONDUCTEURS

Spécifications communes et convertisseurs commutés par le réseau Partie 1-1: Spécifications des clauses techniques de base

AVANT-PROPOS

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

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 22B: Convertisseurs à semiconducteurs, du Comité d'Etudes n° 22 de la CEI: Electronique de puissance. Cette norme constitue la partie 1 de la nouvelle édition de la CEI 146 qui remplace partiellement la CEI 146 (1973) ainsi que sa Modification n° 1 (1975).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote	Procédure des Deux Mois	Rapport de vote
22B(BC)50	22B(BC)54	22B(BC)55	22B(BC)57

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SEMICONDUCTOR CONVERTORSGeneral requirements and line commutated convertors
Part 1-1: Specifications of basic requirements

FOREWORD

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

This standard has been prepared by Sub-Committee 22B: Semiconductor Convertors, of IEC Technical Committee No. 22: Power electronics. It constitutes Part 1 of IEC 146 and partly replaces IEC 146 (1973) and its Amendment No. 1 (1975).

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

Six Months' Rule	Report on the Voting	Two Months' Procedure	Report on the Voting
22B(CO)50	22B(CO)54	22B(CO)55	22B(CO)57

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

CONVERTISSEURS À SEMICONDUCTEURS

Spécifications communes et convertisseurs commutés par le réseau Partie 1-1: Spécifications des clauses techniques de base

Section 1 - Généralités

1.1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale a pour objet de définir les règles relatives aux caractéristiques de fonctionnement de tous les convertisseurs électroniques de puissance ainsi que des commutateurs électroniques de puissance utilisant des valves électroniques, commandables ou non.

Les valves électroniques comprennent principalement des dispositifs semiconducteurs, c'est-à-dire des diodes et divers types de thyristors et de transistors, tels que thyristors à blocage inverse ou à conduction inverse, thyristors à blocage de grille, triacs et transistors de puissance. Les dispositifs peuvent être commandés par un courant, une tension ou par la lumière. Les dispositifs qui ne sont pas bistables sont supposés utilisés en mode commuté.

Cette norme est prévue en premier lieu pour spécifier les clauses techniques de base applicables aux convertisseurs à commutation par le réseau, pour la conversion alternative-continue ou vice versa. Certaines parties de cette Norme sont aussi applicables à d'autres types de convertisseurs électroniques de puissance et doivent être appliquées dans la mesure où elles ne sont pas en contradiction avec d'autres Normes CEI additionnelles pour convertisseurs de puissance, publiées ou qui pourraient être publiées par la CEI.

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

Les buts principaux de cette norme sont les suivants:

Partie 1-1, CEI 146-1-1, Spécifications des clauses techniques de base

- établir les termes de base et les définitions;
- spécifier les conditions d'emploi qui ont une influence sur le dimensionnement;
- spécifier les essais requis pour les sous-ensembles et pour les équipements convertisseurs des types les plus usuels (pour les types spéciaux, voir la CEI 146-1-2);
- spécifier les règles fondamentales de fonctionnement;
- donner les règles d'emploi des convertisseurs de puissance à semiconducteurs.

SEMICONDUCTOR CONVERTORS

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

Section 1 - General

1.1 Scope and object

This International Standard specifies the requirements for the performance of all electronic power convertors and electronic power switches using controllable and/or non-controllable electronic valves.

The electronic valves mainly comprise semiconductor devices, i.e. diodes and various types of thyristors and transistors, such as reverse blocking or conducting thyristors, turn-off thyristors, triacs and power transistors. The devices may be controlled by means of current, voltage or light. Non-bistable devices are assumed to be operated in the switched mode.

This standard is primarily intended to specify the requirements applicable to line commutated convertors for conversion of a.c. power to d.c. power or vice versa. Parts of this standard are applicable also to other types of electronic power convertors and should be regarded as a standard for them in so far as it is not in contradiction to additional IEC Standards for particular types of semiconductor convertors given in existing or future IEC Publications.

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

The main purposes of this standard are as follows:

Part 1-1, IEC 146-1-1, Specifications of basic requirements.

- to establish basic terms and definitions;
- to specify service conditions which influence the basis of rating;
- to specify test requirements for complete convertor equipment and assemblies, standard design, (for special design see IEC 146-1-2);
- to specify basic performance requirements;
- to give application oriented requirements for semiconductor power convertors.

Partie 1-2, CEI 146-1-2, Guide d'application

- apporter des informations complémentaires relatives aux conditions d'essai ainsi qu'aux constituants principaux (par exemple dispositifs semiconducteurs) en vue de leur emploi dans les convertisseurs de puissance à semiconducteurs, pour compléter ou modifier les normes existantes;
- fournir des données utiles, des coefficients, des formules et des diagrammes utilisés dans la pratique des convertisseurs de puissance.

Partie 1-3, CEI 146-1-3, Transformateurs et bobines d'inductance

- donner des informations supplémentaires sur les caractéristiques des transformateurs pour convertisseurs qui diffèrent de celles des transformateurs de puissance ordinaires. Pour tous les autres points, les règles spécifiées dans la CEI 76 s'appliquent aux transformateurs pour convertisseurs, dans la mesure où elles ne sont pas en contradiction avec la présente norme.

1.2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication de cette norme, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur cette norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 50(151): 1978, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)* - Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques.

CEI 50(441): 1984, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)* - Chapitre 441: Appareillage et fusibles.

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

CEI 50(601): 1985, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)* - Chapitre 601: Production, transport et distribution de l'énergie électrique. Généralités.

CEI 76: 1976, *Transformateurs de puissance*.

CEI 555-1: 1982, *Perturbations produites dans les réseaux d'alimentation par les appareils électrodomestiques et les équipements analogues*. Première partie: Définitions.

CEI 664: 1980, *Coordination de l'isolement dans les systèmes (réseaux) à basse tension y compris les distances d'isolement dans l'air et les lignes de fuite des matériels*.

CEI 725: 1981, *Considérations sur les impédances de référence à utiliser pour la détermination des caractéristiques de perturbation des appareils électrodomestiques et les équipements analogues*.

D'autres publications de la CEI sont citées pour information dans l'annexe B: Bibliographie.

Part 1-2, IEC 146-1-2, Application guide

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

Part 1-3, IEC 146-1-3, Transformers and reactors

- to give additional information on characteristics wherein converter transformers differ from ordinary power transformers. In all other respects, the rules specified in IEC 76, shall apply to converter transformers, as far as they are not in contradiction with this standard.

1.2 Normative references

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

IEC 50(151): 1978, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)* - Chapter 151: Electrical and magnetic devices.

IEC 50(441): 1984, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)* - Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses.

IEC 50(551): 1982, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)* - Chapter 551: Power Electronics.

IEC 50(601): 1985, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)* - Chapter 601: Generation, transmission and distribution of electricity. General.

IEC 76: 1976, *Power transformers*.

IEC 555-1: 1982, *Disturbances in supply systems caused by household appliances and similar electrical equipment* - Part 1: Definitions.

IEC 664: 1980, *Insulation co-ordination within low-voltage systems including clearances and creepage distances for equipment*.

IEC 725: 1981, *Considerations on reference impedance for use in determining the disturbance characteristics of household appliances and similar electrical equipment*.

Some other IEC publications are quoted for information in Annex B: Bibliography.

1.3 Classification des équipements de conversion à semiconducteurs et des valves

1.3.1 Classification des équipements de conversion à semiconducteurs

Un ensemble de publications de la CEI, applicable à la grande variété des types d'équipement à semiconducteurs de puissance, rend nécessaire d'établir une classification qui peut être faite d'après les caractéristiques suivantes:

a) Type de conversion ou de découplage:

- 1) conversion c.a.-c.c. (redresseur);
- 2) conversion c.c.-c.a. (onduleur);
- 3) conversion c.c.-c.c. (convertisseur c.c.-c.c. direct ou indirect);
- 4) conversion c.a.-c.a. (convertisseur c.a.-c.a. direct ou indirect);
- 5) découplage (périodique ou non périodique).

b) Objectif de la conversion. Dans un circuit de puissance, le convertisseur change ou règle une ou plusieurs des caractéristiques telles que:

- 1) fréquence (fréquence nulle comprise);
- 2) niveau de tension;
- 3) nombre de phases;
- 4) flux de puissance réactive;
- 5) qualité de la tension fournie à l'utilisation.

c) Mode de blocage de valve (voir figure 1). Une valve à semiconducteur peut être bloquée soit par commutation, ce qui implique le transfert de courant vers une autre valve, soit par extinction si le courant dans la valve s'annule avant mise en conduction d'une autre valve.

NOTE - Suivant la charge, les deux types de blocage de valve peuvent apparaître dans le fonctionnement normal d'un convertisseur c.a.-c.c. La classification est faite d'après le fonctionnement normal, au courant de pleine charge.

Les types de blocage de valve peuvent être caractérisés par la source de la tension de blocage:

- 1) commutation externe (extinction);
- 1A) commutation par le réseau (extinction);
- 1B) commutation par la charge (extinction);
- 2) autocommutation (voir aussi 1.3.2, note 2).

d) Type de circuit à courant continu: Lorsqu'un convertisseur est raccordé à au moins un circuit à courant continu, il peut être habituellement totalement ou partiellement classé comme source de courant si le courant continu est lissé, ou comme source de tension si la tension continue est lissée.

Pour un convertisseur reliant un circuit c.a. à un circuit c.c., la fonction de redresseur implique le transfert de puissance du côté c.a. vers le côté c.c. et l'inversion de ce transfert lors du fonctionnement en onduleur.

Pour chacun des modes de fonctionnement, le courant est unidirectionnel dans le cas d'une source de courant, mais la tension peut changer de polarité suivant la direction du transfert de puissance. C'est l'inverse dans le cas d'une source de tension.

1.3 Classification of semiconductor power equipment and valves

1.3.1 Classification of semiconductor power equipment

A general synopsis of IEC Publications, applying to the great variety of types of semiconductor power equipment, requires a classification that can be based on the following characteristics:

a) Type of conversion and switching:

- 1) a.c. to d.c. conversion (rectifier);
- 2) d.c. to a.c. conversion (inverter);
- 3) d.c. to d.c. conversion (direct or indirect d.c. to d.c. convertor);
- 4) a.c. to a.c. conversion (direct or indirect a.c. to a.c. convertor);
- 5) switching (periodic or non-periodic).

b) Purpose of conversion: In a power system the convertor changes or controls one or more characteristics such as:

- 1) frequency (including zero frequency);
- 2) voltage level;
- 3) number of phases;
- 4) flow of reactive power;
- 5) quality of load power.

c) Type of valve turn-off: (see figure 1). A semiconductor valve can be turned off either by commutation implying that the current of the valve is transferred to another valve or by quenching if the current of the valve falls to zero before another valve is turned on.

NOTE - Both types of valve turn-off may occur in normal operation of a.c. to d.c. convertors depending on the load. The classification is based on normal operation, full load current.

The types of valve turn-off can be characterized by the source of the turn-off voltage:

- 1) external commutation (quenching);
- 1A) line commutation (quenching);
- 1B) load commutation (quenching);
- 2) self commutation (see also 1.3.2, note 2).

d) Type of d.c. system: Convertors connected to at least one d.c. system can usually be wholly or partly classified as current source or voltage source depending on whether the current or the voltage on the d.c. side is smoothed.

For a convertor connecting an a.c. system to a d.c. system, rectification implies a power flow from the a.c. to the d.c. side and inversion a power flow in the opposite direction.

For each mode of operation, in a current source system the current is unidirectional, but the voltage polarity depends on the direction of the power flow. In a voltage source system the converse applies.

1.3.2 Classification des valves électroniques

Dans les circuits de puissance d'un équipement de conversion, les valves utilisées peuvent être rangées dans les catégories suivantes:

- 1) valves non commandables à caractéristique de conduction directe et de blocage inverse (valve à diode);
- 2) valves à caractéristique de conduction commandable dans le sens direct et à blocage inverse (par exemple valve à thyristor à conduction inverse);
- 3) valves à caractéristique de conduction directe commandable et à conduction inverse (par exemple valve à thyristor à conduction inverse);
- 4) valves à caractéristique de conduction commandable dans les deux sens (par exemple valve triac).

NOTES

1 Une valve est commandable si elle peut être portée de l'état non passant à l'état passant au moyen d'un signal de commande.

2 Les valves à transistors et à thyristors à blocage commandé peuvent être bloquées au moyen d'un signal appliqué sur l'électrode de commande. Les thyristors et les triacs n'ont pas cette propriété et doivent être bloqués par les tensions et par les courants du circuit de puissance.

1.4 Liste des principaux symboles littéraux

1.4.1 Liste des indices

0 (zéro)	à vide
c	de commutation
C	court-circuit
d	courant ou tension continue
f	dépendant de la fréquence
h	relatif à l'harmonique de rang h
i	idéal
L	se rapportant au réseau ou à la source
m	maximal
min	minimal
N	valeur assignée, ou à la valeur assignée de la charge
p	inhérent (propre)

1.3.2 Classification of semiconductor valves

Valves used in the power circuits of power electronic equipment can be divided into the following categories:

- 1) non controllable valve with a conductive forward and a blocking reverse characteristic (diode valve);
- 2) valve with a controllable forward and a blocking reverse characteristic (for example reverse blocking thyristor valve);
- 3) valve with a controllable forward and a conductive reverse characteristic (for example reverse conducting thyristor valve);
- 4) valve which is controllable in both directions (for example triac valve).

NOTES

- 1 A valve is controllable if it can be switched from the blocking to the conducting state by means of a control signal.
- 2 Transistor and turn-off thyristor valves can be turned off by a signal applied to or taken off the gate. Thyristors and triacs do not have this property and must be turned off by main circuit voltages and currents.

1.4 List of principal letter symbols and subscripts

1.4.1 List of subscripts

0 (zero)	at no load
c	commutating
C	short-circuit
d	direct current or voltage
f	dependent of frequency
h	pertaining to harmonic component of order h
i	ideal
L	referring to line or source
m	maximum
min	minimum
N	rated value or at rated load
p	inherent

R	répétitive (surtension)
r	résistive
S	non répétitive (surtension)
v	du côté valves
x	inductive
α	valeur réglée obtenue par variation d'angle de retard (de commande)

1.4.2 Liste des symboles (les symboles sans ambiguïté ne figurent pas)

d_{xtN}	variation inductive de tension due au transformateur, rapportée à U_{di}
e_{xN}	composante inductive de la tension rapportée à la tension de court-circuit du transformateur au courant I_{LN}
f_N	fréquence assignée
g	nombre d'ensembles de groupes commutants entre lesquels se partage I_{dN}
h	rang d'un harmonique
I_d	courant continu (valeur spécifiée quelconque)
I_{dN}	valeur assignée du courant continu
I_{dmN}	valeur assignée permanente (maximale) du courant continu
I_L	courant du côté alternatif (du convertisseur ou du transformateur s'il existe) (valeur efficace)
I_{LN}	valeur assignée de I_L
I_{1LN}	composante efficace fondamentale de I_{LN}
I_{hLN}	valeur efficace de l'harmonique de rang h de I_{LN}
I_{vN}	valeur assignée du côté valves du transformateur
p	indice de pulsation
P	puissance active
P_{LN}	puissance active, côté réseau, à la charge assignée
q	indice de commutation
Q_{1LN}	puissance réactive, côté réseau, à la charge assignée
R_{SC}	rapport de la puissance de court-circuit à la puissance apparente

R	repetitive (overvoltage)
r	resistive
S	non-repetitive (overvoltage)
v	valve side
x	inductive
α	controlled value (by delay angle)

1.4.2 List of symbols (self evident symbols are not listed)

d_{xtN}	inductive direct voltage regulation due to convertor transformer referred to U_{di}
e_{xN}	inductive component of the relative short-circuit voltage of the convertor transformer corresponding to I_{LN}
f_N	rated frequency
g	number of sets of commutating groups between which I_{dN} is divided
h	order of harmonic
I_d	direct current (any defined value)
I_{dN}	rated direct current
I_{dmN}	rated continuous direct current (maximum value)
I_L	r.m.s. current on line side (of convertor or transformer if included)
I_{LN}	rated value of I_L
I_{1LN}	r.m.s. value of the fundamental component of I_{LN}
I_{hLN}	r.m.s. value of harmonic order h of I_{LN}
I_{vN}	rated value on valve side of transformer
p	pulse number
P	active power
P_{LN}	power on line side at rated load
q	commutation number
Q_{1LN}	reactive power on line side at rated load
R_{SC}	relative short-circuit power

s	nombre de groupes commutants montés en série
S_{com}	puissance de court-circuit calculée aux bornes à courant alternatif des bras commutants
S_C	puissance de court-circuit de la source
S_{Cmin}	valeur minimale de S_C
S_{LN}	puissance apparente assignée côté réseau
S_{1LN}	valeur de S_{LN} correspondant à I_{1LN}
S_{tN}	puissance apparente assignée du transformateur
u	angle d'empiétement (angle de commutation)
U_d	tension continue (valeur quelconque)
U_{d0}	tension continue conventionnelle à vide
$U_{d\alpha}$	valeur de U_{d0} pour l'angle de retard (de commande) α
U_{d00}	tension continue réelle à vide
U_{di}	tension continue fictive à vide
$U_{di\alpha}$	tension continue fictive à vide, avec réglage
U_{dN}	tension continue assignée
U_{dxN}	variation de tension inductive totale au courant assigné
U_{hL}	valeur efficace de l'harmonique de rang h de U_L
U_{iM}	tension fictive de crête à vide apparaissant entre les bornes d'extrémité d'un bras, en négligeant les surtensions transitoires internes ou externes et les chutes de tension à vide dans les valves. Le rapport reste le même à faible charge, au voisinage du courant critique
U_L	tension entre phases côté réseau du convertisseur ou du transformateur s'il existe
U_{LN}	valeur assignée de U_L
U_{LRM}	valeur maximale instantanée de U_L incluant les surtensions répétitives mais excluant les surtensions non répétitives
U_{LSM}	valeur maximale instantanée de U_L incluant les surtensions non répétitives
U_{LWM}	valeur maximale instantanée de U_L excluant toute surtension transitoire
U_M	tension maximale de crête (voir 4.2.1.4)

s	number of series connected commutating groups
S_{com}	short-circuit power calculated at the a.c. terminals of the commutating arms
S_C	short-circuit power of the supply source
S_{Cmin}	minimum value of S_C
S_{LN}	rated apparent power on line side
S_{1LN}	value of S_{LN} based on I_{1LN}
S_{tN}	transformer rated apparent power
u	angle of overlap (commutation angle)
U_d	direct voltage (any defined value)
U_{d0}	conventional no load direct voltage
$U_{d0\alpha}$	value of U_{d0} with trigger delay angle α
U_{d00}	real no-load direct voltage
U_{di}	ideal no-load direct voltage
$U_{di\alpha}$	controlled ideal no-load direct voltage
U_{dN}	rated direct voltage
U_{dxN}	total inductive direct voltage regulation at rated direct current
U_{hL}	r.m.s. value of harmonic order h of U_L
U_{iM}	ideal crest no-load voltage, appearing between the end terminals of an arm neglecting internal and external voltage surge and voltage drops in valves, at no load. The ratio remains the same at light load current close to the transition current.
U_L	line-to-line voltage on line side of convertor or transformer, if any
U_{LN}	rated value of U_L
U_{LRM}	maximum instantaneous value of U_L including repetitive overvoltage but excluding non repetitive overvoltages
U_{LSM}	maximum instantaneous value of U_L including non repetitive overvoltages
U_{LWM}	maximum instantaneous value of U_L excluding transient overvoltages
U_M	maximum peak voltage (see 4.2.1.4)

U_{v0}	tension entre phases à vide côté réseau du convertisseur ou côté valve du transformateur s'il existe
U_{vN}	tension assignée côté valve du transformateur
X_{tN}	variation inductive de tension du transformateur en unités réduites
α	angle de retard (de commande)
α_p	angle de retard inhérent
β	angle d'avance
γ	angle d'extinction
δ	nombre de groupes commutant simultanément, par primaire (ou bobine d'inductance
λ	facteur global de puissance
ν	facteur de déformation
φ_1	angle de déphasage de la composante fondamentale de I_L

1.5 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent. Dans la présente norme, on utilise chaque fois que possible des définitions du VEI, en particulier celles de la CEI 50(551).

La méthode adoptée est la suivante:

- 1) lorsqu'il existe une définition VEI appropriée, on indique le titre et la référence sans répéter le texte;
- 2) lorsqu'une définition VEI nécessite de plus amples précisions ou des informations complémentaires, on indique le titre, la référence et le texte ajouté;
- 3) lorsqu'il n'existe pas de définition VEI, on indique le titre et le texte;
- 4) les définitions figurent en:
 - A) pour les termes généraux (1.5.1 à 1.5.28);
 - B) pour les conditions de service (1.5.29 à 1.5.30);
 - C) pour les définitions concernant la compatibilité (1.5.31 à 1.5.37).

Un index alphabétique figure en annexe A (informative).

U_{V0}	no-load line-to-line voltage on the line side of the convertor or on the valve side of the transformer, if any
U_{VN}	rated voltage on the valve side of the transformer
X_{tN}	inductive voltage drop of the transformer in per unit
α	trigger delay angle
α_p	inherent delay angle
β	trigger advance angle
γ	extinction angle
δ	number of commutating groups commutating simultaneously per primary
λ	total power factor
ν	deformation factor
φ_1	displacement angle of the fundamental component of I_L

1.5 Definitions

For the purpose of this International Standard, the following definitions apply. In this standard, IEC definitions are used wherever possible, particularly those in IEC 50(551).

The policy adopted is as follows:

- 1) when a suitable IEC definition exists, the title and reference are given without repeating the text;
- 2) when an existing IEC definition needs amplification or additional information, the title, the reference and the additional text are given;
- 3) when no IEC definition exists, the title and the text are given;
- 4) the definitions appear under:
 - A) for general terms (1.5.1 to 1.5.28);
 - B) for service conditions (1.5.29 to 1.5.30);
 - C) for definitions concerning compatibility (1.5.31 to 1.5.37).

An alphabetical index is given in Annex A (informative).

A) Termes généraux

1.5.1 Dispositif semiconducteur (VEI 551-03-05, modifié)

Dispositif dont les caractéristiques essentielles sont dues au flux de porteurs de charges à l'intérieur d'un semiconducteur.

1.5.2 Diode semiconductrice de puissance

Dispositif semiconducteur à deux bornes prévu pour le redressement présentant une caractéristique tension/courant dissymétrique.

NOTE - Sauf mention particulière, ce terme se rapporte à un dispositif ayant la caractéristique tension/courant d'une jonction unique PN.

1.5.3 Thyristor

Dispositif semiconducteur bistable comprenant trois jonctions ou plus, qui peut être porté de l'état non conducteur à l'état conducteur.

NOTE - Le terme "thyristor" est utilisé de manière générale pour désigner tout dispositif de type PNPN. Il peut être utilisé seul pour tout élément de la famille des thyristors lorsqu'un tel usage ne prête pas à confusion ou à malentendu. En particulier, le terme abrégé "thyristor" est couramment employé pour le thyristor triode à blocage inverse, antérieurement désigné par "redresseur commandé au silicium".

1.5.4 Thyristor triode à blocage inverse

Thyristor à trois électrodes qui ne se met pas en conduction pour une tension négative d'anode, mais présente un état bloqué en inverse.

1.5.5 Thyristor triode à conduction inverse

Thyristor à trois électrodes qui ne se bloque pas pour une tension négative d'anode et conduit un fort courant inverse pour une tension d'amplitude comparable à la tension de conduction directe.

1.5.6 Thyristor triode bidirectionnel (triac)

Thyristor à trois électrodes ayant sensiblement les mêmes propriétés de conduction et de blocage dans le premier et dans le troisième quadrant de la caractéristique principale.

1.5.7 Thyristor à blocage commandé (GTO)

Thyristor qui peut être porté de l'état passant à l'état non passant et vice versa par application de signaux de commande de polarité appropriée sur l'électrode de commande.

1.5.8 Assemblage de dispositifs semiconducteurs

1.5.8.1 Bloc (d'éléments de valves) (VEI 551-03-11)

A) General terms

1.5.1 Semiconductor device (IEV 551-03-05, modified)

Device whose essential characteristics are due to the flow of charge carriers within a semiconductor.

1.5.2 Power semiconductor diode

Two-terminal semiconductor device having an asymmetrical voltage/current characteristic, designed for use in power convertor connections.

NOTE - Unless otherwise qualified, this term usually means a device with a voltage current characteristic typical of a single PN junction.

1.5.3 Thyristor

Bi-stable semiconductor device comprising three or more functions which can be switched from the off-state to the on-state.

NOTE - The term "thyristor" is used as a generic term to cover the whole range of PNP type devices. It may be used by itself for any member of the thyristor family when such use does not result in ambiguity or misunderstanding. In particular, the term "thyristor" is widely used for reverse blocking triode thyristor, formerly called "silicon controlled rectifier".

1.5.4 Reverse blocking triode thyristor

Three-terminal thyristor which does not turn on for negative anode voltage but exhibits a reverse blocking gate.

1.5.5 Reverse conducting triode thyristor

Three-terminal thyristor which does not block for negative anode voltage but conducts large reverse currents at voltages comparable in magnitude to the forward on-state voltages.

1.5.6 Bidirectional triode thyristor (triac)

Three-terminal thyristor having substantially the same switching behaviour in the first and third quadrants of the principal characteristic.

1.5.7 Turn-off thyristor (GTO = Gate Turn Off)

Thyristor which can be switched from the on-state to the off-state and vice versa by applying control signals of appropriate polarity to the gate terminal.

1.5.8 Combination of semiconductor devices

1.5.8.1 (Valve device) stack (IEV 551-03-11)

1.5.8.2 Ensemble (d'éléments de valves) (VEI 551-03-12)

1.5.8.3 Convertisseur (électronique) (de puissance) (VEI 551-02-01, modifié)

Ensemble fonctionnel assurant une conversion électronique de puissance, comprenant un ou plusieurs éléments de valves, transformateur(s), appareillage essentiel et autres auxiliaires s'il y a lieu. Il peut comprendre l'équipement de commande de gâchette.

1.5.8.4 Dispositif de commande de gâchette

Dispositif qui fournit à partir d'un signal de commande, les impulsions d'amorçage appropriées à des éléments de valve commandés d'un convertisseur ou interrupteur de puissance et qui comporte des circuits temporisateurs ou déphaseurs, des circuits générateurs d'impulsions et, en règle générale, des circuits d'alimentation.

1.5.8.5 Equipement de commande d'un système

Equipement associé à un équipement ou à un système convertisseur qui assure le réglage automatique des caractéristiques de sortie du convertisseur en fonction d'une grandeur contrôlée (par exemple vitesse d'un moteur, force de traction, etc.).

1.5.9 Eléments de circuit de convertisseurs

1.5.9.1 Valve (dans un circuit) (VEI 551-04-01)

1.5.9.2 Bras (de valve) (VEI 551-04-04)

1.5.9.3 Bras principal (VEI 551-04-05, modifié)

Bras (de valve) assurant le transfert principal de puissance d'un côté à l'autre du convertisseur ou de l'interrupteur.

1.5.9.4 Bras auxiliaire (VEI 551-04-12)

1.5.9.5 Bras de shuntage (dérivation) (VEI 551-04-13)

1.5.9.6 Bras de roue libre (VEI 551-04-14)

1.5.9.7 Bras d'extinction (VEI 551-04-15)

1.5.9.8 Bras de retour (VEI 551-04-16)

1.5.10 Montage convertisseur (VEI 551-04-17)

1.5.10.1 Montage de base d'un convertisseur (VEI 551-04-18)

1.5.8.2 *(Valve device) assembly (IEV 551-03-12)*

1.5.8.3 *(Electronic) (power) convertor (IEV 551-02-01, modified)*

An operative unit for electronic power conversion comprising one or more assemblies together with convertor transformer(s), essential switching devices and other auxiliaries, if any. It may include the trigger equipment.

1.5.8.4 *Trigger equipment (gating equipment)*

Equipment which provides suitable trigger pulses from a control signal for controllable valve devices in a convertor or power switch including timing or phase shifting circuits, pulse generating circuits and usually power supply circuits.

1.5.8.5 *System control equipment*

Equipment associated with a convertor equipment or system which performs automatic adjustment of the convertor output characteristics as a function of a controlled quantity (for example motor speed, tractive force, etc.).

1.5.9 *Convertor circuit elements*

1.5.9.1 *(Circuit) valve (IEV 551-04-01)*

1.5.9.2 *(Valve) arm (IEV 551-04-04)*

1.5.9.3 *Principal arm (IEV 551-04-05, modified)*

A (valve) arm involved in the major transfer of power from one side of the convertor or electronic switch to the other.

1.5.9.4 *Auxiliary arm (IEV 551-04-12)*

1.5.9.5 *By-pass arm (IEV 551-04-13)*

1.5.9.6 *Free-wheeling arm (IEV 551-04-14)*

1.5.9.7 *Turn-off arm (IEV 551 04-15)*

1.5.9.8 *Regenerative arm (IEV 551-04-16)*

1.5.10 *Convertor connection (IEV 551-04-17)*

1.5.10.1 *Basic convertor connection (IEV 551-04-18)*

1.5.10.2 *Montage à simple voie (d'un convertisseur) (VEI 551-04-21)*

1.5.10.3 *Montage à double voie (d'un convertisseur) (VEI 551-04-22)*

1.5.10.4 *Montage homogène (VEI 551-04-24)*

1.5.10.5 *Montage hétérogène (VEI 551-04-27)*

1.5.10.6 *Montage en série (VEI 551-04-30, modifié)*

Montage de convertisseur dans lequel deux convertisseurs ou plus sont connectés de manière telle que leurs tensions s'ajoutent.

1.5.10.7 *Montage survolteurs-dévolteurs (VEI 551-04-31, modifié)*

Montage en série dans lequel les montages convertisseurs sont commandés indépendamment.

1.5.11 *Commande des bras de convertisseurs*

1.5.11.1 *Bras commandé*

Bras de convertisseur comprenant des semiconducteurs commandés en tant que valves.

1.5.11.2 *Bras non commandé*

Bras de convertisseur ne comprenant que des semiconducteurs non commandés en tant que valves.

1.5.12 *Quadrants de fonctionnement (côté continu)*

Chaque quadrant du plan tension/courant est défini par la polarité de la tension et le sens du courant.

1.5.12.1 *Convertisseur à un seul quadrant (VEI 551-02-14)*

1.5.12.2 *Convertisseur (simple) à deux quadrants (VEI 551-02-15)*

1.5.12.3 *Convertisseur (double) à quatre quadrants (VEI 551-02-16)*

1.5.12.4 *Convertisseur réversible (VEI 551-02-17)*

1.5.12.4.1 *Convertisseur simple (VEI 551-02-18)*

1.5.12.4.2 *Convertisseur double (VEI 551-02-19)*

1.5.10.2 *Single-way connection (of a convertor) (IEV 551-04-21)*

1.5.10.3 *Double-way connection (of a convertor) (IEV 551-04-22)*

1.5.10.4 *Uniform connection (IEV 551-04-24)*

1.5.10.5 *Non-uniform connection (IEV 551-04-27)*

1.5.10.6 *Series connection (IEV 551-04-30, modified)*

A connection in which two or more convertors are connected in such a way that their voltages add.

1.5.10.7 *Boost and buck connection (IEV 551-04-31, modified)*

A series connection in which the convertors are controlled independently.

1.5.11 *Controllability of convertor arms*

1.5.11.1 *Controllable arm*

Convertor arm including controllable semiconductor element(s) as valve device(s).

1.5.11.2 *Non-controllable arm*

Convertor arm including no controllable semiconductor element(s) as valve device(s).

1.5.12 *Quadrants of operation (on d.c. side)*

Each quadrant of the voltage current plane is defined by the d.c. voltage polarity and the current direction.

1.5.12.1 *One quadrant convertor (IEV 551-02-14)*

1.5.12.2 *Two quadrant (single) convertor (IEV 551-02-15)*

1.5.12.3 *Four quadrant (double) convertor (IEV 551-02-16)*

1.5.12.4 *Reversible convertor (IEV 551-02-17)*

1.5.12.4.1 *Single convertor (IEV 551-02-18)*

1.5.12.4.2 *Double convertor (IEV 551-02-19)*

1.5.12.4.3 *Section d'un convertisseur double (VEI 551-02-20)*

1.5.13 *Commutation et extinction (voir figure 1)*

1.5.13.1 *Commutation (VEI 551-05-01, modifié)*

Transfert du courant d'un bras dans le suivant, sans interruption du courant côté continu. Pendant un intervalle de temps, les deux bras conduisent simultanément.

1.5.13.2 *Extinction (VEI 551-05-02, modifié)*

Fin de conduction du courant dans un bras sans commutation.

1.5.14 *Types de commutation*

1.5.14.1 *Commutation directe (VEI 551-05-07)*

1.5.14.2 *Commutation indirecte (VEI 551-05-08)*

1.5.14.3 *Commutation externe (VEI 551-05-03)*

1.5.14.3.1 *Commutation par le réseau (VEI 551-05-04)*

1.5.14.3.2 *Commutation par la charge (VEI 551-05-05)*

1.5.14.3.3 *Commutation par la machine*

Méthode de commutation par la charge dans laquelle la tension de commutation est fournie par une machine ne faisant pas partie du réseau d'alimentation.

1.5.14.3.4 *Commutation par une charge résonante*

Méthode de commutation par la charge dans laquelle la tension de commutation est fournie par la charge, mettant à profit sa nature oscillatoire.

1.5.15 *Autocommutation (VEI 551-05-06)*

1.5.15.1 *Commutation capacitive à couplage direct*

Méthode d'autocommutation dans laquelle la tension de commutation est fournie par des condensateurs inclus dans le circuit de commutation.

1.5.12.4.3 *Convertor section of a double convertor (IEV 551-02-20)*

1.5.13 *Commutation and quenching (see figure 1)*

1.5.13.1 *Commutation (IEV 551-05-01, modified)*

Transfer of current from one conducting arm to the next to conduct in sequence, without interruption of the d.c. current. During a finite interval of time both arms are conducting simultaneously.

1.5.13.2 *Quenching (IEV 551-05-02, modified)*

The termination of current flow in an arm without commutation.

1.5.14 *Type of commutation*

1.5.14.1 *Direct commutation (IEV 551-05-07)*

1.5.14.2 *Indirect commutation (IEV 551-05-08)*

1.5.14.3 *External commutation (IEV 551-05-03)*

1.5.14.3.1 *Line commutation (IEV 551-05-04)*

1.5.14.3.2 *Load commutation (IEV 551-05-05)*

1.5.14.3.3 *Machine commutation*

A method of load commutation in which the commutating voltage is supplied from a machine not included in the source of power.

1.5.14.3.4 *Resonant load commutation*

A method of load commutation in which the commutating voltage is supplied from the load, taking advantage of its resonant property.

1.5.15 *Self commutation (IEV 551-05-06)*

1.5.15.1 *Directly coupled capacitor commutation*

A method of self commutation in which the commutating voltage is supplied by capacitors included in the commutation circuit.

1.5.15.2 *Commutation capacitive à couplage inductif*

Méthode de commutation capacitive dans laquelle le circuit des condensateurs est couplé par induction au circuit de commutation.

1.5.15.3 *Commutation par le composant*

Méthode d'autocommutation dans laquelle la tension de commutation est produite par des moyens internes à la valve.

1.5.16 *Types d'extinction*

1.5.16.1 *Extinction par le composant*

Méthode d'extinction dans laquelle l'extinction est produite par des moyens internes au composant semiconducteur.

1.5.16.2 *Extinction externe*

Méthode d'extinction dans laquelle l'extinction résulte de causes externes au composant.

NOTE - Dans les convertisseurs à commutation par le réseau, l'extinction sans commutation se produit en régime de conduction discontinue.

1.5.17 *Circuit de commutation (VEI 551-05-09)*

1.5.17.1 *Tension de commutation (VEI 551-05-12)*

1.5.17.2 *Inductance de commutation (VEI 551-05-11, modifié)*

Inductance totale du circuit de commutation, en série avec la tension de commutation.

NOTE - Pour les convertisseurs à commutation par le réseau ou par une machine, la réactance de commutation est l'impédance de commutation à la fréquence fondamentale.

1.5.17.3 *Angle d'empiètement u (VEI 551-05-14, modifié)*

Durée de l'intervalle de commutation entre deux bras consécutifs, exprimée en mesure d'angle.

1.5.17.4 *Encoche de commutation*

Transitoire périodique de tension qui peut apparaître sur la tension alternative d'un convertisseur commuté par le réseau ou par une machine, du fait de la commutation.

1.5.17.5 *Transitoire répétitif de commutation*

Oscillation de tension associée à l'encoche de commutation.

1.5.15.2 *Inductively coupled capacitor commutation*

A method of capacitor commutation in which the capacitor circuit is inductively coupled to the commutation circuit.

1.5.15.3 *Device commutation*

A method of self commutation in which the commutating voltage is produced by the valve device itself.

1.5.16 *Type of quenching*

1.5.16.1 *Device quenching*

A method of quenching in which the quenching is performed by the valve device itself.

1.5.16.2 *External quenching*

A method of quenching in which the quenching results from causes external to the device.

NOTE - Quenching occurs in line-commutated converters under discontinuous conduction operation.

1.5.17 *Commutation circuit (IEV 551-05-09)*

1.5.17.1 *Commutating voltage (IEV 551-05-12)*

1.5.17.2 *Commutation inductance (IEV 551-05-11, modified)*

Total inductance included in the commutation circuit, in series with the commutating voltage.

NOTE - For line or machine commutated converters the commutation reactance is the impedance of the commutation inductance at the fundamental frequency.

1.5.17.3 *Angle of overlap μ (IEV 551-05-14, modified)*

The duration of the commutation interval between a pair of principal arms, expressed in angular measure, where the two arms carry current.

1.5.17.4 *Commutation notch*

A periodic voltage transient that may appear in the a.c. voltage of a line or machine-commutated converter due to commutation.

1.5.17.5 *Commutation repetitive transient*

Voltage oscillation associated with the commutation notch.

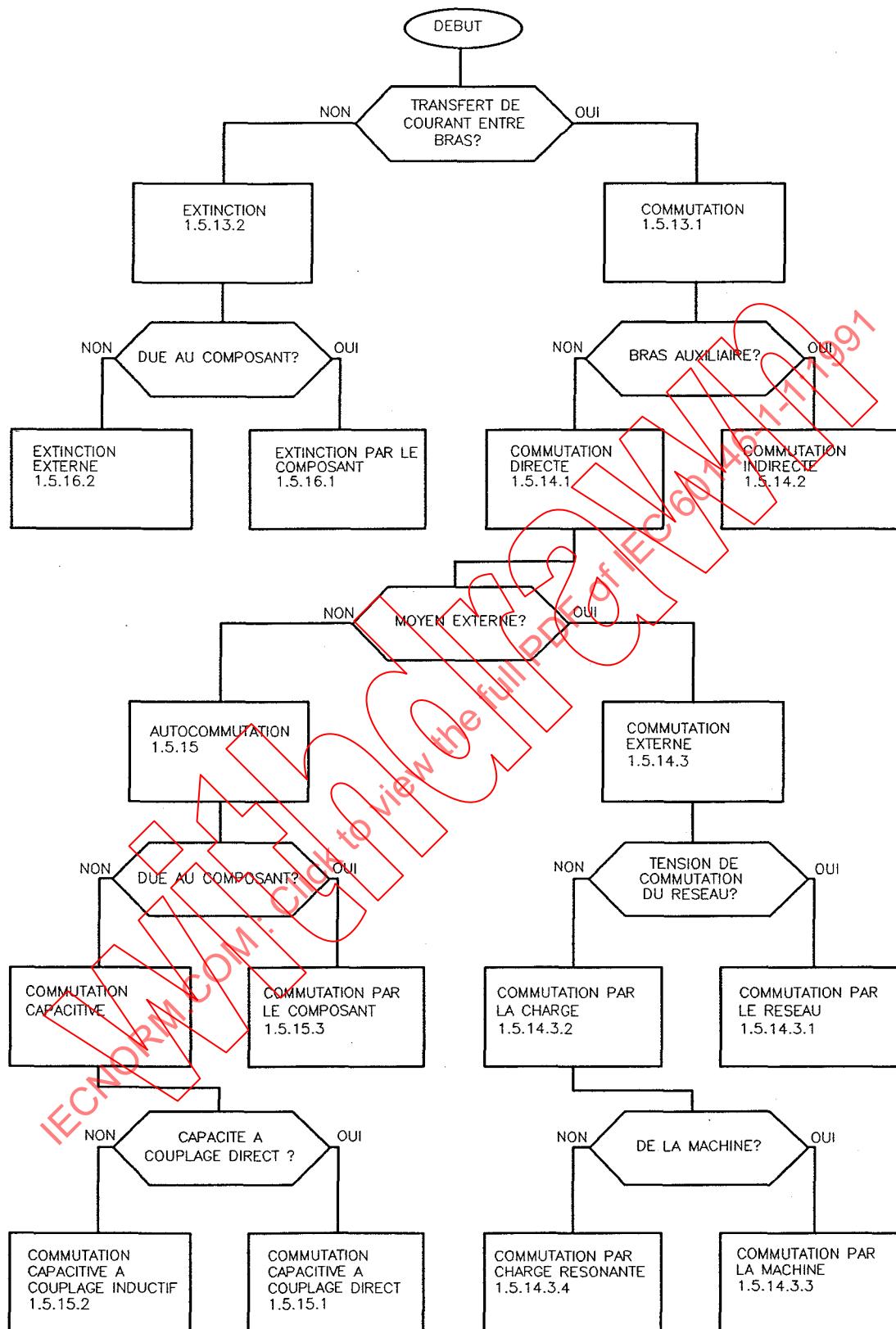


Figure 1 - Types de commutation

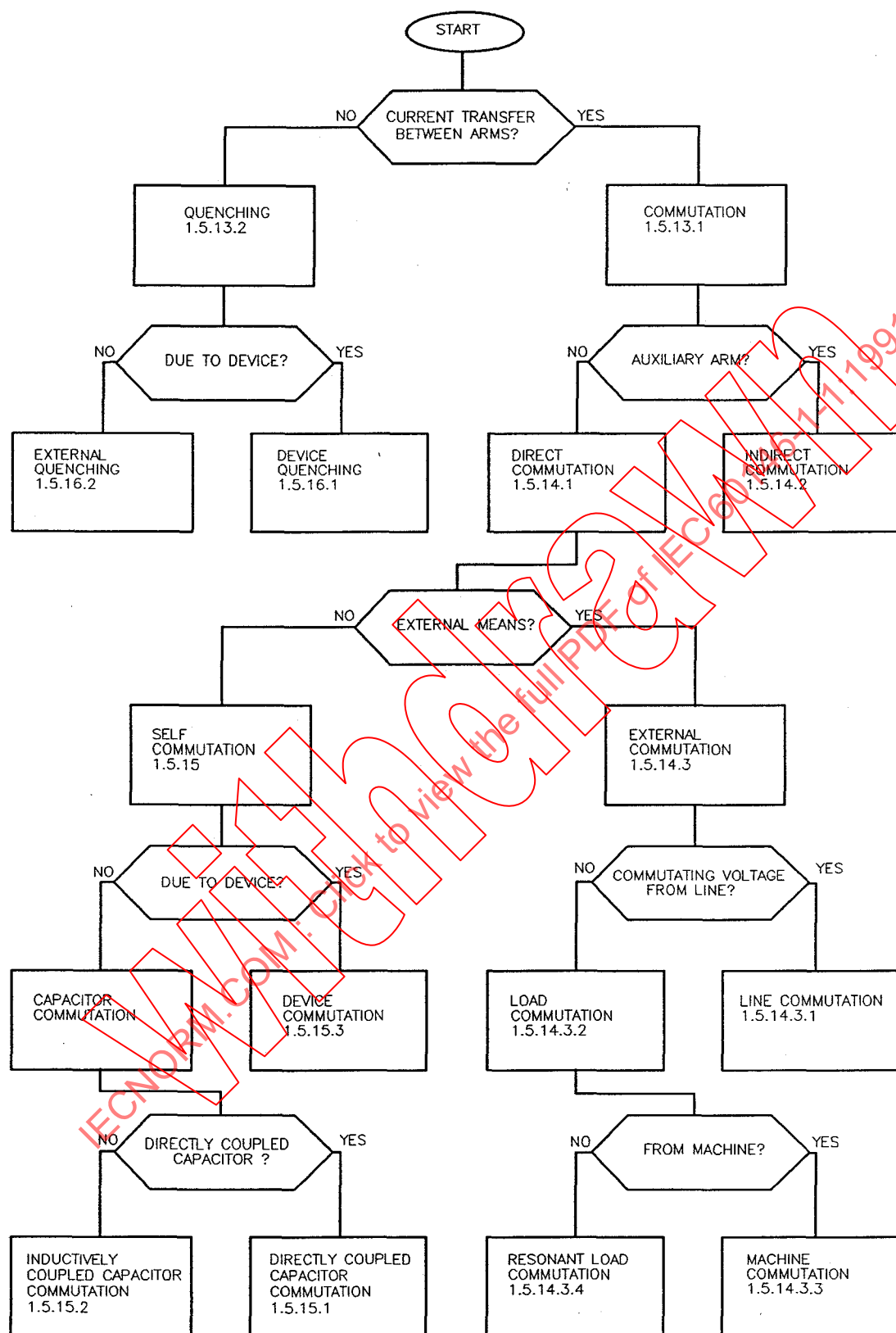


Figure 1 - Types of commutation

1.5.17.6 Groupe commutant (VEI 551-05-10)

1.5.17.7 Indice de commutation q (VEI 551-06-03, modifié)

Nombre de commutations se produisant d'un bras principal vers un autre pendant une période de la tension alternative dans chaque groupe commutant.

1.5.17.8 Indice de pulsation p (VEI 551-06-01, modifié)

Paramètre caractéristique d'un montage convertisseur, exprimé par le nombre de commutations non simultanées se produisant pendant une période de la tension alternative.

1.5.18 Angle de retard α (de commande) (VEI 551-05-29, modifié)

Intervalle de temps, exprimé en mesure angulaire, pendant lequel l'impulsion de commande est retardée par rapport à l'instant de référence (voir figure 2).

Pour les convertisseurs commutés par le réseau par une machine ou par la charge, l'instant de référence est le passage par zéro de la tension commutante.

Pour les gradateurs (contrôleurs) alternatifs, c'est le passage par zéro de la tension d'alimentation.

Pour les gradateurs (contrôleurs) alternatifs ayant une charge inductive, l'angle de retard (commande) est la somme du déphasage et de l'angle de retard du courant.

1.5.19 Angle d'avance β

Intervalle de temps, exprimé en mesure angulaire, pendant lequel l'impulsion de commande est avancée par rapport à l'instant de référence (voir figure 2).

NOTE - Pour les convertisseurs commutés par le réseau, par la machine ou par la charge, l'instant de référence est l'instant de passage par zéro de la tension de commutation.

1.5.20 Angle de retard inhérent α_p

Angle de retard inhérent à certains types de montage (par exemple dodécaphasé) dans certains cas de fonctionnement, même quand aucune commande de phase n'est appliquée.

1.5.21 Angle d'extinction γ (VEI 551-05-30, modifié)

Durée, exprimée en mesure angulaire, entre l'instant d'extinction du courant de bras et le moment où le bras doit supporter un front raide de montée de la tension et l'instant du prochain passage par zéro de la tension de commutation.

1.5.17.6 Commutating group (IEV 551-05-10)

1.5.17.7 Commutation number q (IEV 551-06-03, modified)

The number of commutations from one principal arm to another, occurring during one period of the alternating voltage in each commutating group.

1.5.17.8 Pulse number p (IEV 551-06-01, modified)

The number of non-simultaneous symmetrical direct or indirect commutations from one principal arm to another, during one period of the alternating voltage.

1.5.18 Trigger delay angle α (IEV 551-05-29, modified)

The time expressed in angular measure by which the trigger pulse is delayed with respect to the reference instant (see figure 2).

For line, machine or load commutated converters the reference instant is the zero crossing instant of the commutating voltage.

For a.c. controllers it is the zero crossing instant of the supply voltage.

For a.c. controllers with inductive load, the trigger delay angle is the sum of the phase shift and the current delay angle.

1.5.19 Trigger advance angle β

The time expressed in angular measure by which the trigger pulse is advanced with respect to the reference instant (see figure 2).

NOTE - For line, machine or load commutated converters the reference instant is the zero crossing instant of the commutating voltage.

1.5.20 Inherent delay angle α_p

The delay angle which occurs in some convertor connections (for example 12 pulses) under certain operating conditions even if no phase control is applied.

1.5.21 Extinction angle γ (IEV 551-05-30, modified)

The time, expressed in angular measure, between the moment when the current of the arm falls to zero and the moment when the arm is required to withstand steeply rising off-state voltage.

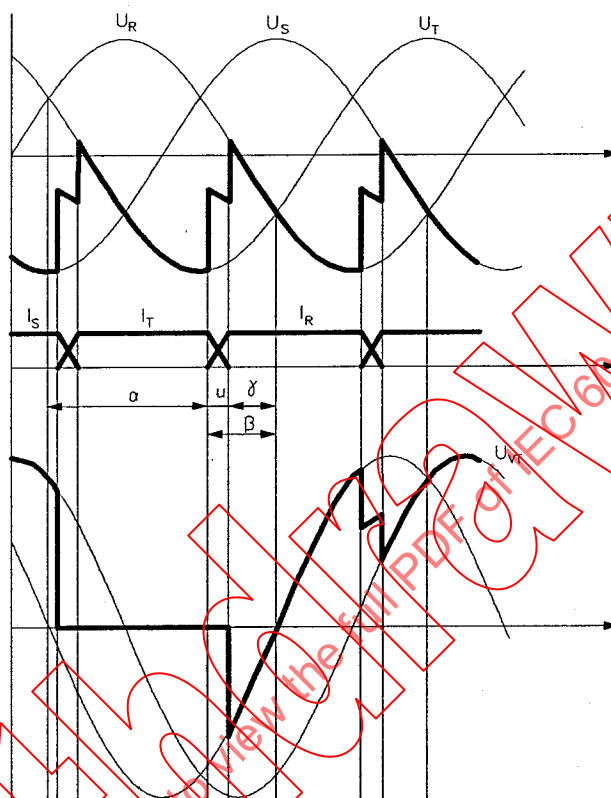
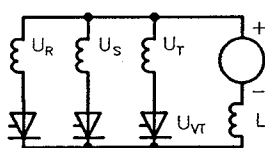


Figure 2 - Exemple d'angles

1.5.22 Définitions des valeurs assignées

1.5.22.1 Valeur assignée

Valeur spécifiée d'un paramètre électrique, thermique, mécanique et d'environnement, assignée par le constructeur pour définir les conditions de service dans lesquelles une partie ou l'ensemble du convertisseur est étudié pour fonctionner correctement.

NOTES

1 La valeur nominale d'un réseau (par exemple tension nominale, VEl 601-01-21) est souvent égale à la valeur assignée correspondante du matériel lorsque les deux valeurs sont dans les limites de tolérance d'une grandeur.

2 A la différence de nombreux autres composants électriques, un semiconducteur peut être détruit même pour un temps très court de fonctionnement si des valeurs maximales assignées sont dépassées.

3 Il convient que les variations des valeurs assignées soient spécifiées. Certaines de ces valeurs sont des valeurs limites, soit maximales, soit minimales.

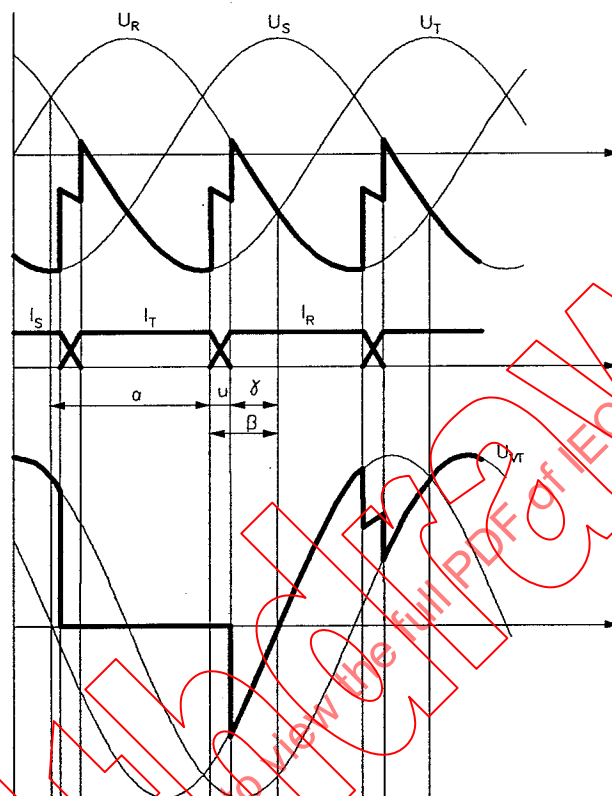
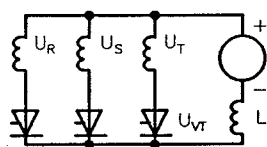


Figure 2 - Illustration of angles

1.5.22 Definitions of rated values

1.5.22.1 Rated value

A specified value for the electrical, thermal, mechanical and environmental quantities assigned by the manufacturer to define the conditions under which a thyristor, a rectifier diode, thyristor or diode stack, assembly or converter is expected to give satisfactory service.

NOTES

1 The nominal value of a system (for example nominal voltage, IEC 601-01-21) is often equal to the corresponding rated value of the equipment, where both values are within the tolerance band of a quantity.

2 Unlike many other electrical components, semiconductor devices may be irreparably damaged, even within a very short time of operation, in excess of maximum rated values.

3 Variations of rated values should be specified. Certain of the values assigned are limiting values. These limiting values may be either maximum or minimum values.

1.5.22.2 Définitions des valeurs assignées pour les convertisseurs et leurs transformateurs

1.5.22.2.1 Fréquence assignée f_N

Fréquence spécifiée du côté alternatif du convertisseur.

1.5.22.2.2 Tension assignée côté réseau U_{LN}

Valeur efficace spécifiée de la tension entre conducteurs côté réseau. Si l'enroulement du transformateur côté réseau comporte des prises, la valeur assignée de la tension côté réseau doit correspondre à la prise principale.

1.5.22.2.3 Tension assignée côté valve du transformateur U_{VN}

Valeur efficace de la tension à vide entre bornes de phases, vectoriellement successives, de l'enroulement du transformateur côté valve pour la tension primaire assignée de celui-ci. Si le convertisseur ne comporte pas de transformateur (convertisseur pour raccordement direct), la tension assignée côté valve est la tension assignée côté réseau du convertisseur.

1.5.22.2.4 Valeur assignée du courant de ligne I_{LN}

Valeur efficace maximale du courant du convertisseur côté réseau dans les conditions assignées. Elle tient compte également de la charge assignée et de la combinaison la plus sévère de toutes les autres conditions dans leurs gammes spécifiées, par exemple variation de tension et de fréquence du réseau.

NOTES

1 Pour les équipements polyphasés, cette valeur est calculée d'après le courant continu assigné sur la base d'ondes rectangulaires de courant dans les éléments du convertisseur.

Pour les équipements monophasés, il y a lieu de spécifier le mode de calcul.

2 Le courant assigné de ligne comprend les courants fournis aux circuits auxiliaires du convertisseur. Il tient compte également de l'effet de l'ondulation du courant continu et du courant de circulation, s'il y a lieu.

1.5.22.2.5 Courant assigné côté valve I_{VN}

Valeur efficace maximale du courant côté valves du convertisseur dans les conditions assignées. Elle tient compte également de la charge assignée et de la combinaison la plus sévère de toutes les autres conditions dans leurs gammes spécifiées, par exemple variation de tension et de fréquence du réseau.

NOTE - Pour les équipements polyphasés, cette valeur est calculée d'après le courant continu assigné sur la base d'ondes rectangulaires de courant dans les éléments du convertisseur.

Pour les équipements monophasés, il y a lieu de spécifier le mode de calcul.

1.5.22.2 Definitions of rated values for convertors and their transformers

1.5.22.2.1 Rated frequency f_N

The specified frequency on the a.c. side of a convertor.

1.5.22.2.2 Rated voltage on the line side U_{LN}

The specified r.m.s. value of the voltage between conductors on the line side of the convertor. If the line side transformer winding is provided with taps, the rated value of the voltage of the line side shall refer to a specified tap, which is the principal tap.

1.5.22.2.3 Rated voltage on the valve side of the transformer U_{VN}

The r.m.s. value of the no-load voltage between vectorially consecutive commutating phase terminals of the valve windings of a commutating group at rated voltage on the line side of the transformer. If no transformer is provided, within the convertor case of a directly connected convertor, the rated voltage on the valve side is the rated voltage on the line side of the convertor.

1.5.22.2.4 Rated current on the line side I_{LN}

The maximum r.m.s. value of the current on the line side of the convertor under rated conditions. It takes into account rated load and the most onerous combination of all other conditions within their specified ranges, for example line voltage and frequency deviations.

NOTES

1 For polyphase equipment, this value is computed from the rated direct current on the basis of rectangular shaped currents of the convertor elements.

For single phase equipment, the basis of calculation should be specified.

2 The rated line current includes currents supplied to the auxiliary circuits of the convertor. It also takes into account the effect of d.c. current ripple and circulating current, if any.

1.5.22.2.5 Rated current on the valve side I_{VN}

The maximum r.m.s. value of the current on the valve side of the convertor under rated conditions. It takes into account rated load and the most onerous combination of all other conditions within their specified ranges, for example line voltage and frequency deviations.

NOTE - For polyphase equipment, this value is computed from the rated direct current on the basis of rectangular shaped currents of the convertor elements.

For single phase equipment, the basis of calculation should be specified.

1.5.22.2.6 Puissance apparente assignée côté réseau S_{LN}

Puissance apparente totale aux bornes côté réseau à la fréquence assignée, à la tension assignée côté réseau et au courant assigné côté réseau.

1.5.23 Définitions des valeurs assignées des blocs et des groupes convertisseurs

1.5.23.1 Tension continue assignée U_{dN}

Valeur moyenne spécifiée de la tension continue entre bornes à courant continu du bloc ou du groupe, pour le courant continu assigné.

1.5.23.2 Courant continu assigné I_{dN}

Valeur moyenne du courant continu spécifiée par le constructeur pour des conditions de charge et de service déterminées.

NOTE - Cette valeur sert de référence 1,0 p.u. aux autres valeurs spécifiées du courant continu I_d .

1.5.23.3 Courant continu maximal permanent assigné I_{dmN}

Valeur moyenne du courant continu qu'un bloc ou un groupe convertisseur est capable de supporter en régime permanent sans dommage et pour des conditions spécifiées de service.

NOTES

1 Le courant continu maximal permanent d'un bloc convertisseur est très souvent nettement plus élevé que le courant assigné de l'équipement complet correspondant.

2 Le courant continu permanent d'un bloc peut être limité par d'autres constituants que les semiconducteurs, par exemple par le système de refroidissement.

1.5.23.4 Puissance assignée côté continu

Produit de la tension continue assignée et du courant continu assigné, dans les conditions précisées dans la présente norme et dans les limites de fonctionnement fixées par le constructeur.

NOTE - Du fait de l'ondulation du courant et de la tension, la puissance mesurée côté continu peut différer de la puissance assignée côté continu telle qu'elle est définie.

1.5.24 Définitions relatives au rendement

1.5.24.1 Facteur de conversion

Rapport du produit des valeurs moyennes du courant et de la tension c.c. à la puissance fondamentale côté alternatif (ou vice versa pour le mode onduleur).

1.5.22.2.6 Rated apparent power on the line side S_{LN}

The total apparent power, at the line side terminals, at rated frequency, rated voltage on the line side and rated current on the line side.

1.5.23 Definitions of rated values for assemblies and equipment

1.5.23.1 Rated direct voltage U_{dN}

The specified value, at rated d.c. current, of the direct voltage between the d.c. terminals of the assembly or equipment. This value is the mean value of the direct voltage.

1.5.23.2 Rated direct current I_{dN}

Mean value of the direct current specified by the manufacturer for specified load and service conditions.

NOTE - It may be referred to as the 1,0 p.u. value, to which other values of I_d are compared.

1.5.23.3 Rated continuous direct current, maximum value I_{dmN}

The mean value of the direct current, which an assembly or converter is capable of carrying continuously without damage, for specified service conditions.

NOTES

1 The rated continuous direct current of an assembly is very often essentially higher than the rated direct current of the corresponding complete equipment.

2 The rated continuous direct current of an assembly may be limited by parts other than the semiconductor devices (for example the cooling system).

1.5.23.4 Rated d.c. power

The product of the rated direct voltage and the rated direct current under the conditions as specified in this standard and within the operating limitations assigned to the equipment by the manufacturer.

NOTE - The measured d.c. power may differ from the rated d.c. power as defined because of voltage and current ripple.

1.5.24 Efficiency definitions

1.5.24.1 Conversion factor

The ratio of the product of the mean values of direct voltage and direct current to the fundamental power on the a.c. side (or reciprocal for inverter operation).

1.5.24.2 Rendement

Rapport de la puissance utile à la puissance absorbée.

NOTES

1 Dans le facteur de conversion, la puissance des composantes alternatives côté continu n'est pas prise en compte. Dans le rendement, elle est incluse dans la puissance côté continu. Par conséquent, dans la conversion c.a.-c.c., le facteur de conversion présente une valeur plus faible. Pour un convertisseur monophasé (indice de pulsation deux), montage homogène, avec charge résistive, la valeur maximale théorique du facteur de conversion est 0,81 p.u. alors que le rendement maximal théorique est de 1,0 p.u.

2 Le facteur de conversion ne peut être obtenu correctement que par la mesure de la puissance fondamentale c.a. et de la puissance c.c. de sortie (ou d'entrée). Le rendement peut être obtenu correctement, soit par la mesure des puissances côté continu et côté alternatif, soit par le calcul ou la mesure des pertes internes.

1.5.25 Termes relatifs aux défauts d'un convertisseur

Voir CEI 146-1-2.

1.5.26 Facteurs du côté alternatif

1.5.26.1 Facteur de puissance global λ (VEI 551-06-04)

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

1.5.26.2 Facteur de puissance pour le fondamental ou facteur de déphasage $\cos \varphi_1$ (VEI 551-06-05, modifié)

$$\cos \varphi_1 = \frac{\text{puissance active de la composante fondamentale}}{\text{puissance apparente de la composante fondamentale}}$$

1.5.26.3 Facteur de déformation v

$$v = \frac{\lambda}{\cos \varphi_1}$$

1.5.27 Termes relatifs à la tension continue

1.5.27.1 Tension continue fictive à vide U_{di} (VEI 551-06-16, modifié)

Valeur moyenne arithmétique de la tension continue théorique à vide d'un convertisseur en supposant qu'il n'y a ni réduction de tension par réglage de phase, ni chute de tension dans les blocs, ni remontée de tension aux faibles charges. Elle se déduit de la tension entre deux phases commutantes U_{v0} , de l'indice de commutation q et du nombre de groupes commutants s , montés en série entre les bornes côté continu, au moyen de la formule:

1.5.24.2 Power efficiency

The ratio of the output power to the input power of the convertor.

NOTES

1 In the conversion factor, the power of the a.c. components on the d.c. side is not taken into account. In the power efficiency, it is included in the d.c. power. Therefore, for a.c. to d.c. conversion, the conversion factor has a lower value. For a single phase, two-pulse (full wave) convertor with resistive load, the theoretical maximum conversion factor is 0,81 p.u., where the maximum power efficiency is 1,0 p.u.

2 The conversion factor may be correctly obtained only by measurement of the fundamental a.c. power and d.c. voltage and current. The power efficiency may be correctly obtained either by measurement of a.c. power and d.c. power or by calculation or measurement of internal losses.

1.5.25 Terms used in connection with convertor faults

See IEC 146-1-2.

1.5.26 Factors on the a.c. side

1.5.26.1 Total power factor λ (IEV 551-06-04)

$$\lambda = \frac{\text{active power}}{\text{apparent power}}$$

1.5.26.2 Power factor of the fundamental wave or displacement factor $\cos \varphi_1$ (IEV 551-06-05, modified)

$$\cos \varphi_1 = \frac{\text{active power of the fundamental wave}}{\text{apparent power of the fundamental wave}}$$

1.5.26.3 Deformation factor ν

$$\nu = \frac{\lambda}{\cos \varphi_1}$$

1.5.27 Terms used in connection with d.c. voltage

1.5.27.1 Ideal no-load direct voltage U_{di} (IEV 551-06-16, modified)

The theoretical no-load mean direct voltage of a convertor, assuming no reduction by phase control, no voltage drop in the assemblies and no voltage rise at small loads. It is obtained from the voltage between two commutating phases U_{v0} , the commutation number q and the number of series-connected commutating groups s , between terminals on d.c. side, by the formula:

$$U_{di} = U_{v0} \times \frac{\sqrt{2}}{2} \times \frac{q \times s}{\pi}$$

NOTE - La formule n'est pas valable pour les circuits multiplicateurs de tension.

1.5.27.2 Tension continue fictive à vide avec réglage $U_{di\alpha}$ (VEI 551-06-17, modifié)

Valeur moyenne arithmétique de la tension continue théorique à vide d'un convertisseur en supposant qu'il y a diminution de la tension par réglage de phase, mais qu'il n'y a ni chute de tension dans les thyristors, ni remontée de tension aux faibles charges, donnée par les formules suivantes.

1.5.27.2.1 Montage homogène

a) Si le courant continu est ininterrompu dans toute la gamme de réglage:

$$U_{di\alpha} = U_{di} \times \cos \alpha$$

b) Si la charge du convertisseur est purement résistive.

pour

$$0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{p} :$$

$$U_{di\alpha} = U_{di} \times \cos \alpha$$

pour

$$\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{p} \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{p} :$$

$$U_{di\alpha} = U_{di} \times \frac{1 - \sin(\alpha - \pi/p)}{2 \sin(\pi/p)}$$

1.5.27.2.2 Montage hétérogène

$$U_{di\alpha} = 0,5 \times U_{di} \times (1 + \cos \alpha)$$

1.5.27.3 Tension continue conventionnelle à vide U_{d0} (VEI 551-06-18, modifié)

Valeur moyenne arithmétique de la tension continue que l'on obtiendrait en prolongeant la courbe caractéristique courant/tension jusqu'à sa rencontre avec l'axe des ordonnées (courant nul).

NOTE - U_{di} est égale à la somme de U_{d0} et de la chute de tension à vide dans le bloc.

1.5.27.4 Tension continue conventionnelle à vide avec réglage $U_{d0\alpha}$ (VEI 551-06-19, modifié)

Valeur moyenne arithmétique de la tension continue conventionnelle à vide obtenue en prolongeant la courbe caractéristique courant/tension correspondant à un angle de retard α jusqu'à sa rencontre avec l'axe des ordonnées (courant nul).

$$U_{di} = U_{v0} \times \frac{\sqrt{2}}{2} \times \frac{q \times s}{\pi}$$

NOTE - The formula is not valid for voltage multiplying circuits.

1.5.27.2 Controlled ideal no-load direct voltage $U_{di\alpha}$ (IEV 551-06-17, modified)

The theoretical no-load mean direct voltage of a convertor, when the direct voltage is reduced by phase control, assuming no voltage drop in the assemblies and no voltage rise at small loads as obtained by the formulae below.

1.5.27.2.1 Uniform connection

a) If the direct current is continuous over the entire control range:

$$U_{di\alpha} = U_{di} \times \cos \alpha$$

b) If the convertor load is purely resistive:

for

$$0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{p}$$

$$U_{di\alpha} = U_{di} \times \cos \alpha$$

for

$$\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{p} \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{p}$$

$$U_{di\alpha} = U_{di} \times \frac{1 - \sin(\alpha - \pi/p)}{2 \sin(\pi/p)}$$

1.5.27.2.2 Non-uniform connections

$$U_{di\alpha} = 0,5 \times U_{di} \times (1 + \cos \alpha)$$

1.5.27.3 Conventional no-load direct voltage U_{d0} (IEV 551-06-18, modified)

The mean value of the direct voltage which would be obtained by extrapolating the direct voltage/current characteristic for continuous direct current back to zero current.

NOTE - U_{di} is equal to the sum of U_{d0} and the no-load voltage drop in the assembly.

1.5.27.4 Controlled conventional no-load direct voltage $U_{d0\alpha}$ (IEV 551-06-19, modified)

The conventional no-load mean direct voltage obtained when extrapolating the direct voltage/current characteristic, corresponding to a delay angle α , back to zero current.

1.5.27.5 Tension continue réelle à vide U_{d00} (VEI 551-06-20, modifié)

Valeur moyenne arithmétique de la tension continue effective pour un courant continu nul.

1.5.27.6 Courant critique (VEI 551-06-21, modifié)

Valeur moyenne arithmétique du courant continu d'un montage de convertisseur, au dessous de laquelle le courant continu des groupes commutants devient intermittent.

NOTE - Pour un courant décroissant à la valeur critique, la pente de la caractéristique de tension augmente. La valeur critique apparaît, par exemple dans le cas de charge avec f.c.é.m., lorsque l'inductance du circuit à courant continu n'est pas suffisante pour maintenir le courant pendant toute la période ou dans le cas d'un montage avec transformateur d'interphase, si le courant continu est assez faible pour que le transformateur d'interphase devienne inefficace.

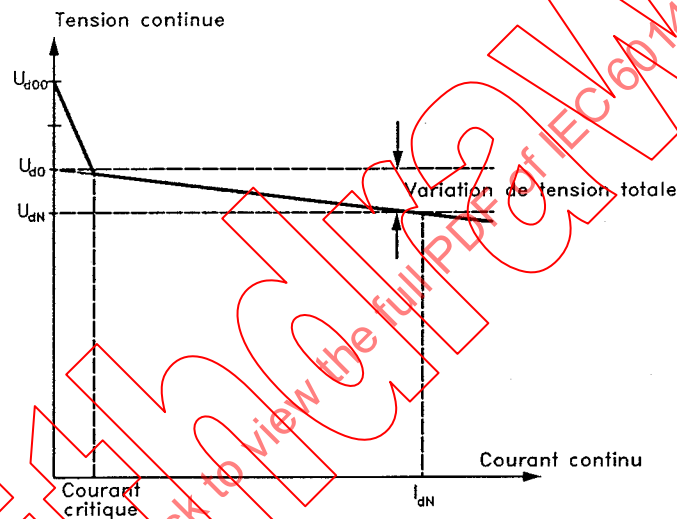


Figure 3 - Variation de tension continue

1.5.28 Termes relatifs à la variation de tension continue

1.5.28.1 Variation de tension continue (VEI 551-06-22, modifié)

Différence entre la tension continue pour le courant assigné et la tension conventionnelle à vide lorsque l'angle de retard α et la tension aux bornes côté réseau du groupe redresseur restent constants, ne tenant pas compte de l'effet correctif d'une stabilisation éventuelle de tension.

NOTES

1 Si l'on utilise un régulateur automatique de tension ou d'autres dispositifs de stabilisation de tension, voir aussi 1.5.28.2.

2 La nature du circuit d'utilisation à courant continu (par exemple condensateurs, f.c.é.m.) peut influencer notablement la variation de tension et cela peut nécessiter une attention particulière.

1.5.27.5 Real no-load direct voltage U_{d00} (IEV 551-06-20, modified)

The actual mean direct voltage at zero direct current.

1.5.27.6 Transition current (IEV 551-06-21, modified)

The mean direct current of a convertor connection when the direct current of the commutating groups becomes intermittent when decreasing the current.

NOTE - At the transition current value, the voltage/current characteristic bends. Transition current can be obtained, for example in the case of back e.m.f. load because the inductance of the d.c. circuit cannot maintain direct current over the entire period or in case of interphase transformer connection, because the direct current decreases below the critical value where the interphase transformer becomes ineffective.

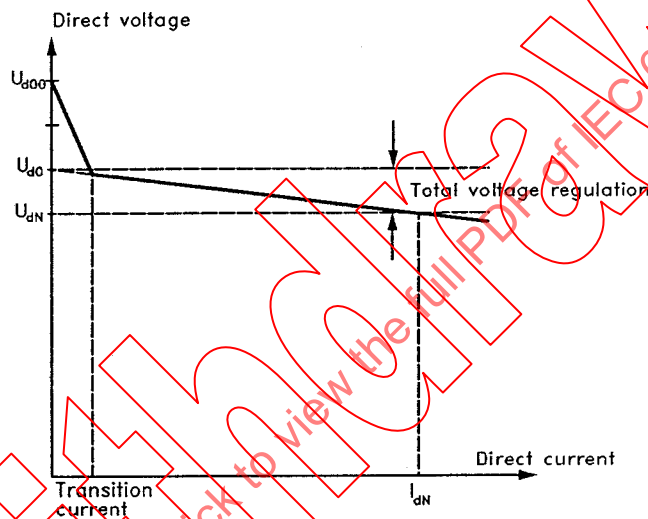


Figure 3 - Voltage regulation

1.5.28 Terms used in connection with direct voltage regulation

1.5.28.1 Direct voltage regulation (IEV 551-06-22, modified)

The difference between the conventional no-load direct voltage and the direct voltage at rated direct current, at the same current delay angle, excluding the correction effect of stabilizing means, if any.

NOTES

1 If voltage stabilizing means are used, refer also to 1.5.28.2.

2 The nature of the d.c. circuit (for example capacitors, back e.m.f. load) may affect the voltage change significantly. Where this is the case, special consideration may be required.

1.5.28.2 *Variation de tension propre (VEI 551-06-23, modifié)*

Variation de tension ne tenant pas compte de la chute de tension additionnelle due à l'impédance du réseau à courant alternatif et de l'effet correcteur des moyens de stabilisation de la tension s'ils existent (voir 3.2.3).

1.5.28.3 *Variation de tension totale (VEI 551-06-24, modifié)*

Variation de tension tenant compte de la chute de tension additionnelle due à l'impédance de source à courant alternatif, mais excluant l'effet correcteur des moyens de stabilisation de la tension s'ils existent.

1.5.28.4 *Plage de tolérance de la tension de sortie*

Plage spécifiée des valeurs, en régime établi, d'une tension de sortie stabilisée autour de sa valeur nominale ou de sa valeur de réglage.

B) Définitions des conditions de service (température et conditions ambiantes)

1.5.29 *Définitions relatives au refroidissement*

1.5.29.1 *Milieu de refroidissement*

Liquide (par exemple eau) ou gaz (par exemple air) susceptible d'absorber la chaleur produite par l'équipement.

1.5.29.2 *Fluide réfrigérant*

Liquide (par exemple eau) ou gaz (par exemple air) inclus dans l'équipement destiné à transporter la chaleur de la source vers un échangeur d'où la chaleur est extraite par le milieu de refroidissement.

1.5.29.3 *Refroidissement direct*

Méthode de refroidissement dans laquelle le milieu de refroidissement est en contact direct avec une partie de l'équipement à refroidir, c'est-à-dire n'utilisant pas de fluide réfrigérant.

1.5.29.4 *Refroidissement indirect*

Méthode de refroidissement dans laquelle un fluide réfrigérant est utilisé pour transporter la chaleur depuis la partie à refroidir jusqu'au milieu de refroidissement.

1.5.29.5 *Circulation du milieu de refroidissement ou du fluide réfrigérant*

1.5.29.5.1 *Circulation naturelle (convection)*

Méthode de circulation du milieu de refroidissement ou fluide réfrigérant, utilisant la variation de masse volumique avec la température.

1.5.28.2 *Inherent direct voltage regulation (IEV 551-06-23, modified)*

The direct voltage regulation excluding the effect of the a.c. system impedance and the correcting effect of voltage stabilizing means, if any (see 3.2.3).

1.5.28.3 *Total direct voltage regulation (IEV 551-06-24, modified)*

The direct voltage regulation including the effect of the a.c. system impedance but excluding the correcting effect of voltage stabilizing means, if any.

1.5.28.4 *Output voltage tolerance band*

The specified range of steady-state values of a stabilized output voltage around its nominal or preset value.

B) Definitions of service conditions (temperature and ambient conditions)

1.5.29 *Definitions related to cooling*

1.5.29.1 *Cooling medium*

A liquid (for example water) or gas (for example air) which removes the heat from the equipment.

1.5.29.2 *Heat transfer agent*

A liquid (for example water) or gas (for example air) within the equipment to transfer the heat from its source to a heat exchanger from where the heat is removed by the cooling medium.

1.5.29.3 *Direct cooling*

A method of cooling by which the cooling medium is in direct contact with the parts of the equipment to be cooled, i.e. no heat transfer agent is used.

1.5.29.4 *Indirect cooling*

A method of cooling in which a heat transfer agent is used to transfer heat from the part to be cooled to the cooling medium.

1.5.29.5 *Circulation of the cooling medium or the heat transfer agent*

1.5.29.5.1 *Natural circulation (convection)*

A method of circulating the cooling fluid (cooling medium or heat transfer agent) which uses the change of volumetric mass (density) with temperature.

1.5.29.5.2 *Circulation forcée (refroidissement forcé)*

Méthode de circulation du milieu de refroidissement ou du fluide réfrigérant utilisant un (des) ventilateur(s), brasseur(s) ou pompe(s).

1.5.29.5.3 *Circulation mixte*

Méthode de circulation du milieu de refroidissement ou du fluide réfrigérant, utilisant la circulation naturelle ou la circulation forcée suivant les circonstances.

NOTE - La circulation mixte peut être appliquée à faible charge ou en surcharge ou dans le cas de fonctionnement de secours.

1.5.30 *Définition des températures*

1.5.30.1 *Température d'équilibre*

Température de régime permanent atteinte par un composant du convertisseur dans des conditions spécifiées de charge et de refroidissement.

NOTE - Les températures d'équilibre des différents composants sont en général différentes. Les temps nécessaires pour la stabilisation sont également différents et augmentent avec les constantes de temps thermiques.

1.5.30.2 *Température de l'air ambiant et du milieu de refroidissement*

1.5.30.2.1 *Température de l'air ambiant (VEI 441-11-13, modifié)*

Température mesurée à mi-distance de tout équipement voisin, mais pas à plus de 300 mm de l'enceinte, à mi-hauteur de celle-ci, en un point abrité du rayonnement thermique direct de l'équipement.

1.5.30.2.2 *Température du milieu de refroidissement pour refroidissement par air et par gaz*

Température mesurée en des points distants de 50 mm de l'entrée à l'intérieur de l'équipement.

NOTE - Pour l'évaluation de la proportion de chaleur rayonnée, la température ambiante est définie en 1.5.30.2.1.

1.5.30.2.3 *Température du milieu de refroidissement pour refroidissement par liquide*

Température mesurée dans la canalisation à 100 mm en amont de l'entrée du liquide dans l'équipement.

1.5.30.2.4 *Température du fluide réfrigérant*

Température du fluide réfrigérant mesurée en un point qui doit être défini par le fournisseur.

1.5.29.5.2 *Forced circulation (forced cooling)*

A method of circulating the cooling medium or heat transfer agent by means of blower(s), fan(s) or pump(s).

1.5.29.5.3 *Mixed circulation*

A method of circulating the cooling medium or heat transfer agent, which uses alternatively natural and forced circulation.

NOTE - Mixed circulation may be used for light load/overload periods or in the case of emergency.

1.5.30 *Temperature definitions*

1.5.30.1 *Equilibrium temperature*

The steady-state temperature reached by a component of a convertor under specified conditions of load and cooling.

NOTE - The steady-state temperatures are in general different for different components. The times necessary to establish steady-state are also different and proportional to the thermal time constants.

1.5.30.2 *Ambient air and cooling medium temperature*

1.5.30.2.1 *Ambient air temperature (IEV 441-11-13, modified)*

The ambient air temperature measured at half the distance from any neighbouring equipment, but not more than 300 mm distance from the enclosure, at middle height of the equipment, protected from direct heat radiation from the equipment.

1.5.30.2.2 *Cooling medium temperature for air and gas cooling*

The average temperature measured outside the equipment at points 50 mm from the inlet to the equipment.

NOTE - For the evaluation of the fraction of heat which is radiated, the ambient temperature is that defined under 1.5.30.2.1.

1.5.30.2.3 *Cooling medium temperature for liquid cooling*

The temperature measured in the liquid pipe 100 mm upstream from the liquid inlet.

1.5.30.2.4 *Temperature of heat transfer agent*

Heat transfer agent temperature measured at a point to be specified by the supplier.

C) Définitions concernant la compatibilité

1.5.31 Perturbation électrique

Toute variation d'un paramètre électrique au-delà de limites spécifiées, qui peut être la cause d'une réduction de performance, d'une interruption de service ou d'une détérioration.

1.5.32 Niveau d'immunité d'un convertisseur

Niveau spécifié de perturbation qu'un convertisseur est destiné à supporter, sans subir de détérioration, de déclenchement ou de perte de performances.

Niveau d'immunité	Symbole	Conséquence possible d'un dépassement
Fonctionnel	F	Perte de performance
Disjonctif	T	Interruption de service due aux dispositifs de protection
Destructif	D	Avarie permanente (fusibles exceptés)

Le niveau d'immunité fonctionnel (F) d'un convertisseur est la combinaison de tous les niveaux limites de perturbations électriques que ce convertisseur peut supporter sans perte de performance.

Le niveau d'immunité disjonctif (T) d'un convertisseur est une combinaison de tous les niveaux limites des diverses perturbations électriques que ce convertisseur peut supporter, sans interruption de service liée au fonctionnement des protections.

Le niveau d'immunité disjonctif peut être subdivisé en deux types:

- disjonction avec réarmement automatique quand la perturbation a disparu;
- disjonction sans réarmement automatique (nécessitant une intervention extérieure pour le redémarrage, le réarmement manuel d'un disjoncteur, le changement d'un fusible, etc.).

NOTE - La remise en service peut nécessiter ou non une intervention extérieure.

Le niveau d'immunité destructif (D) d'un convertisseur est une combinaison de tous les niveaux limites des diverses perturbations électriques que ce convertisseur peut supporter sans avarie permanente.

1.5.33 Niveau de perturbation produite par un convertisseur

Niveau de perturbation que peut produire un convertisseur utilisé dans des conditions spécifiées.

C) Definitions concerning compatibility

1.5.31 *Electrical disturbance*

Any variation of an electrical quantity, beyond specified limits, which may be the cause of a loss of performance or an interruption of service or damage.

1.5.32 *Level of immunity of a convertor*

Specified value of an electrical disturbance below which a convertor is designed to meet the required performances or continue operation or avoid damage.

Immunity level	Symbol	Possible consequence if exceeded
Functional	F	Loss of performance
Tripping	T	Interruption of service due to protective devices
Damage	D	Permanent damage (fuses excepted)

The functional immunity level (F) of a convertor is a combination of all the limiting levels of the various kinds of electrical disturbance which said convertor can withstand without loss of performance.

The tripping immunity level (T) of a convertor is a combination of all the limiting levels of the various kinds of electrical disturbance which said convertor can withstand without interruption of service due to protective devices.

The tripping immunity level can be further divided into two sub-levels:

- tripping with automatic reset when the disturbance is over;
- tripping without automatic reset (requiring outside intervention for restarting, manual resetting of a circuit-breaker, changing fuse, etc.).

NOTE - Resumption of service may or may not require outside intervention.

The damage immunity level (D) of a convertor is a combination of all the limiting levels of the various kinds of electrical disturbance which said convertor can withstand without sustaining permanent damage.

1.5.33 *Level of generated disturbance of a convertor*

Level of disturbance which may be produced by a convertor when operated within specified conditions.

1.5.34 Niveau de référence de la perturbation produite par un convertisseur

Niveau estimé de la perturbation produite par un convertisseur lorsque les conditions réelles de service ne sont pas connues et que les conditions assignées de service sont utilisées pour calculer ou mesurer le niveau de perturbation.

NOTE - Le niveau de perturbation dépend généralement de l'impédance de la source d'alimentation, qui ne peut être considérée comme une grandeur propre du convertisseur.

1.5.35 Rapport de court-circuit, R_{SC}

Rapport de la puissance de court-circuit de la source à la puissance apparente fondamentale côté réseau du convertisseur. Il se rapporte à la ligne d'alimentation, au point considéré, pour des conditions spécifiées de fonctionnement et pour une configuration spécifiée du réseau.

1.5.36 Compatibilité d'un système

Se référer aux publications préparées par le Comité d'Etudes n° 77 de la CEI et ses Sous-Comités.

1.5.37 Types et caractéristiques des perturbations usuelles

1.5.37.1 Perturbations véhiculées par le réseau

Perturbations pouvant être attribuées à un certain nombre de causes, telles que des réseaux publics de distribution, de transport ou d'autres installations au-delà du point commun de couplage, pour lesquelles seules des valeurs statistiques peuvent être spécifiées.

NOTE - Exemples de telles perturbations:

- surtensions et transitoires dus à des manœuvres ou à la foudre;
- baisses ou oscillations de tension provenant du démarrage de moteurs ou de l'enclenchement de condensateurs;
- défauts et élimination de défauts: phase-terre et diphasés sans terre;
- déséquilibre quasi permanent des tensions, à spécifier par le rapport de la composante inverse à la composante directe;
- variation de fréquence et déphasage;
- signaux superposés de télécommande;
- composantes harmoniques et interharmoniques de courant ou de tension.

1.5.34 *Reference level of generated disturbance of a convertor*

The assumed level of disturbance produced by a convertor, when the actual operating conditions are not known and rated operating conditions are used to calculate or measure the disturbance level.

NOTE - The level of disturbance generally depends on the supply source impedance which may not be considered as a characteristic quantity of the convertor.

1.5.35 *Relative short-circuit power, R_{SC}*

Ratio of the short-circuit power of the source to the fundamental apparent power on the line side of the convertor(s). It refers to a given point of the network, for specified operating conditions and specified network configuration.

1.5.36 *Compatibility of a system*

Refer to publications prepared by IEC, Technical Committee No. 77 and its Sub-Committees.

1.5.37 *Types and characteristics of common disturbances*

1.5.37.1 *System borne disturbances*

Disturbances attributable to a number of causes, such as in the case of varying loads on the distribution system, switching transients, changes of configuration in the supply network, for which only statistical values can be specified.

NOTE - Examples of such disturbances are:

- overvoltages, switching transients, lightning strokes;
- voltage changes due to motor starting, capacitor switching;
- faults and fault clearing: single phase-to-earth, phase-to-phase;
- quasi-permanent voltage unbalance, to be specified in terms of negative to positive sequence ratio;
- frequency variation and phase displacement;
- ripple-control signals;
- harmonic and inter-harmonic components of voltage and current.

1.5.37.2 Perturbations produites par les convertisseurs

Perturbations dues à la non-linéarité de la charge constituée par un convertisseur.

NOTES

1 Exemples de telles perturbations:

- fluctuations de tension, à définir par la différence de valeurs efficaces entre deux états stationnaires consécutifs;
- courants harmoniques, à définir par le rang, l'amplitude et la phase des conditions spécifiées:
 - a) valeur moyenne, niveau de régime continu le plus probable;
 - b) valeur maximale occasionnelle de courte durée (par exemple 1 min);
- encoches de commutation, à définir par la largeur, la profondeur, la surface;
- transitoires répétitifs de commutation, à définir comme impulsion brève par l'énergie, la valeur de crête, la pente, etc.;
- surtensions transitoires non répétitives pouvant provenir de la coupure de défauts internes ou externes, de l'appel de courant du transformateur;
- composantes interharmoniques (par exemple changeurs de fréquence).

2 Les perturbations énumérées ci-dessus peuvent être produites par le convertisseur considéré ou par d'autres convertisseurs et le niveau réel peut changer avec les caractéristiques du réseau d'alimentation et avec le point où elles sont évaluées.

3 Pour d'autres indications, voir la CEI 146-1-2. Par exemple, lorsque de nombreux convertisseurs ayant un indice élevé de pulsations et des transformateurs déphaseurs sont utilisés, le problème des harmoniques peut être atténué à un niveau tel, que ce sont les chutes de tension qui deviennent le principal souci.

1.5.38 Distorsion harmonique (VEI 551-06-07)

Section 2 - Conditions de service

2.1 Code d'identification de la méthode de refroidissement

NOTE - Dans la plupart des cas, le code d'identification est semblable à celui qui est actuellement utilisé pour les transformateurs.

2.1.1 Symboles à utiliser

2.1.1.1 Milieu de refroidissement ou du fluide réfrigérant

Milieu de refroidissement ou du fluide réfrigérant	Symbole
Huile minérale	O
Diélectrique liquide (sauf eau ou huile minérale)	L
Gaz	G
Eau	W
Air	A
Fluide à chaleur latente de changement d'état	P

1.5.37.2 Converter generated disturbances

Disturbances due to the non-linearity of the converter load.

NOTES

1 Examples of such disturbances are:

- voltage dips and rises, to be specified as the difference of r.m.s. value between consecutive steady-states;
- harmonic currents, in terms of order, magnitude and phase relationship, for specified operating conditions, taking into account:
 - a) the average, "most likely" value;
 - b) the maximum, occasional value for short durations (for example 1 min);
- commutation notches, to be specified in terms of width, depth, area;
- commutation repetitive transients, to be specified as short impulses in terms of energy, crest value, rate of rise, etc.;
- non-repetitive transients which may be due to transformer inrush current, internal or external fault clearing, etc.;
- interharmonic components (for example frequency changers).

2 The listed disturbances may be produced by the converter under consideration or by other converters and the actual level may change with the network impedance, at the point at which they are considered.

3 For more information refer to IEC 146-1-2. For example when many converters with large pulse numbers and phase-shift transformers are used, the harmonic problem may be alleviated to a point, where the voltage changes become the main concern.

1.5.38 Harmonic distortion (IEV 551-06-07)

Section 2 - Service conditions

2.1 Code of identification for cooling method

NOTE - In most cases, the identification code for the cooling method is the same as that now in use for transformers.

2.1.1 Letter symbols to be used

2.1.1.1 Cooling medium or heat transfer agent

Cooling medium or heat transfer agent	Symbol
Mineral oil	O
Dielectric liquid (other than mineral oil or water)	L
Gas	G
Water	W
Air	A
Fluid used for two-state cooling	P

2.1.1.2 Mode de circulation

Mode de circulation	Symbole
Naturel (convection)	N
Forcé, dispositif non incorporé	E
Forcé, dispositif incorporé	F
Evaporation	V

2.1.2 Disposition des symboles

2.1.2.1 Refroidissement direct

Le première lettre indique la nature du milieu (2.1.1.1), la deuxième la méthode de circulation (2.1.1.2).

Exemple: AN, circulation naturelle d'air.

2.1.2.2 Refroidissement indirect

Le code comprend quatre lettres.

Les deux premières indiquent:

- a) le fluide réfrigérant (2.1.1.1);
- b) le mode de circulation de celui-ci (2.1.1.2).

Les deux dernières lettres indiquent:

- c) le milieu de refroidissement (2.1.1.1);
- d) le mode de circulation de celui-ci (2.1.1.2).

Exemple: OFAF, convertisseur avec huile à circulation forcée (pompe) utilisée comme fluide réfrigérant et convection forcée d'air (ventilateur) utilisé comme milieu de refroidissement.

2.1.2.3 Mode mixte de circulation

Dans les deux cas, refroidissement direct ou refroidissement indirect, si la circulation peut être alternativement naturelle ou forcée, deux groupes de symboles séparés par une barre oblique sont utilisés pour désigner les deux modes possibles de circulation, le premier groupe correspondant au débit de chaleur le plus faible ou à la température ambiante la plus basse.

La désignation complète comporte donc:

- a) Refroidissement direct: deux groupes de deux lettres séparés par une barre oblique.

Exemple: AN/AF, convertisseur à circulation de l'air naturelle, avec possibilité de circulation forcée de l'air.

2.1.1.2 Method of circulation

Method of circulation	Symbol
Natural (convection)	N
Forced, moving device not incorporated	E
Forced, moving device incorporated	F
Vapour cooling	V

2.1.2 Arrangement of letter symbols

2.1.2.1 Direct cooling

The first letter indicates the cooling medium (2.1.1.1), the second the circulation method (2.1.1.2).

Example: AN, air cooled, natural circulation (convection).

2.1.2.2 Indirect cooling

The code includes four letter symbols.

The first two letters indicate:

- a) the heat transfer agent (2.1.1.1);
- b) the circulation method of the heat transfer agent (2.1.1.2).

The last two letters indicate:

- c) the cooling medium (2.1.1.1);
- d) the circulation method of the cooling medium (2.1.1.2).

Example: OFAF, convertor with forced circulated oil (pump) as heat transfer agent and forced circulated (fan) air as cooling medium.

2.1.2.3 Mixed cooling method

For both cases, direct cooling or indirect cooling, if the circulation is alternatively natural or forced, two groups of symbols, separated by a stroke, shall indicate both possible methods of circulation as used, the first group corresponding with the lower heat flow or the lower ambient temperature.

Therefore, the complete code shall include:

- a) For direct cooling: two groups of two letters separated by a stroke.

Example: AN/AF, convertor with natural direct air cooling and possibilities for forced direct air cooling.

b) Refroidissement indirect: deux groupes de quatre lettres séparés par une barre oblique.

Exemple: OFAN/OFAF, convertisseur utilisant l'huile en circulation forcée comme fluide réfrigérant et l'air ambiant comme milieu de refroidissement, avec possibilité de soufflage d'air ambiant.

2.2 Conditions d'environnement

2.2.1 Circulation de l'air ambiant

Les équipements de type intérieur installés dans une salle, doivent être en communication avec le milieu (illimité) de refroidissement ou, si l'air de refroidissement est pris dans la salle, il est nécessaire de prévoir un moyen d'extraction de la chaleur dissipée dans le local, qui doit alors être considéré comme un échangeur entre l'équipement et l'air extérieur.

Pour des sous-ensembles montés en coffret ou en armoire, le fluide ambiant de ces sous-ensembles (air à l'intérieur de l'armoire) est à considérer comme fluide réfrigérant et non comme milieu réfrigérant. On doit également tenir compte de la réflexion de la chaleur sur les parois. Donc, pour les sous-ensembles montés en armoire, une température ambiante supérieure doit être spécifiée et les distances minimales entre sous-ensembles prescrites par le fabricant doivent être respectées.

2.2.2 Conditions usuelles de service

Les limites ci-après sont applicables sauf indications contraires dans le contrat.

2.2.2.1 Magasinage et transport

	Minimum	Maximum
Magasinage et transport	-40 °C	+55 °C

Ces limites s'entendent sans liquide de refroidissement.

2.2.2.2 Service comportant des périodes hors charge, équipement de type intérieur

2.2.2.2.1 Températures

a) Températures extrêmes temporaires du milieu réfrigérant:

	Minimum	Maximum
Air	0 °C	+40 °C
Eau	+5 °C	+30 °C
Huile	-5 °C	+30 °C

b) Moyenne journalière de l'air +30 °C

c) Moyenne annuelle de l'air +25 °C

b) For indirect cooling: two groups of four letter symbols separated by a stroke.

Example: OFAN/OFAF, convertor with forced circulated oil as heat transfer agent and natural air as cooling medium, with possibilities for forced air as cooling medium.

2.2 Environmental conditions

2.2.1 Ambient air circulation

Indoor type equipment installed in a room shall be connected to the (unlimited) supply of cooling medium or if the cooling air is taken from the ambient in the room, provision shall be made to extract the heat from the room, which then can be considered as an intermediate heat-exchanger between the equipment and the outside air.

For assemblies mounted in a cubicle or cabinet, the ambient for the assemblies (internal air of the cubicle or cabinet) is to be considered as a heat transfer agent and not as a cooling medium. There is some reflection from the cabinet walls, which should be taken into account. Therefore, for the cubicle or cabinet mounted assemblies, a higher ambient temperature has to be specified and the clearance distances shall comply with the suppliers specification.

2.2.2 Normal service conditions

The following limits shall apply unless otherwise specified.

2.2.2.1 Storage and transport temperatures

	Minimum	Maximum
Storage and transport	-40 °C	+55 °C

These limits apply with cooling liquid removed.

2.2.2.2 Operation including off-load periods, indoor equipment

2.2.2.2.1 Temperatures

a) Temporary extreme temperatures of the cooling medium:

	Minimum	Maximum
Air	0 °C	+40 °C
Water	+5 °C	+30 °C
Oil	-5 °C	+30 °C

b) Daily average air +30 °C

c) Yearly average air +25 °C

2.2.2.2.2 Degré hygrométrique de l'air ambiant

- a) Minimum: 15 %.
- b) Maximum: les équipements de type normal sont prévus lorsqu'aucune condensation ne peut se produire. Si des condensations sont à prévoir, ce cas est à considérer dans le cadre des conditions anormales de service (voir 2.2.3).

2.2.2.2.3 Teneur de l'air en poussière et en particules solides

Les équipements de type normalisé sont prévus pour de l'air propre. Voir la CEI 664, Pollution degré 1. Si ce n'est pas le cas, les conditions sont à préciser par l'acquéreur comme conditions anormales de service (voir 2.2.3).

2.2.2.3 Service comportant des périodes hors charge, équipement de type extérieur

A spécifier par l'utilisateur.

2.2.3 Conditions anormales de service

Les conditions de service sont supposées être celles qui sont indiquées plus haut comme conditions normales. La liste ci-après donne des exemples de conditions anormales de service qui doivent faire l'objet d'un accord spécial entre l'acquéreur et le fournisseur.

- a) Contraintes mécaniques anormales, par exemple chocs et vibrations;
- b) eau de refroidissement pouvant être la cause de corrosion ou d'obstruction, par exemple eau de mer ou eau dure;
- c) particules étrangères dans l'air ambiant, par exemple impuretés ou poussières anormales;
- d) air salin (par exemple à proximité de la mer), taux élevé d'humidité, eau tombant goutte à goutte ou gaz corrosifs;
- e) exposition à des vapeurs d'eau ou d'huile;
- f) exposition à des mélanges explosifs de poussières ou de gaz;
- g) exposition à des rayonnements ionisants;
- h) valeurs élevées d'humidité relative et de température comme celles qui sont rencontrées dans les climats tropicaux et subtropicaux;
- i) fluctuations de température dépassant 5 K/h et variations de l'humidité relative dépassant 0,05 p.u./h;
- j) altitudes supérieures à 1 000 m (voir CEI 146-1-2);
- k) fonctionnement à une température ambiante inférieure à +5 °C pour un refroidissement par eau;
- l) fonctionnement à une température ambiante inférieure à -5 °C pour un refroidissement par huile;
- m) autres conditions anormales de service ne figurant pas dans cette liste ou dépassant les limites habituellement spécifiées.

2.2.2.2.2 *Relative humidity of the ambient air*

- a) Minimum: 15 %.
- b) Maximum: standard design equipment is designed for the case where no condensation can occur. If condensation is to be provided for, the case shall be treated as unusual service conditions (see 2.2.3).

2.2.2.2.3 *Dust and solid particles content*

Standard design equipment is designed for clean air. Refer to IEC 664, Pollution degree 1. Any other conditions is to be specified by the purchaser as unusual service conditions (see 2.2.3).

2.2.2.3 *Operation including off-load periods, outdoor equipment*

To be specified by the purchaser.

2.2.3 *Unusual service conditions*

The service conditions are assumed to be those listed under normal service conditions. The following list is an example of unusual service conditions that shall be subject to special agreement between purchaser and supplier.

- a) Unusual mechanical stresses, for example shocks and vibrations;
- b) cooling water which may cause corrosion or obstruction, for example sea water or hard water;
- c) foreign particles in the ambient air, for example abnormal dirt or dust;
- d) salt air (for example proximity to the sea), high humidity, dripping water or corrosive gases;
- e) exposure to steam or oil vapour;
- f) exposure to explosive mixtures of dust or gases;
- g) exposure to radioactive radiation;
- h) high values of relative humidity and temperature similar to those associated with sub-tropical or tropical climatic conditions;
- i) fluctuations of temperature exceeding 5 K/h and relative humidity changes exceeding 0,05 p.u./h;
- j) altitude more than 1 000 m (see IEC 146-1-2);
- k) operation at ambient temperatures below +5 °C with water cooling;
- l) operation at ambient temperatures below –5 °C with oil cooling;
- m) other unusual service conditions not covered by this list or service conditions exceeding the specified limits of normal service conditions.

2.3 Conditions électriques de service

En ce qui concerne les conditions du réseau, on doit se référer aux publications établies par le Comité d'Etudes n° 77 de la CEI et par ses Sous-Comités.

2.3.1 Spécification de l'environnement électrique

Il est essentiel, dès la conception d'une installation, de donner des renseignements sur les conditions de coexistence à prévoir entre réseaux d'alimentation, charges perturbatrices et appareils sensibles (le plus souvent des équipements de conduite à courant faible, d'autres convertisseurs de puissance, des condensateurs de puissance et des liaisons sensibles comme celles de communication et de conduite); le rapport de la puissance de court-circuit à la puissance apparente, ainsi que la présence de condensateurs ou d'autres convertisseurs, sont en particulier à prendre en considération.

Des éléments sur les méthodes de calcul peuvent être trouvés dans la CEI 146-1-2.

NOTE - Il n'est pas toujours facile d'obtenir ces données. L'approche peut alors être réalisée comme suit:

- a) recherche auprès du distributeur local ou national des données sur le réseau lorsque l'implantation finale est connue. Cela englobe les services du distributeur d'énergie, les autorités responsables des communications par câbles et par radio et celles responsables en matière de limitation des perturbations;
- b) lorsqu'un accord est nécessaire avec l'acheteur pour mettre au point les clauses techniques, les renseignements mentionnés ci-dessus doivent en principe être utilisés comme base de discussion et, après accord, pour les calculs.

2.3.2 Implantation non spécifiée

Lorsque ni le site final ni l'utilisateur ne sont indiqués, pour les convertisseurs de type normalisé, le constructeur choisit la classe d'immunité d'après son expérience et l'indique dans la spécification relative à l'équipement.

2.4 Caractéristiques de charge

Le fournisseur doit spécifier le type de charge pour lequel le convertisseur est conçu et pour lequel ses caractéristiques sont valables:

- résistive (W);
- fortement inductive (L);
- de type moteur (M);
- charge de batterie (B);
- capacitive (C);
- régénératrice (G).

Réciproquement, l'acquéreur doit spécifier le type et les caractéristiques de la charge pour l'application considérée.

Exemples de charge nécessitant une spécification détaillée:

- charge inductive nécessitant la réversibilité de la tension et/ou la protection contre les surtensions, telle que: inducteurs de moteurs, électro-aimants, inductances avec un rapport X/R élevé;

2.3 Electrical service conditions

For network conditions reference shall be made to the publications of IEC, Technical Committee No. 77 and its Sub-Committees.

2.3.1 Electrical environment specification

Information on the prospective conditions of coexistence between supply systems, disturbing loads and sensitive apparatus (mostly low current control equipment, other power convertors, power capacitors and sensitive lines such as used for communications and control) is essential during the early stages of the design of an installation (notably: ratio of short-circuit power to apparent power, presence of capacitors or other convertors).

Guidance on calculation methods will be found in IEC 146-1-2.

NOTE - Such information may not be readily available and the approach could be made as follows:

a) request system information from the appropriate local and national authorities, when the final location of the plant is known. This includes the power, line and radio communication authorities and those responsible for the limitation of disturbance;

b) where agreement is necessary with the purchaser to finalize the requirements, the above information should be used as a basis for discussion and when agreed, used for calculation purposes.

2.3.2 Unknown site conditions

When neither the final location nor the user is known, for standard convertors, the supplier shall select the "immunity class" from experience and this shall be stated in the specification for the equipment.

2.4 Character of the load

The supplier shall state the type of load for which the convertor is designed and for which its rating is valid:

- resistive (W);
- highly inductive (L);
- motor (M);
- battery charging (B);
- capacitive (C);
- regenerative (G).

Conversely, the purchaser shall specify the type and characteristics of the load in the prospective application.

Examples of loads which require to be specified in detail are:

- inductive load requiring voltage reversing and/or overvoltage protection, such as d.c. motor fields, electromagnets, inductors with high X/R ratio;

- charge accumulatrice d'énergie, telle que batteries d'accumulateurs, de condensateurs, cellules électrochimiques, onduleurs;
- treuils, dérouleuses et autres charges régénératrices d'énergie qui nécessitent des moyens d'évacuer l'énergie récupérée et la protection contre les défauts de la source;
- charges à impédance très variable avec fort gradient de courant.

2.5 Conditions électriques de service en tant que base des caractéristiques

Sauf spécification contraire, le convertisseur doit être conçu pour fonctionner dans les conditions d'utilisation spécifiées par les valeurs qui suivent (qui comprennent l'effet de ce convertisseur).

Si la classe d'immunité n'est pas spécifiée dans l'appel d'offre, la classe B est supposée s'appliquer.

Les valeurs indiquées sont une base des caractéristiques et non une définition du réseau de distribution publique existant à un certain emplacement, étant donné que des perturbations, par exemple les réductions de tension alternative supérieures aux limites d'immunité, se produisent parfois sur les réseaux de distribution de tension alternative à la suite de conditions de fonctionnement particulières.

Pour informations complémentaires, voir la CEI 146-1-2.

2.5.1 Fréquence

Variation	Classe d'immunité			Conséquence possible 1)
	A	B	C	
Plage de variation (%)	±2	±2	±1	F
Taux de variation (%/s)	±2	±1	±1	F

1) Voir 1.5.32 pour les définitions.

2.5.2 Tension alternative

Variation	Classe d'immunité			Conséquence possible 1)
	A	B	C	
a) Plage, régime établi (%)	+10/-10	+10/-10	+10/-5	F
b) Variation de courte durée (0,5 à 30 périodes)				
Mode redresseur, jusqu'aux valeurs assignées I_{dN} et U_{dN} (%)	+15/-15	+15/-10	+15/-10	T
Mode onduleur, jusqu'aux valeurs assignées I_{dN} et U_{dN} (%)	+15/-15	+15/-10	+15/-7,5	T

1) Voir 1.5.32 pour les définitions.

NOTES

1 Une baisse de fréquence est supposée ne pas coïncider avec une élévation de tension et vice versa.

2 Pour les conditions de surcharge, d'autres limites peuvent figurer à la spécification particulière.

3 Dans certaines limites à spécifier, la conséquence possible T peut devenir F, en particulier si, selon une prescription à insérer dans la spécification particulière, le client requiert l'utilisation de moyens spéciaux de contrôle-commande.

- energy-storing load such as storage batteries, capacitor banks, electrochemical process cells, inverters;
- hoists, unwinders and other regenerative loads which require means of handling the regenerated energy and protection against mains failure;
- highly variable impedance loads with high rate of current rise.

2.5 Electrical service conditions as a basis of ratings

Unless otherwise specified, the converter shall be designed to operate under the service conditions specified by the following values (which include the effect of this converter).

If no immunity class is specified, class B shall be assumed to apply.

The values given are a basis of ratings and not a definition of the normal public supply available at a location since disturbances, for example a.c. voltage reductions, exceeding the immunity limits inevitably occur occasionally on a.c. supply systems as a result of particular operating conditions.

For guidance see also IEC 146-1-2.

2.5.1 Frequency

Variation	Immunity class			Possible consequence 1)
	A	B	C	
Range (%)	±2	±2	±1	F
Rate of change (%/s)	±2	±1	±1	F
1) Refer to 1.5.32 for definitions.				

2.5.2 A.C. voltage

Variation	Immunity class			Possible consequence 1)
	A	B	C	
a) Steady-state (%)	+10/-10	+10/-10	+10/-5	F
b) Short time (0,5 to 30 cycles)				
Rectifier operation only, up to rated values I_{dN} and U_{dN} (%)	+15/-15	+15/-10	+15/-10	T
Inverter operation, up to rated values I_{dN} and U_{dN} (%)	+15/-15	+15/-10	+15/-7,5	T
1) Refer to 1.5.32 for definitions.				
NOTES				
1 A decrease in frequency is assumed not to coincide with an increase in a.c. line voltage and vice versa.				
2 For overload conditions other limits may be specified separately.				
3 Within certain limits to be specified, the possible consequence T may be replaced by F, in particular if, by a requirement to be inserted in the specification, the purchaser requires the use of special control arrangements.				

2.5.3 Déséquilibre de tension

Composante inverse de la tension en pourcentage de la composante directe

Variation	Classe d'immunité			Conséquence possible 1)
	A	B	C	
a) Régime établi (%)	5	5	2	F
b) Transitoire				
Redresseur uniquement (%)	8	5	3	T
Redresseur ou onduleur (%)	5	5	2	T
1) Voir 1.5.32 pour les définitions.				
NOTE - Les valeurs plus élevées spécifiées pour des variations de courte durée peuvent conduire, par exemple, à une ondulation excessive côté courant continu et à des harmoniques irréguliers côté courant alternatif.				

2.5.4 Forme d'onde de tension alternative

2.5.4.1 Harmoniques

Les valeurs ci-après sont sujettes à révision pour tenir compte des travaux en cours dans les Comités d'Etudes de la CEI, pour les entraînements à vitesse variable (SC 22G) et pour la compatibilité électromagnétique (CE 77).

Variation	Classe d'immunité			Conséquence possible 1)
	A	B	C	
a) Distorsion harmonique (régime établi) (%)	25	10	5	F
b) Distorsion harmonique individuelle				
en régime établi				
impair (%)	12,5	5	2,5	F
pair (%)	2	2	1	F
c) Encoches de commutation (régime établi)				
- profondeur (% de U_{LWM})	100	40	20	T
- surface (% x degrés)	625	250	125	T
1) Voir 1.5.32 pour les définitions.				
NOTES				
1 La surface d'une encoche est approximativement constante pour un courant donné et pour une valeur donnée de R_{SC} . La largeur et la profondeur varient en fonction de l'angle de retard (de commande) (α).				
2 Si plusieurs convertisseurs sont raccordés au même secondaire de transformateur, il est supposé que la surface totale de toutes les encoches ne dépasse pas quatre fois la surface d'une encoche principale.				

2.5.3 Voltage unbalance

Negative sequence in per cent of positive sequence

Variation	Immunity class			Possible consequence ¹⁾
	A	B	C	
a) Steady-state (%)	5	5	2	F
b) Short time Rectifier operation only (%)	8	5	3	T
Rectifier or inverter operation (%)	5	5	2	T
1) Refer to 1.5.32 for definitions.				
NOTE - The higher values specified for short time may lead to, for example, excessive ripple on the d.c. side and uncharacteristic harmonics on the a.c. side.				

2.5.4 A.C. voltage wave form

2.5.4.1 Harmonics

The following values are subject to revision following current work in IEC committees for convertor drive systems (SC 22G) and electromagnetic compatibility (Technical Committee No. 77).

Variation	Immunity class			Possible consequence ¹⁾
	A	B	C	
a) Harmonic distortion (steady-state) (%)	25	10	5	F
b) Individual harmonic distortion				
steady-state				
odd (%)	12,5	5	2,5	F
even (%)	2	2	1	F
c) Commutation notches (steady-state)				
- depth (% of U_{LWM})	100	40	20	T
- area (% x degrees)	625	250	125	T
1) Refer to 1.5.32 for definitions.				
NOTES				
1 The area of a notch is approximately constant for a given d.c. current and R_{SC} . The width and depth vary with the trigger delay angle (α).				
2 If several convertors are connected to the same convertor transformer secondary terminals, the total area of all notches over one period of the fundamental is not expected to exceed four times the area given above for one principal commutation notch.				

2.5.4.2 Transitoires répétitifs et non répétitifs

Les caractéristiques suivantes sont dans la mesure du possible à spécifier:

- | | |
|--|-------------|
| a) énergie disponible aux bornes du convertisseur | (J); |
| b) durée de montée (de 0,1 à 0,9 p.u. valeur de crête) | (μ s); |
| c) valeur de crête U_{LRM}/U_{LWM} | (p.u.); |
| d) valeur de crête U_{LSM}/U_{LWM} | (p.u.); |
| e) durée de retour à 50 % (t) | (μ s). |

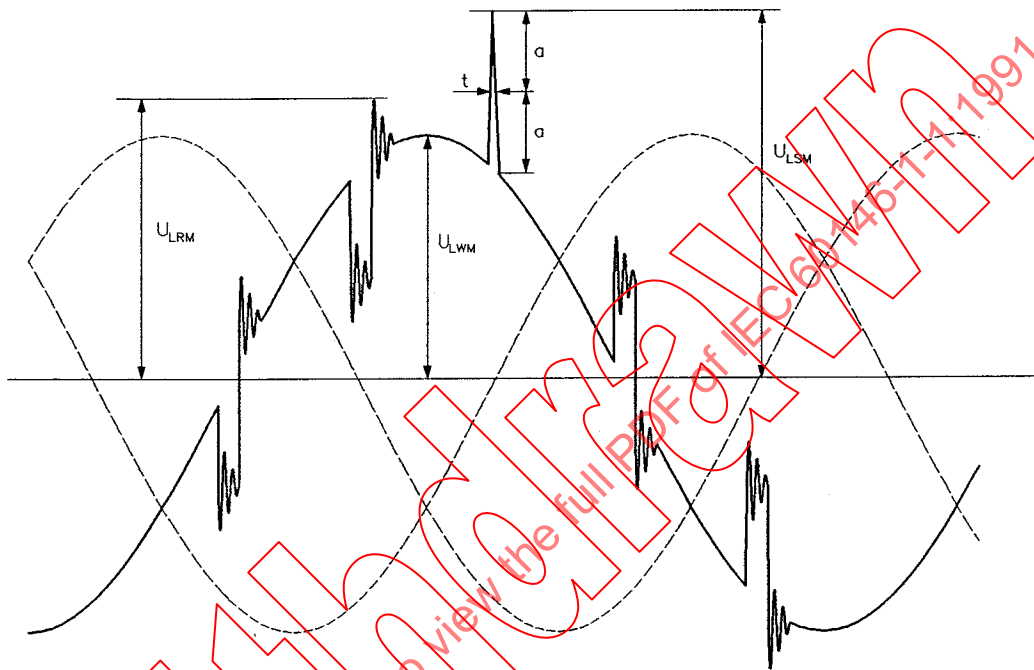


Figure 4 - Formes de tension c.a.

NOTE - Pour information complémentaire sur la forme d'onde de tension alternative, voir la CEI 146-1-2.

2.5.4.2 Repetitive and non-repetitive transients

The following characteristics shall be specified as far as possible:

- | | |
|--|-------------|
| a) transient energy available at the convertor terminals | (J); |
| b) rise time, (from 0,1 to 0,9 p.u. peak value) | (μ s); |
| c) peak value U_{LRM}/U_{LWM} | (p.u.); |
| d) peak value U_{LSM}/U_{LWM} | (p.u.); |
| e) duration above 50 % (t) | (μ s). |

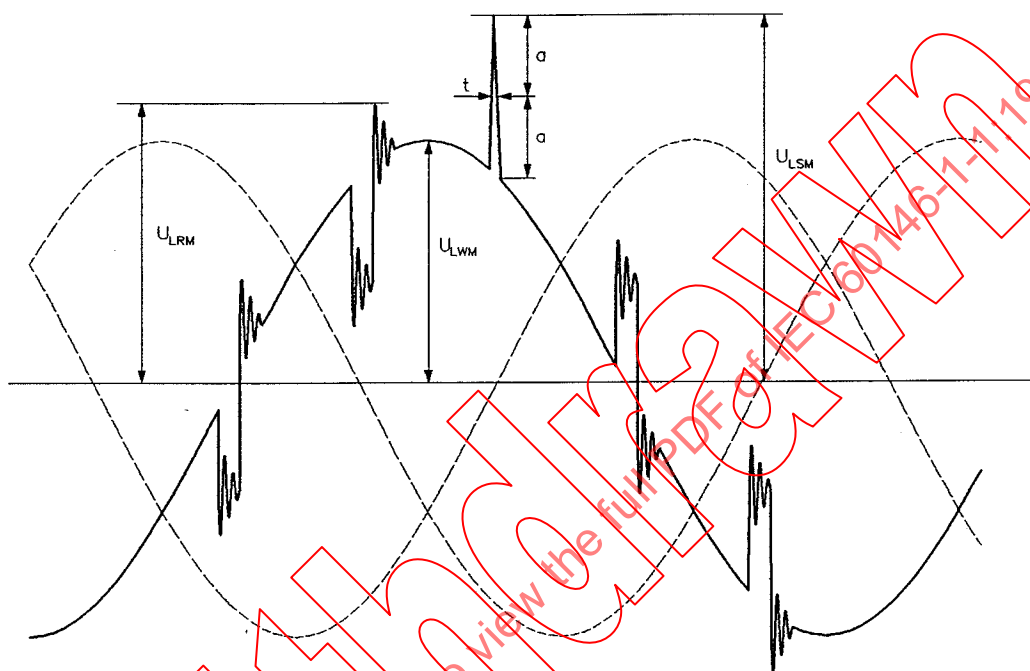


Figure 4- A.C. voltage waveform

NOTE - For additional information on a.c. voltage waveforms, see IEC 146-1-2.

Section 3 - Blocs et équipements convertisseurs

3.1 Montages et facteurs de calcul

3.1.1 Convertisseurs de type normalisé

Compte tenu de la nécessité de simplification dans le cas usuel des convertisseurs normalisés couvrant la majorité des besoins des utilisateurs, on considère deux types dans cette section:

- a) les convertisseurs sans transformateur;
- b) les convertisseurs avec transformateur individuel.

Dans les deux cas, les alimentations monophasées et triphasées sont traitées ($p = 2$, $p = 6$) dans le cas de montages uniformes.

Dans le cas b), les convertisseurs dodécaphasés et les convertisseurs à deux montages hexaphasés imposent deux enroulements secondaires Y et D respectivement.

3.1.2 Convertisseurs étudiés à la demande

Pour les convertisseurs soumis à un accord préalable entre l'utilisateur, le fournisseur et, éventuellement, le distributeur, du fait de leur puissance, d'exigences spéciales ou de leur mode de fonctionnement particulier, on se référera à la CEI 146-1-2, qui donne également d'autres types de montages pour applications particulières.

3.2 Facteurs de calcul

Le tableau 1 donne les valeurs de quelques facteurs de calcul pour les montages les plus utilisés de convertisseurs commutés par le réseau. La CEI 146-1-2 donne les facteurs de calcul pour quelques autres montages.

3.2.1 Rapport de tension

Le tableau 1 donne les rapports:

$$\frac{U_{di}}{U_{v0}} \quad \text{et} \quad \frac{U_{iM}}{U_{di}}$$

3.2.2 Facteur de courant côté réseau

Le rapport de la valeur efficace I'_L du courant côté réseau au courant continu I_d est donné au tableau 1; il est établi en supposant que le courant continu est suffisamment filtré, que les ondes des courants alternatifs sont de forme rectangulaire et que le rapport de transformation dans le cas de montage à une voie ou à deux voies est le suivant:

$$\frac{\text{tension entre phases côté réseau}}{\text{tension entre phases commutantes côté valves}} = \frac{U_L}{U_{v0}} = 1$$

Section 3 - Converter equipment and assemblies

3.1 Electrical connection and calculation factors

3.1.1 Standard design converters

Considering the need for simplification in the common case of standard design converters covering the majority of users requirements, two types are considered in this section:

- a) converters without transformer;
- b) individual transformer converters.

In both cases, single phase and three-phase supplies are considered ($p = 2, p = 6$) with uniform connection.

In case b), twelve-pulse converters and dual six-pulse converters require two secondary windings with Y and D connections respectively.

3.1.2 Special design converters

For converters subject to special agreement between the purchaser, the supplier and possibly the supply authorities because of their rating or special requirements or mode of operation, refer to IEC 146-1-2, which also gives other types of possible connections for particular applications.

3.2 Calculation factors

Table 1 gives the value of some calculation factors for the most used connections of line commutated converters. IEC 146-1-2 gives the calculation factors also for some other connections.

3.2.1 Voltage ratio

Table 1 gives the ratios:

$$\frac{U_{di}}{U_{v0}} \quad \text{and} \quad \frac{U_{iM}}{U_{di}}$$

3.2.2 Line side current factor

The quotient of the r.m.s. value I'_L of the current on the line side and the direct current I_d is indicated in table 1 on the assumption of smooth direct current, rectangular waveshape of the alternating currents and on the following voltage ratio for single or double-way connections:

$$\frac{\text{phase-to-phase voltage on line side}}{\text{voltage between two commutating phases on valve side}} = \frac{U_L}{U_{v0}} = 1$$

Le courant côté réseau est approximativement:

$$I_L = I'_L \times \frac{U_{v0}}{U_L}$$

3.2.3 Variation de tension

Le tableau 1 donne le rapport:

$$\frac{d_{xtN}}{e_{xN}}$$

entre la variation de tension continue d_{xtN} à la charge assignée due à la réactance de commutation du transformateur, rapportée à U_{di} et la composante inductive e_{xN} de la tension de court-circuit du transformateur au courant assigné côté réseau I_{LN} , pour l'équipement complet, rapportée à la tension alternative assignée U_{LN} . Les enroulements secondaires à court-circuiter sont donnés dans la colonne 17.

La variation inductive de tension continue d_{xtN} peut être calculée à partir de la valeur e_{xN} d'un transformateur triphasé, seulement pour des montages avec un indice de commutation q égal à 3.

Pour tous les autres montages avec transformateur triphasé, le quotient de d_{xtN} par e_{xN} dépend de la proportion de réactances primaires et secondaires dans le transformateur. Pour de tels montages, il est préférable de calculer d_{xtN} par la méthode décrite dans la CEI 146-1-2.

NOTE - On suppose que l'angle d'empiètement μ est plus petit que $2\pi/p$, p étant l'indice de pulsation.

3.2.4 Circuit magnétique

On suppose que les circuits magnétiques correspondant aux montages alimentés par des courants triphasés du tableau 1 ont trois noyaux.

3.2.5 Facteur de pertes

Le tableau 1 donne le rapport entre les pertes en fonctionnement du convertisseur et les pertes au cours des essais de court-circuit pour le courant assigné côté réseau I_{LN} de l'équipement complet et en accord avec les colonnes 13, 14, 15.

The line side current is approximately:

$$I_L = I_L' \times \frac{U_{v0}}{U_L}$$

3.2.3 Voltage regulation

Table 1 gives the ratio:

$$\frac{d_{xtN}}{e_{xN}}$$

between the direct voltage regulation d_{xtN} at rated load due to the transformer commutating reactance, referred to U_{di} and the inductive component e_{xN} of the transformer impedance voltage at rated line current I_{LN} for the whole equipment expressed in per cent of rated alternating voltage U_{LN} , the secondaries being short-circuited according to column 17.

The direct inductive voltage regulation d_{xtN} can be calculated using the value of e_{xN} of a three-phase transformer only for connections with a commutating number $q = 3$.

For all other connections with a three-phase transformer, the ratio between d_{xtN} and e_{xN} may depend on the proportions of primary and secondary reactances in the transformer. For these connections, it is recommended to use the method given in IEC 146-1-2, for determination of d_{xtN} .

NOTE - It is assumed that the angle of overlap u is less than $2\pi/p$, p being the pulse number.

3.2.4 Magnetic circuit

The magnetic circuits corresponding to the connections supplied with 3-phase currents in table 1 are assumed to have three legs.

3.2.5 Power loss factor

Table 1 gives the relation between power losses in converter operation and on the short-circuit test at rated line current I_{LN} for the whole equipment and according to columns 13, 14 and 15.

Tableau 1 - Montages et facteurs de calcul

N° de montage	Couplage de transformateur		Couplage des valves	ρ	q	$\frac{\delta q s}{g}$ 1)	Facteur de courant côté réseau 2)	Facteur de courant côté valves 3)	$\frac{U_{di}}{U_{v0}}$	$\frac{U_{IM}}{U_{di}}$	$\frac{d_{xTN}}{e_{xN}}$	Bornes à court-circuiter pour l'essai de mesure des pertes du transformateur			Pertes totales dans les enroulements en fonctionnement en convertisseur	Bornes à court-circuiter pour
	Côté réseau	Côté valves										A	B	C		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Convertisseur simple, montage à une voie																
1				2	2	2	0,5	$0,707 \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \right)$	$0,45 \left(\frac{\sqrt{2}}{\pi} \right)$	3,14 (π)	0,707 $\left(\frac{1}{\sqrt{2}} \right)$	0-1	0-2		$0,5(P_A + P_B)$	1-2
Convertisseur simple, montage homogène à deux voies																
7				2	2	8	1	1	0,9 $\left(\frac{2\sqrt{2}}{\pi} \right)$	1,57 $\left(\frac{\pi}{2} \right)$	0,707 $\left(\frac{1}{\sqrt{2}} \right)$	1-2			P_A	1-2
8				6	3	6	0,816 $\left(\sqrt{\frac{2}{3}} \right)$	0,816 $\left(\sqrt{\frac{2}{3}} \right)$	$1,35 \left(\frac{3\sqrt{2}}{\pi} \right)$	1,05 $\left(\frac{\pi}{3} \right)$	0,5	1-2-3			P_A	1-2-3
9				12	3	3	0,789 $\left(\frac{1+\sqrt{3}}{2\sqrt{3}} \right)$	0,408 $\left(\frac{1}{\sqrt{6}} \right)$	$1,35 \left(\frac{3\sqrt{2}}{\pi} \right)$	1,05 $\left(\frac{\pi}{3} \right)$	0,26	1-3-5	2-4-6	1-3-5 2-4-6	$0,035(P_A + P_B) + 0,93 P_C$	Moyenne des résultats 1-3-5 et 2-4-6
12				12	3	12	1,577 $\left(\frac{1+\sqrt{3}}{\sqrt{3}} \right)$	0,816 $\left(\sqrt{\frac{2}{3}} \right)$	$2,7 \left(\frac{6\sqrt{2}}{\pi} \right)$	0,524 $\left(\frac{\pi}{6} \right)$	0,26	1-3-5	2-4-6	1-3-5 2-4-6	$0,035(P_A + P_B) + 0,93 P_C$	Moyenne des résultats 1-3-5 et 2-4-6
18				Voir montage N° 8												
19				Voir montage N° 8												

NOTE - Pour les autres montages, voir 146-1-2.

1 Voir 1.4.2.

2 Concerne le primaire du transformateur.

3 Concerne le secondaire du transformateur.

Table 1 - Connections and calculation factors

Con- nec- tion No.	Transformer connection		Valve connection	p	q	$\frac{\delta q}{\delta s}$ (1)	Line side current fac- tor 2)	Valve side current factor 3)	$\frac{U_{dl}}{U_{vo}}$	$\frac{U_{lm}}{U_{dl}}$	$\frac{d_{xN}}{e_{xN}}$	Terminals to be short-circuited at transformer loss test			Total losses in con- windings in con- vector operation	Terminals to be short-circuited for
	Line side	Valve side										A	B	C		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Single converter, single-way connections																
1		$u_o \uparrow \downarrow$		2	2	2	0.5	$\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)$	0.45 $\left(\frac{\sqrt{2}}{\pi}\right)$	3, 14 (π)	0.707 $\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)$	0-1	0-2		0.5(P _A +P _B)	1-2
Single converter, uniform double-way connection																
7		$u_o \uparrow \downarrow$		2	2	8	1	1	0.9 $\left(\frac{2\sqrt{2}}{\pi}\right)$	1.57 $\left(\frac{\pi}{2}\right)$	0.707 $\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)$	1-2			P _A	1-2
8				6	3	6	0.816 $\left(\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}\right)$	0.816 $\left(\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}\right)$	1.35 $\left(\frac{3\sqrt{2}}{\pi}\right)$	1.05 $\left(\frac{\pi}{3}\right)$	0.5	1-2-3			P _A	1-2-3
9				12	3	3	0.789 $\left(\frac{1+\sqrt{3}}{2\sqrt{3}}\right)$	0.408 $\left(\frac{1}{\sqrt{6}}\right)$	1.35 $\left(\frac{3\sqrt{2}}{\pi}\right)$	1.05 $\left(\frac{\pi}{3}\right)$	0.26	1-3-5	2-4-6	1-3-5 2-4-6	0.035(P _A +P _B) + 0.93 P _C	Average of 1-3-5 and 2-4-6
12				12	3	12	1.577 $\left(\frac{1+\sqrt{3}}{\sqrt{3}}\right)$	0.816 $\left(\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}\right)$	2.7 $\left(\frac{6\sqrt{2}}{\pi}\right)$	0.524 $\left(\frac{\pi}{6}\right)$	0.26	1-3-5	2-4-6	1-3-5 2-4-6	0.035(P _A +P _B) + 0.93 P _C	Average of 1-3-5 and 2-4-6
18				See connection No. 8												
19				See connection No. 8												

NOTE - For other connections, see 146-1-2

1 Refer to 1.4.2.

2 Refer to transformer primary.

3 Refer to transformer secondary.

3.3 Pertes et rendement

3.3.1 Généralités

Le rendement des groupes ou des blocs doit être déclaré comme étant le rendement en puissance.

Le rendement peut être déterminé au choix du fournisseur par une mesure des puissances en courant alternatif et en courant continu dans les conditions de charge normale ou par une mesure des pertes internes dans un essai en court-circuit et un essai à faible charge ou par un calcul des pertes internes.

Les appareils dont la consommation est comprise dans le calcul du rendement global doivent être indiqués.

Dans tous les cas où il peut y avoir hésitation à tenir ou à ne pas tenir compte des pertes d'un élément constitutif, on doit spécifier si ces pertes sont ou non comprises dans le calcul du rendement annoncé. Pour certains des éléments constitutifs du groupe convertisseur, on doit tenir compte des paragraphes suivants:

3.3.2 Pertes à inclure

Les pertes suivantes sont à prendre en considération pour le calcul du rendement:

- a) pertes internes dans le bloc, telles que les pertes dans les dispositifs à valves à semiconducteurs, dans les coupe-circuits, les diviseurs de tension, les dispositifs d'équilibrage du courant, les circuits d'amortissement à capacités et résistances et les dispositifs parasurtenseurs;
- b) pertes dans le transformateur, les transducteurs, les bobines d'absorption, les inductances de limitation et d'équilibrage du courant entre le transformateur et les blocs de cellules et les pertes dans les transformateurs auxiliaires côté réseau et les inductances faisant partie du groupe et fournies aux termes du même contrat;
- c) pertes dues aux connexions principales entre le transformateur et le bloc de cellules dans le cas où le transformateur et le bloc sont construits ensemble et fournis comme un ensemble;
- d) puissance absorbée par les auxiliaires tels que les ventilateurs ou les pompes, les relais, lorsqu'ils sont alimentés en permanence, sauf spécification contraire;
- e) pertes dans les inductances de lissage, lorsqu'elles sont livrées par le fournisseur du groupe;
- f) pertes dues aux courants de circulation dans le cas de montages de convertisseurs doubles;
- g) consommation du dispositif de commande, s'il existe (voir 1.5.8.4).

3.3 Losses and efficiency

3.3.1 General

The efficiency of convertor assemblies or equipment shall be declared as power efficiency.

The efficiency may be determined by a measurement of a.c. and d.c. power at normal load conditions or by a measurement of internal losses in a short circuit test and a light load test or by a calculation of internal losses, at the choice of the supplier.

The apparatus included in the determination of the over-all efficiency shall be stated.

In any case of doubt whether the losses of a component of the convertor equipment should be included or not, when calculating the efficiency, it is to be stated whether the losses in it are included in the declared efficiency. For certain of the components in the convertor equipment, the following sub-clauses shall be considered.

3.3.2 Included losses

The following losses shall be included when determining the efficiency:

- a) internal losses in the assembly such as losses in semiconductor valve devices, in fuses, potential dividers, current balancing means, capacitor resistor damping circuits and voltage surge divertors;
- b) losses in transformers, transducers, interphase transformers, current limiting and balancing reactors between transformer and thyristor or diode assemblies and the losses of the line side auxiliary transformers and reactors forming part of the equipment and delivered under the same contract;
- c) losses due to main connections between transformer and assembly for the case when transformer and assembly are built together and delivered as a unit;
- d) power absorbed by auxiliaries such as permanently connected fans or pumps and relays unless otherwise specified;
- e) losses in series smoothing reactors, when supplied by the supplier of the convertor equipment;
- f) losses due to circulating currents in double convertor connections;
- g) power consumed by the trigger equipment (see 1.5.8.4), if any.

3.3.3 Pertes non incluses

Les pertes suivantes ne doivent pas être prises en considération pour le calcul du rendement mais doivent être indiquées séparément sur demande et si les éléments constitutants correspondants sont fournis par le fournisseur du groupe:

- a) pertes dans les connexions principales entre le transformateur et le bloc de cellules s'ils sont fournis séparément;
- b) pertes dans les connexions principales entre les disjoncteurs, sectionneurs, interrupteurs et la charge;
- c) pertes dans les disjoncteurs, sectionneurs, interrupteurs et dans les organes de commande autres que ceux énumérés en 3.3.2;
- d) pertes dues au chauffage et à la ventilation du bâtiment ainsi qu'à l'alimentation en fluide de refroidissement;
- e) pertes dans l'inductance de lissage, si elle n'est pas fournie avec le groupe;
- f) pertes dans l'équipement de commande (voir 1.5.8.5);
- g) pertes dues aux auxiliaires qui ne fonctionnent que par intermittence.

3.4 Facteur de puissance

3.4.1 Généralités

Du fait que le courant côté réseau d'un convertisseur à commutation par le réseau contient des harmoniques, il est important de spécifier de quel facteur de puissance il est question lorsque l'on spécifie une valeur garantie de facteur de puissance côté alimentation.

Il est question du facteur de puissance pour le fondamental ou du facteur de déphasage $\cos \varphi_1$, sauf spécification contraire.

Pour les indices de pulsation de 6 et au-delà, la différence entre le facteur de puissance total λ et le facteur de déphasage $\cos \varphi_1$ reste faible, mais la différence est notable pour les indices de pulsation plus faibles.

Sauf indication contraire dans le contrat, pour les convertisseurs polyphasés alimentant une charge inductive, les garanties du fabricant doivent être données sur le facteur de déphasage $\cos \varphi_1$.

NOTE - Dans ce cas, le calcul convient pour obtenir des valeurs fiables du facteur de déphasage en commande symétrique.

Pour les convertisseurs alimentant principalement des charges capacitives, il y a lieu de considérer le facteur de puissance total.

3.3.3 Not included losses

The following losses shall not be included when determining the efficiency but shall be stated separately if requested and if the apparatus concerned is supplied by the supplier of the convertor equipment:

- a) losses due to the main connections between transformer and the assembly when delivered as separate units;
- b) losses due to the main connections to circuit breakers, disconnectors, switches and to the load;
- c) losses in circuit breakers, disconnectors, switches and in control gear other than the items mentioned in 3.3.2;
- d) losses due to heating and ventilation of the building and in the cooling supply;
- e) losses in the series smoothing reactor, when not supplied with the convertor equipment;
- f) losses in system control equipment (see 1.5.8.5);
- g) losses due to auxiliary apparatus which operate only intermittently.

3.4 Power factor

3.4.1 General

As the line current to a line-commutated convertor contains harmonics, it is important to state the kind of power factor meant when a specification for a guaranteed supply power factor is written.

Reference is made to the power factor of the fundamental wave or displacement factor $\cos \varphi_1$, unless otherwise specified.

For pulse numbers higher than 6 the difference between the total power factor λ and the displacement factor $\cos \varphi_1$ is small, but for lower pulse number the difference is significant.

Unless otherwise stated in the contract, for multi-phase convertors supplying inductive load the manufacturer guarantees shall be given on the displacement factor $\cos \varphi_1$.

NOTE - In such case calculation is adequate to get reliable figures of the displacement factor under the condition of symmetrical control.

For convertors supplying mainly battery chargers or capacitive loads the total power factor should be considered.

Si un calcul exact du facteur de déphasage ou du facteur de puissance total est nécessaire, il est nécessaire de connaître de nombreux paramètres, y compris l'impédance de la ligne. Pour de tels calculs, voir la CEI 146-1-2.

Les formules décrites en 3.4.2 peuvent être appliquées en supposant un courant continu lissé et une forme d'onde rectangulaire du courant alternatif.

3.4.2 Puissances active, réactive, apparente et facteur de déphasage

Connaissant le courant continu réel et la tension continue d'un convertisseur à commutation par le réseau, on peut utiliser les formules suivantes:

Puissance active $P = U_d \times I_d$

Puissance apparente $S_1 = U_{di} \times I_d$

Facteur de déphasage $\cos \varphi_1 = P / S_1$

Puissance réactive $Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P^2}$

Ces formules donnent normalement une précision suffisante pour le calcul de $\cos \varphi_1$ et de la puissance nécessaire pour la compensation du facteur de puissance par batterie de condensateurs, à la valeur requise.

Voir la CEI 146-1-2 pour plus d'informations.

3.5 Variation de tension continue

3.5.1 Variation propre de la tension continue

Ce qui suit concerne les convertisseurs de type normalisé (connexion n° 8, tableau 1) à commutation par le réseau, montage à double voie homogène triphasé, avec transformateur individuel ou réactance côté réseau.

3.5.1.1 Variation de tension continue due à la résistance du circuit

Pertes dans les composants

$$U_{drt} = \frac{\text{pertes dans les composants}}{I_{dN}}$$

Le terme "composants" englobe les enroulements de transformateurs, les réactances côté réseau, les inductances de lissage, les diodes, les thyristors, les fusibles, etc.

When exact calculations of the displacement factor or of the total power factor are required, knowledge of many parameters is necessary, including line impedance. For such calculations refer to IEC 146-1-2.

The formulae described in 3.4.2 can be applied on the assumption of smooth direct current and rectangular waveshape of the alternating current.

3.4.2 Power, reactive power, apparent power and displacement factor

When the actual direct current and output direct voltage of a line-commutated convertor is known the following formulae give approximate values:

Active power $P = U_d \times I_d$

Apparent power $S_1 = U_{di} \times I_d$

Displacement factor $\cos \phi_1 = P / S_1$

Reactive power $Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P^2}$

These formulae normally give sufficient accuracy to calculate $\cos \phi_1$ and also the amount of power factor capacitors needed to correct the power factor to a specified value.

Refer to IEC 146-1-2, for more details, if required.

3.5 Voltage regulation

3.5.1 Inherent direct voltage regulation

The following refers to standard design (connection No. 8 in table 1), line commutated, three-phase uniform double-way connection convertors with transformer or line reactors.

3.5.1.1 Resistive direct voltage regulation

Losses in components

$$U_{drt} = \frac{\text{losses in components}}{I_{dN}}$$

The term "components" includes transformer windings, series reactors, smoothing inductance, diodes, thyristors, fuses, etc.

3.5.1.2 Variation de tension continue due à l'inductance du circuit

Pour la valeur nominale de la tension aux bornes c.a. du convertisseur, la variation de tension continue due à l'inductance du circuit est donnée par:

$$U_{dx} = 0,5 \times U_{di} \times \frac{S_{ILN}}{S_{com}} \times \frac{I_d}{I_{dN}}$$

a) Convertisseur avec transformateur individuel

$$S_{com} = \frac{1}{\frac{1}{S_c} + \frac{e_{xN}}{S_{tN}}}$$

Les unités utilisées (MVA, kVA ou VA) doivent être les mêmes pour S_{ILN} , S_c , S_{com} et S_{tN} .

b) Convertisseur sans transformateur individuel

L'inductance L des câbles et des inductances côté réseau est prise en compte à la place de celle du transformateur, en utilisant la chute de tension réduite calculée pour le courant assigné dans le calcul de S_{com} :

$$S_{com} = \frac{1}{\frac{1}{S_c} + \frac{X_L}{S_{ILN}}}$$

où:

$$X_L = \frac{2 \times \pi \times f_N \times L \times S_{ILN}}{U_{LN}^2}$$

Pour d'autres cas d'espèce, voir la CEI 146-1-2.

3.5.2 Influence d'autres convertisseurs

Si plusieurs convertisseurs sont alimentés à partir du même secondaire d'un transformateur, il en résulte une chute additionnelle de tension. Si cela est prévu au contrat, le calcul détaillé peut être effectué d'après la puissance, le type de montage et d'autres caractéristiques des autres convertisseurs.

Dans le cas simple de plusieurs convertisseurs indépendants et identiques, la valeur maximale de la chute additionnelle de tension peut être estimée en utilisant la puissance apparente totale de tous les convertisseurs et en prenant la même valeur de l'angle de retard (de commande) α .

3.5.1.2 Inductive direct voltage regulation

Assuming nominal voltage at the a.c. terminals of the convertor, the inductive voltage regulation is given by:

$$U_{dx} = 0,5 \times U_{di} \times \frac{S_{1LN}}{S_{com}} \times \frac{I_d}{I_{dN}}$$

a) Convertor with individual transformer

$$S_{com} = \frac{1}{\frac{1}{S_c} + \frac{e_{xN}}{S_{tN}}}$$

The same unit (MVA, kVA or VA) should be used for S_{1LN} , S_c , S_{com} and S_{tN} .

b) Convertor without individual transformer

The inductance L of the cables and line reactors is introduced instead of the transformer inductance, using the per unit voltage regulation at rated current to calculate S_{com} :

$$S_{com} = \frac{1}{\frac{1}{S_c} + \frac{X_L}{S_{1LN}}}$$

where:

$$X_L = \frac{2 \times \pi \times f_N \times L \times S_{1LN}}{U_{1N}^2}$$

For other cases, see IEC 146-1-2.

3.5.2 Influence of other convertors

If several convertors are fed from the same supply transformer, this usually causes an additional voltage drop. If required by the contract, the detailed calculation may be performed using the rating, type of connection and other particulars of the other convertors.

In the simple case of several independent, identical convertors the maximum additional voltage drop may be estimated using the total apparent power of all the convertors, assuming the same value of the trigger delay angle α .

3.5.3 Convertisseurs dodécaphasés

Le cas de deux convertisseurs en série, à indice de pulsation 6, l'un alimenté par l'enroulement Y, l'autre par l'enroulement D, est traité séparément pour chaque convertisseur, en négligeant l'inductance de fuite du primaire, qui est habituellement beaucoup plus faible que l'inductance de fuite du secondaire pour des transformateurs conçus pour cette application et en ajoutant les chutes de tension individuelles.

3.5.4 Convertisseurs survolteurs dévolteurs à commande séquentielle à montage série

En utilisant la même hypothèse que ci-dessus, la variation de tension dépend du point de fonctionnement et chaque convertisseur doit être traité séparément. Les tensions continues et les variations de tension s'ajoutent algébriquement, si l'un des convertisseurs se trouve en mode onduleur.

Cette méthode approximative peut être utilisée également pour les convertisseurs triphasés à double voie et non homogènes (par exemple trois thyristors, trois diodes ou six thyristors, six diodes).

3.6 Harmoniques des courants et des tensions de ligne

En supposant une symétrie parfaite des tensions d'alimentation, des angles de retard (de commande), des rapports de transformation pour les enroulements Y et D, on peut appliquer ce qui suit pour les convertisseurs triphasés à montage homogène.

3.6.1 Rang des harmoniques

Le rang des harmoniques réguliers dépend de l'indice de pulsation p :

$$h = kp \pm 1 \quad k = \text{nombre entier } (1 \dots n)$$

La fréquence correspondante est liée à la fondamentale f_1 par:

$$f_h = h \times f_1$$

et soumise aux variations de fréquence de la source.

NOTES

1 Du fait d'erreurs résiduelles dans les tensions d'enroulement Y et D (nombres entiers de spires), au déséquilibre des tensions, à une erreur de l'angle de retard (de commande), aux tolérances de fabrication, les convertisseurs dodécaphasés produisent généralement des harmoniques irréguliers qui peuvent atteindre 0,05 à 0,15 p.u. de la valeur théorique correspondant à un convertisseur hexaphasé ($p = 6$) de même puissance.

2 Les convertisseurs à deux ponts hexaphasés, à commande séquentielle ou non uniformes, peuvent produire jusqu'à 1,0 p.u. de la valeur théorique pour un convertisseur hexaphasé de même puissance suivant l'angle de retard (de commande) et le déphasage éventuel entre secondaires du transformateur.

3.5.3 Twelve-pulse convertors

In the case of two series connected six-pulse convertors, one fed from a Y and the other from a D secondary winding each six-pulse convertor is considered separately, neglecting the primary leakage reactance, which is usually much smaller than the secondary reactance for transformers designed for the purpose and adding the individual voltage regulation.

3.5.4 Boost and buck connection convertors (series connection)

Using the same assumption as above, the voltage regulation depends on the operating point and each six-pulse convertor shall be treated separately. The d.c. voltage and voltage regulation add up (algebraically if one of the convertors is in the inverter mode).

This approximate method may be used also for three-phase, double-way non-uniform connections (for example three thyristors, three diodes or six thyristors, six diodes).

3.6 Harmonics in line currents and voltages

Assuming perfect symmetry of the supply voltages, trigger delay angles, transformer ratio for Y and D windings the following apply for three-phase uniform connected convertors.

3.6.1 Order of harmonics

The order of characteristic harmonics depends on the pulse number p :

$$h = kp \pm 1 \quad k = \text{integer } (1 \dots n)$$

The corresponding frequency is related to the fundamental frequency f_1 by:

$$f_h = h \times f_1$$

subject to the mains frequency variations.

NOTES

1 Due to small errors in Y and D winding voltages (integer number of turns), supply voltage unbalance, trigger delay angle error and other manufacturing tolerances, twelve-pulse convertors usually produce uncharacteristic harmonics which may range from 0,05 to 0,15 p.u. of the value for a six-pulse convertor ($p = 6$) of the same rating.

2 Sequential gating or non-uniform, dual six-pulse convertors, may produce harmonics up to 1,0 p.u. of the theoretical value for the equivalent six-pulse convertor depending on the trigger delay angle and transformer secondary phase shift, if any.

3.6.2 Amplification des courants harmoniques

Des batteries de condensateurs peuvent être utilisées pour la compensation du facteur de puissance de moteurs d'induction et de convertisseurs. La résonance entre l'impédance de source et les condensateurs (y compris la capacité des câbles surtout pour les réseaux MT) peut amplifier les courants et les tensions harmoniques. Ces résonances peuvent être déplacées vers les basses fréquences (en dessous du 5^e harmonique) en utilisant des inductances en série avec les condensateurs.

Voir la CEI 146-1-2 pour plus de précisions.

3.7 Ondulation de la tension continue

Pour des tensions d'alimentation parfaitement équilibrées, des angles de retard (de commande) égaux, etc., la fréquence de l'ondulation de la tension et du courant est donnée par:

$$f_{h,dc} = k \times p \times f_1 \quad k = \text{nombre entier (1...n)}$$

La composante inverse de la tension produit une ondulation supplémentaire à la fréquence $2 \times f_1$ qui ne peut être éliminée par une exécution appropriée du convertisseur, à moins de prévoir une très grande inductance de lissage ou un filtre côté continu.

Voir la CEI 146-1-2 pour plus de précisions.

3.8 Composante alternative du courant côté continu

Pour les convertisseurs alimentant des batteries de condensateurs ou d'accumulateurs (chargeurs de batterie) la force contre-électromotrice peut être égale à la tension moyenne côté continu et, dans ce cas, le courant continu est interrompu et un dispositif de retard (de commande) doit être prévu en conséquence.

3.9 Interférences

3.9.1 Interférences avec les lignes et les équipements de retard (de commande) et de communications à courant faible de l'installation

Le cheminement des câbles, le filtrage, les câbles pour signaux de retour, les liaisons à bas niveau, etc., lorsqu'ils sont installés par l'acheteur, doivent être conformes à toutes instructions données par le fournisseur ainsi qu'aux publications du Comité d'Etudes n° 77 de la CEI et aux prescriptions des autorités locales.

3.9.2 Interférences avec les réseaux de communication par câbles ou par radio

Les convertisseurs industriels de type normalisé, ainsi que les convertisseurs de conception particulière pour usage industriel, ne sont pas prévus pour être conformes aux prescriptions relatives aux appareils domestiques et analogues, visés en particulier par les CEI 555-1, 725 et autres publications établies par le Comité d'Etudes n° 77, le SC 77A et par le CISPR.

3.6.2 Amplification of harmonic currents

Power capacitors may be used for power factor compensation both of a.c. motors and line-commutated convertors. The resonance between the source impedance and the capacitors (including the cable capacitances, especially for MV systems) may amplify the harmonic currents and voltages. These resonances may be shifted to lower frequencies (below the 5th harmonic) by providing reactors in series with the capacitors.

Refer to IEC 146-1-2, for more information.

3.7 Direct voltage harmonic content

For perfectly balanced supply voltages, trigger delay angles, etc. the frequency of the direct current and the direct voltage harmonic content is given by:

$$f_{h,dc} = k \times p \times f_1 \quad k = \text{integer } (1 \dots n)$$

The negative sequence voltage produces an additional harmonic component at a frequency $2 \times f_1$, which cannot be cancelled by an appropriate design of the convertor unless a large smoothing reactance or d.c. output filter is added.

Refer to IEC 146-1-2, for more information.

3.8 A.C. current in the direct current output

For convertors supplying capacitor banks or storage batteries (battery chargers) the counter e.m.f. may be equal to the direct voltage average value in which case the direct current is discontinuous and an appropriate trigger equipment is required.

3.9 Interference

3.9.1 Interference with in-plant low current control and communication lines

Cable routing, filtering, feed-back cables and low current cables, etc., where such are installed by the purchaser shall be in accordance with any instructions provided by the supplier and also publications by IEC, Technical Committee No. 77 and local authorities.

3.9.2 Interference with telephone and communication links

Standard design industrial convertors or special design convertors for industrial application usually are not designed to meet the requirements applicable to domestic and similar appliances, particularly as specified in IEC 555-1, 725 and other publications by IEC Technical Committee No. 77, SC 77A and CISPR.

L'acheteur doit spécifier les prescriptions à appliquer dès l'appel d'offre ou, à défaut, préciser le lieu d'implantation, le type de réseau d'alimentation, l'usage prévu du convertisseur et tous renseignements pouvant influencer sur les conditions réelles de compatibilité électromagnétique (EMC).

3.10 Valeurs assignées pour les convertisseurs

3.10.1 Généralités

Les valeurs assignées d'un convertisseur doivent soit être définies par des valeurs normalisées usuelles, soit être aussi proches que possible des valeurs correspondant à la charge prévue. Les caractéristiques du convertisseur spécifiées pour un type de charge déterminé ne sont plus valables si la charge appliquée ne correspond pas à celle prévue.

Dans la spécification de la charge, le type et les caractéristiques de la charge doivent être spécifiés.

Les convertisseurs pour entraînements de moteurs à vitesse variable pour laminoirs, machines à papier, machines d'extraction, etc., font ou feront l'objet de publications de la CEI.

3.10.2 Valeur assignée de la tension de sortie

La valeur assignée de la tension de sortie est la valeur de la tension en fonctionnement continu, assignée par le fournisseur.

Fréquemment, un convertisseur à commutation par le réseau doit être prévu pour une tension continue maximale supérieure à la valeur assignée (dans le cas de convertisseurs d'excitation de machines à courant continu ou synchrones, il s'agit d'un multiple de la tension assignée), afin de donner une marge de réglage pour compenser la chute de tension et les fluctuations de tension de la source. Ceci peut conduire à une puissance apparente assignée pour le transformateur parfois beaucoup plus élevée que celle du convertisseur.

La marge minimale entre tensions continue maximale et continue assignée doit être spécifiée séparément en fonction de l'application et du réseau considérés. En l'absence d'une telle spécification, la tension continue assignée doit être maintenue pour toutes les valeurs de courant inférieures ou égales au courant continu assigné et pour une tension d'alimentation aux bornes du convertisseur comprise à l'intérieur des limites spécifiées (voir 2.5).

Un convertisseur à commutation par le réseau doit fonctionner correctement en onduleur si cela est prévu, aux valeurs de courant continu spécifiées, sans défaut de commutation à la limite inférieure spécifiée de la tension assignée côté réseau (voir 2.5) la tension continue étant limitée à la valeur assignée. Une limite plus basse peut être convenue pour les cas de réseaux soumis à de fortes variations en notant que le niveau de sûreté de fonctionnement en onduleur doit normalement être inférieur à la valeur la plus basse prévue de la tension alternative côté réseau (voir 2.5).

The purchaser shall specify any special requirements in the enquiry or, failing this, specify the installation site, the type of supply system, the intended use of the converter and all particulars that may have an influence on the actual electromagnetic compatibility (EMC) requirements.

3.10 Rated values for converters

3.10.1 General

Rated values of a converter shall be given either as standard design values for general purpose converters or as closely as possible according to the load that it is intended to serve. The ratings of the converter are not valid if the load is changed to a load for which the converter is not intended.

In the specification of the converter also the character of the load shall be specified.

Requirements for adjustable speed motor drives in applications such as rolling mills, paper mills, mining hoists, etc. are or will be given in IEC publications in preparation.

3.10.2 Rated output voltage

The rated output voltage shall be the continuous operating voltage assigned by the supplier.

A line-commutated converter frequently has to be designed for a maximum direct voltage higher than the rated direct voltage (in the case of field excitation of d.c. machines or synchronous machines it is designed for a multiple of the rated direct voltage) in order to allow a margin for control, voltage regulation, a.c. line voltage variation compensation. This may result in a rated apparent power for the converter transformer, which in some cases greatly exceeds the rated output of the converter.

The minimum margin between maximum direct voltage and rated direct voltage to suit the application and the a.c. system shall be specified separately. In the absence of such specification the rated direct voltage shall be maintained at all values of current up to rated direct current for the specified limits (see 2.5) of the a.c. system voltage available at the line terminals of the converter.

A line-commutated converter shall safely perform all its inverter duties, if any, at specified direct current values, without conduction through at the specified (see 2.5) lower limit of the alternative voltage on line side with the direct voltage not exceeding rated direct voltage. A lower voltage may be negotiated for a.c. systems subject to heavy fluctuations, it being recommended that the safe level of inverter operation should be set lower than the expected minimum alternating voltage on line side (see 2.5).

3.10.3 Valeurs assignées du courant

3.10.3.1 Valeurs de courant à spécifier

Pour chaque bloc et groupe convertisseurs, on doit spécifier une valeur pour le courant assigné relative à un cycle de charge spécifié ou à défaut en service continu (VEI 151-04-08). En outre, les blocs doivent avoir une valeur spécifiée pour le courant assigné en régime permanent.

Pour les autres types de charge, on applique les 3.10.3.2 à 3.10.3.4.

Indépendamment de la classe de service du convertisseur, ses sous-ensembles constituant doivent être capables de supporter les courants de défaut dans les limites déterminées par les dispositifs de protection, recommandées par le fournisseur du convertisseur.

Lorsque l'échauffement de toutes les parties du convertisseur est au plus égal à celui du régime continu, le convertisseur doit être capable de supporter une surcharge temporaire d'amplitude et de durée telles que l'équipement de régulation ou de protection automatique en surcharge puisse protéger toutes les parties contre une avarie.

3.10.3.2 Courant assigné pour service de pointe (service temporaire) (VEI 151-04-10)

Valeur de courant continu admissible que le bloc ou groupe convertisseur peut fournir à la charge pendant une durée spécifiée dans des conditions spécifiées de service: c'est le courant continu de courte durée admissible assigné. La durée et la valeur du courant de pointe ainsi que l'intervalle à charge nulle entre les pointes doivent être spécifiés.

3.10.3.3 Courant assigné pour service continu avec surcharges superimposées

La valeur assignée pour ce type de service est la valeur de courant continu que le convertisseur peut fournir à la charge pendant une durée illimitée dans des conditions spécifiées avec superposition de charges de pointe de durée et d'amplitude spécifiées. La durée minimale séparant deux surcharges successives doit être également spécifiée pour permettre à la température de toutes les parties du convertisseur de retomber à celle correspondant au fonctionnement à la valeur assignée du courant continu.

3.10.3.4 Courant assigné pour service cyclique (service périodique) (VEI 151-04-11)

Le courant continu assigné du convertisseur doit être spécifié par la valeur efficace du courant continu, calculée sur la période du cycle de charge. La classe de service doit être spécifiée de préférence sous la forme d'une suite de valeurs de courants assignés en spécifiant leurs durées respectives d'application successive.

3.10.3.5 Classes de service

Si, en pratique, il est difficile d'évaluer les cycles de charge prévus qui déterminent les dimensions exactes du convertisseur, des diagrammes conventionnels avec des valeurs de courant constantes pour des durées de temps spécifiées, peuvent être spécifiés comme suit:

3.10.3 *Rated current values*

3.10.3.1 *Current values to be specified*

Each convertor equipment shall have an assigned value for rated current, together with a specified duty class unless the rated current is related to continuous duty (IEV 151-04-08). Additionally the assemblies shall have an assigned value for rated continuous current.

For the other types of duty, 3.10.3.2 through 3.10.3.4 apply.

Independently of the duty class for the convertor, its constituent assemblies shall be capable of withstanding fault currents within the limits permitted by the protective equipment as recommended by the convertor supplier.

When the temperature rise of all parts of the convertor is at or below that corresponding to operation at any rated current, the convertor shall be capable of withstanding a momentary overcurrent of such magnitude and duration as is necessary to allow the automatic load regulating equipment or overcurrent protective equipment to operate in order to protect all parts from damage.

3.10.3.2 *Rated current for peak load duty (short-time duty) (IEV 151-04-10)*

This is the value of direct current which the convertor equipment can supply to its load for specified duration under specified service conditions and this is the rated short-time direct current. The duration and magnitude of the peak current and the minimum time of no-load between peaks shall be specified.

3.10.3.3 *Rated current for continuous duty with superimposed peak loads*

The rated direct current for this duty is the value of direct current which the convertor can supply to its load for unlimited duration under specified service conditions and with intermittently applied peak loads of specified magnitudes and durations. The minimum time between applications of intermittently applied peak loads shall also be specified such as to allow the temperature of all parts of the convertor equipment to fall to that correspondent to operation at rated direct current.

3.10.3.4 *Rated current for repetitive load duty (periodic duty) (IEV 151-04-11)*

The rated direct current of the convertor equipment shall be specified as the r.m.s. value of the load current evaluated over the period of the load duty cycle. The duty class shall preferably be specified as a sequence of current values together with their durations.

3.10.3.5 *Duty classes*

If in practice it is difficult to know the expected load diagrams on which the exact size of a convertor depends, conventional diagrams which show constant current values for specified durations may be specified as follows:

Une valeur assignée de courant doit être spécifiée, valable seulement pour un cycle déterminé de charge. Si un convertisseur est conçu pour plusieurs classes de service, des valeurs assignées du courant doivent être données pour chaque classe de service.

Dans le cas où l'on ne trouve aucune classe de service normalisée appropriée dans le tableau 2, le courant assigné doit être égal à la valeur efficace du cycle de charge répétitif correspondant à la période de 15 min la plus chargée, sauf spécification contraire.

Le tableau 2 donne des classes de service normalisées, qui spécifient les limites de courant en valeur et en durée.

Tableau 2 - Classes de service normalisées

Classe de service	Valeurs assignées des courants de convertisseurs et conditions d'essai des blocs (valeurs relatives du courant assigné I_{dN})
I	1,0 p.u. permanent
II	1,0 p.u. permanent 1,5 p.u. 1 min
III	1,0 p.u. permanent 1,5 p.u. 2 min 2,0 p.u. 10 s
IV	1,0 p.u. permanent 1,25 p.u. 2 h 2,0 p.u. 10 s
V	1,0 p.u. permanent 1,5 p.u. 2 h 2,0 p.u. 1 min
VI	1,0 p.u. permanent 1,5 p.u. 2 h 3,0 p.u. 1 min

Les valeurs de courant spécifiées dans le tableau 2 sont chacune applicables individuellement après stabilisation de la température au niveau correspondant à la valeur assignée du courant.

Pour les exemples de cycles de charge, voir le tableau 3.

3.10.3.6 Choix de la classe de service et de la valeur de courant assigné

Divers diagrammes de courants de charge hypothétiques donnant des conditions de charge supposées typiques pour les classes de service normalisées, sont donnés dans le tableau 3, avec une indication d'application pour chaque classe.

Pour se guider dans la détermination de la valeur du courant continu assigné du groupe convertisseur, le cycle de charge prévu doit être examiné et les conditions indiquées dans le tableau 3 ne doivent normalement pas être dépassées.

A rated current value shall be specified and valid only for a defined duty class. If a convertor is designed to operate at different duty classes, separate rated current values have to be given for each duty class.

If no suitable standard duty class can be found in table 2, the rated current shall be the r.m.s. value of the repetitive load duty cycle taken over the most onerous 15 min period if not otherwise specified.

Table 2 contains standard duty classes, which specify current capabilities in terms of current values and durations.

Table 2 - Standard duty classes

Duty class	Rated currents for convertors and test conditions for assemblies (relative values in per unit of I_{dN})
I	1,0 p.u. continuously
II	1,0 p.u. continuously 1,5 p.u. 1 min
III	1,0 p.u. continuously 1,5 p.u. 2 min 2,0 p.u. 10 s
IV	1,0 p.u. continuously 1,25 p.u. 2 h 2,0 p.u. 10 s
V	1,0 p.u. continuously 1,5 p.u. 2 h 2,0 p.u. 1 min
VI	1,0 p.u. continuously 1,5 p.u. 2 h 3,0 p.u. 1 min

The current values specified in table 2 are each individually applicable after temperatures have been reached equivalent to continuous operation at rated current.

For examples of load cycles see table 3.

3.10.3.6 Selection of duty class and rated current value

Different hypothetical load current diagrams giving assumed typical load conditions for the standard duty classes are given in table 3 together with an indication of applications for each class.

For guidance in determining the rated current of the convertor equipment, the expected load diagram shall be examined and the conditions indicated in table 3 should not normally be exceeded.

Les conditions de charge indiquées dans le tableau 3 sont inférieures aux valeurs assignées du courant indiquées dans le tableau 2. Cela est justifié du fait que les surcharges sont parfois simultanées. Il en résulte que des surcharges de courte durée (maximum 5 min) peuvent dans la plupart des cas être appliquées sans danger aussi souvent que la charge la plus longue spécifiée pour le courant de charge de pointe assigné inférieur le permet, mais avec la seule restriction que les courants de pointe excédant le courant assigné n'apparaissent qu'à des intervalles d'une durée de 20 min au moins. La restriction est due au fait que la constante de temps thermique des blocs convertisseurs est en général de 2 à 20 min selon les caractéristiques de réfrigération.

C'est-à-dire que pour les classes de service IV et V, les périodes t_1 , t_2 , etc. et les courants correspondants I_1 , I_2 peuvent diverger considérablement sans influencer la conception du transformateur.

Les conditions de charge typiques des classes de service V et VI comprennent des surcharges répétitives à deux niveaux, comme représenté sur les diagrammes, avec des intervalles interposés d'amplitude de courant I_d (p.u.). L'amplitude du courant I_d (p.u.) et la durée t (min) sont spécifiées dans les tableaux et changent au cours de la journée.

3.10.4 Remarques particulières aux convertisseurs doubles

Un convertisseur double peut avoir soit une charge symétrique lorsque la charge est symétrique pour les deux sections de convertisseur dans les deux sens du courant, soit une charge asymétrique lorsque les charges pour les deux sections sont différentes.

Les prescriptions du 3.10.3 s'appliquent aussi aux convertisseurs doubles. Dans le cas de convertisseurs doubles à charge asymétrique, des valeurs de cycle de charge doivent être données séparément pour chaque section.

Des recommandations spéciales pour les convertisseurs doubles destinés aux entraînements de moteurs à vitesse variable peuvent être données dans une publication particulière de la CEI.

3.11 Marquage

Chaque groupe convertisseur qui est livré comme élément complètement assemblé et chaque bloc livré séparément, doivent porter les indications suivantes:

3.11.1 Indication claire du constructeur ou du fournisseur

NOTE - Cette indication peut être inscrite sur la plaque signalétique.

3.11.2 Indication du type d'équipement

Type d'équipement selon 1.5.8.1 à 1.5.8.5, 1.5.10.4 et 1.5.10.5 respectivement.

NOTES

1 Cette indication peut être inscrite sur la plaque signalétique.

2 L'indication doit, pour les groupes convertisseurs, comprendre le mode d'exploitation prévu, par exemple "groupe redresseur réglable" ou "onduleur".

The load conditions specified in table 3 are less onerous than the rated current values specified in table 2. This allows for the fact that the peak loads are sometimes concurrent and ensures that rated peak of short duration (5 min and less) can in almost all practical cases be safely applied as often as permitted by the longer time specified for the lower rated peak load current with the only restriction that the time between two consecutive peak currents is at least 20 min. The restriction is due to the fact that the thermal time constant of convertor assemblies is normally in the order of 2 to 20 min, depending on the properties of the cooling system.

For duty classes IV and V, this will mean that the time periods t_1 , t_2 , etc. and corresponding current values I_1 , I_2 may differ considerably without affecting the design of the transformer.

Typical load conditions of duty classes V and VI include recurrent two-step peak currents, as shown in the load diagrams, with interposed intervals of current amplitude I_d (p.u.). The current amplitude I_d (p.u.) and the duration t (min) are specified in the tables and change in the course of the day.

3.10.4 Particular remarks for double convertors

A double convertor may have either a symmetrical load where the loading of the two convertor sections is symmetrical in the two directions of current flow or asymmetrical load where the loading of the two sections are different.

The requirements in 3.10.3 apply also to double convertors. In the case of double convertors with asymmetrical loading, each section shall be given separate duty cycles.

Special recommendations for double convertors intended for adjustable speed motor drives may be found in a particular IEC Publication.

3.11 Markings

Each convertor equipment which is delivered as an integrally assembled unit and each assembly which is delivered separately shall bear the following markings:

3.11.1 Clear indication of manufacturer or supplier

NOTE - This indication may be given on the rating plate.

3.11.2 Indication of the type of equipment

The type of equipment is according to 1.5.8.1 to 1.5.8.5, 1.5.10.4 and 1.5.10.5 respectively.

NOTES

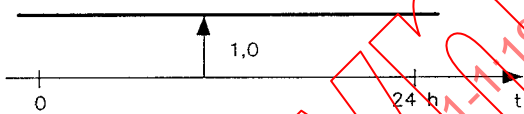
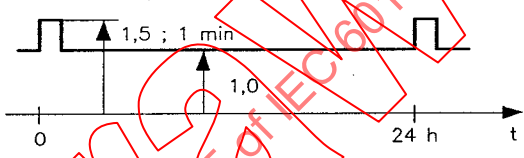
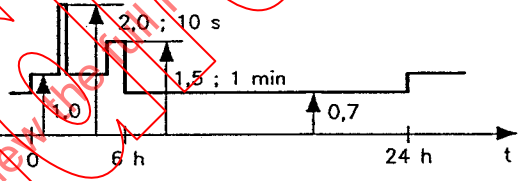
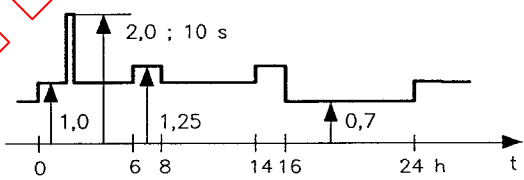
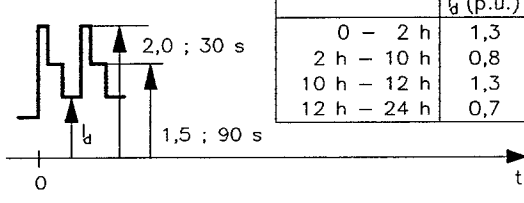
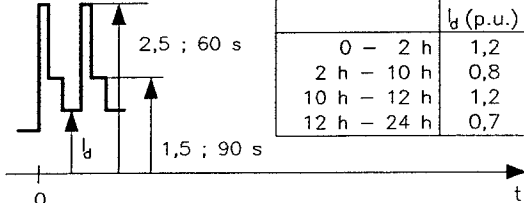
1 This indication may be given on the rating plate.

2 The indication should, for convertor equipment, include the intended mode of operation, for example "adjustable rectifier equipment" or "inverter equipment".

3.11.3 Marquage des bornes d'entrée et de sortie du circuit principal

Le marquage doit représenter respectivement l'ordre des phases (le cas échéant) ou la polarité.

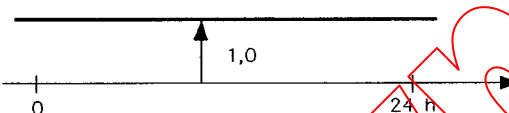
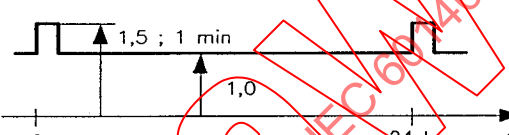
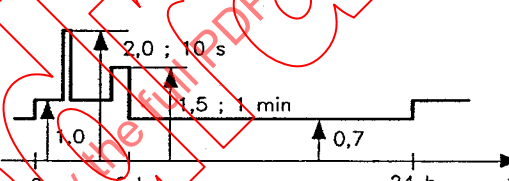
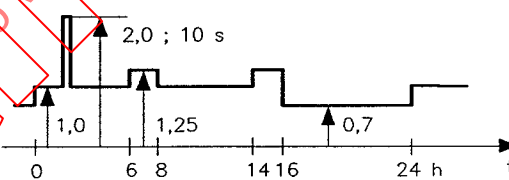
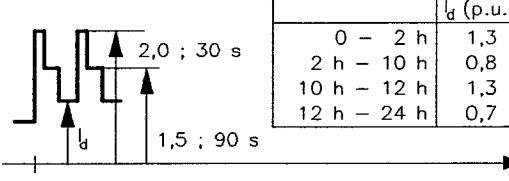
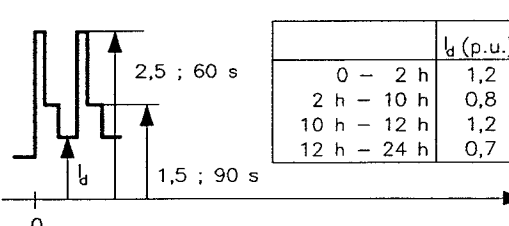
Tableau 3 - Exemples de cycles de charge - guide pour le choix des classes de service

Classe de service	Applications les plus typiques	Conditions de charge supposées typiques pour la classe de service Courant de charge par rapport au courant continu assigné															
I	Applications électrochimiques, etc.																
II	Applications électrochimiques, etc.																
III	Industrie et petite traction, service peu intensif																
IV	Service industriel intensif																
V	Moyenne traction (sous-station) et mines	 <table border="1" data-bbox="997 1512 1348 1657"> <thead> <tr> <th></th><th>I_d (p.u.)</th><th>t (min)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0 - 2 h</td><td>1,3</td><td>10</td></tr> <tr> <td>2 h - 10 h</td><td>0,8</td><td>15</td></tr> <tr> <td>10 h - 12 h</td><td>1,3</td><td>10</td></tr> <tr> <td>12 h - 24 h</td><td>0,7</td><td>30</td></tr> </tbody> </table>		I_d (p.u.)	t (min)	0 - 2 h	1,3	10	2 h - 10 h	0,8	15	10 h - 12 h	1,3	10	12 h - 24 h	0,7	30
	I_d (p.u.)	t (min)															
0 - 2 h	1,3	10															
2 h - 10 h	0,8	15															
10 h - 12 h	1,3	10															
12 h - 24 h	0,7	30															
VI	Grande traction (so<us-station)	 <table border="1" data-bbox="997 1792 1348 1937"> <thead> <tr> <th></th><th>I_d (p.u.)</th><th>t (min)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0 - 2 h</td><td>1,2</td><td>5</td></tr> <tr> <td>2 h - 10 h</td><td>0,8</td><td>6</td></tr> <tr> <td>10 h - 12 h</td><td>1,2</td><td>5</td></tr> <tr> <td>12 h - 24 h</td><td>0,7</td><td>20</td></tr> </tbody> </table>		I_d (p.u.)	t (min)	0 - 2 h	1,2	5	2 h - 10 h	0,8	6	10 h - 12 h	1,2	5	12 h - 24 h	0,7	20
	I_d (p.u.)	t (min)															
0 - 2 h	1,2	5															
2 h - 10 h	0,8	6															
10 h - 12 h	1,2	5															
12 h - 24 h	0,7	20															

3.11.3 Marking of the input and output terminals of the main circuit

The marking should express sequence of phases (if to be observed) or polarity respectively.

Table 3 - Examples of load cycles as guidance for selection of duty class

Duty class	Most typical applications	Assumed typical load conditions for the duty class Load current in relation to the rated direct current															
I	Electrochemical processes, etc.																
II	Electrochemical processes, etc.																
III	Light industrial and light traction substation service																
IV	Industrial service, heavy duty																
V	Medium traction substation and mining	 <table border="1" data-bbox="957 1478 1308 1624"> <thead> <tr> <th></th><th>I_d (p.u.)</th><th>t (min)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0 – 2 h</td><td>1,3</td><td>10</td></tr> <tr> <td>2 h – 10 h</td><td>0,8</td><td>15</td></tr> <tr> <td>10 h – 12 h</td><td>1,3</td><td>10</td></tr> <tr> <td>12 h – 24 h</td><td>0,7</td><td>30</td></tr> </tbody> </table>		I_d (p.u.)	t (min)	0 – 2 h	1,3	10	2 h – 10 h	0,8	15	10 h – 12 h	1,3	10	12 h – 24 h	0,7	30
	I_d (p.u.)	t (min)															
0 – 2 h	1,3	10															
2 h – 10 h	0,8	15															
10 h – 12 h	1,3	10															
12 h – 24 h	0,7	30															
VI	Heavy traction substation	 <table border="1" data-bbox="957 1758 1308 1904"> <thead> <tr> <th></th><th>I_d (p.u.)</th><th>t (min)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0 – 2 h</td><td>1,2</td><td>5</td></tr> <tr> <td>2 h – 10 h</td><td>0,8</td><td>6</td></tr> <tr> <td>10 h – 12 h</td><td>1,2</td><td>5</td></tr> <tr> <td>12 h – 24 h</td><td>0,7</td><td>20</td></tr> </tbody> </table>		I_d (p.u.)	t (min)	0 – 2 h	1,2	5	2 h – 10 h	0,8	6	10 h – 12 h	1,2	5	12 h – 24 h	0,7	20
	I_d (p.u.)	t (min)															
0 – 2 h	1,2	5															
2 h – 10 h	0,8	6															
10 h – 12 h	1,2	5															
12 h – 24 h	0,7	20															

3.11.4 Plaque signalétique

3.11.4.1 Plaques signalétiques des groupes et blocs

Ces plaques signalétiques doivent porter les indications suivantes:

- a) référence d'identification et/ou désignation du type par le constructeur;
- b) numéro de série;
- c) nombre de phases à l'entrée (y compris le neutre s'il doit être raccordé) ou indication "c.c.";
- d) tension assignée d'entrée (appelée "tension assignée continue" dans le cas des onduleurs);
- e) courant assigné d'entrée (appelé "courant assigné continu" dans le cas des onduleurs);
- f) fréquence assignée d'entrée, le cas échéant;
- g) nombre de phases de sortie (y compris le neutre s'il doit être raccordé) ou indication "c.c.";
- h) tension assignée de sortie (appelée "tension assignée continue" dans le cas de redresseurs);
- i) courant assigné de sortie (appelé "courant assigné continu" dans le cas de redresseurs);
- j) fréquence assignée de sortie, le cas échéant;
- k) plage de tension de sortie (si la tension de sortie est réglable);
- l) plage de fréquence de sortie (si la fréquence de sortie est réglable);
- m) caractère de la charge (par exemple force contre-électromotrice, inductive, etc.), si l'utilisation est restrictive;
- n) type de service ou classe de service;
- o) type de montage comprenant respectivement "uniforme" ou "non uniforme" (pour les blocs seulement);
- p) courant de court-circuit symétrique maximal admissible prévu de la source d'alimentation (valeur efficace);
- q) numéro de la présente norme de la CEI.

NOTE - Sur la plaque signalétique de petits groupes (300 kW et moins, pour un courant assigné continu ne dépassant pas 5 000 A), les points b), e) et j) à m) peuvent être exclus.

3.11.4 Rating plate

3.11.4.1 Rating plates of equipment and assemblies

These rating plates shall bear the following indications:

- a) identification reference and/or manufacturer's type designation;
- b) serial number;
- c) number of input phases (including neutral, if connection to it is necessary) or indication "d.c.";
- d) rated input voltage (called "rated direct voltage" in the case of inverters);
- e) rated input current (called "rated direct current" in the case of inverters);
- f) rated input frequency, if any;
- g) number of output phases (including neutral, if connection to it is necessary) or indication "d.c.";
- h) rated output voltage (called "rated direct voltage" in the case of rectifiers);
- i) rated output current (called "rated direct current" in the case of rectifiers);
- j) rated output frequency (if any);
- k) range of output voltage (if the output voltage is adjustable);
- l) range of output frequency (if the output frequency is adjustable);
- m) character of the load (for example counter e.m.f., inductive, etc.) if so restricted;
- n) type of duty or duty class;
- o) type of connection including "uniform" or "non-uniform" respectively (for assemblies only);
- p) maximum permissible prospective symmetrical r.m.s. short-circuit current of the power source;
- q) the number of this IEC standard.

NOTE - On the rating plate of small equipment (300 kW and less and rated current not exceeding 5 000 A), items b), e) and j) to m) may be excluded.

3.11.4.2 *Autres indications qui peuvent être ajoutées s'il y a lieu*

D'autres informations peuvent être ajoutées, en particulier:

- a) méthode de refroidissement;
- b) prescriptions de refroidissement (température, débit du fluide de refroidissement);
- c) masse totale, masse du fluide de refroidissement (le cas échéant);
- d) degré de protection;
- e) facteur de déphasage aux conditions assignées;
- f) symbole de courbe caractéristique de puissance utile.

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60146-1-1:1997

3.11.4.2 *Items which may be added if appropriate*

Further items may be added, especially:

- a) cooling method;
- b) cooling requirements (temperature, flow rate of cooling medium);
- c) over-all weight, weight of cooling fluid, if any;
- d) degree of protection;
- e) displacement factor under rated conditions;
- f) output characteristic curve symbol.

Section 4 - Essais des blocs et équipements à semiconducteurs

4.1 Généralités

Il est indiqué, pour des raisons économiques, de limiter l'exécution des essais à ceux qui sont considérés comme nécessaires. La présente norme est par conséquent rédigée de telle sorte que les essais effectués sur des groupes de grande puissance puissent être limités aux essais dans les ateliers du constructeur sur les blocs et groupes séparés qui feront l'objet d'une expédition séparée.

D'autres essais, comme ceux effectués sur les groupes complètement assemblés ou les essais sur le lieu d'installation, ne doivent être inclus que s'ils font l'objet d'une spécification séparée.

Le matériel de faible puissance, normalement livré en unités complètes, doit cependant être complètement vérifié avant livraison conformément aux présentes clauses.

4.1.1 Essais de type

Les essais de type doivent être effectués pour vérifier que la conception du produit satisfait aux règles d'exécution spécifiées dans la présente Norme et/ou spécifiées séparément.

NOTE - Plusieurs ou la totalité des essais de type peuvent être reconduits à des intervalles spécifiés et sur des nombres spécifiés d'échantillons, pour vérifier que la qualité de production est maintenue.

4.1.2 Essais individuels

Les essais individuels doivent être effectués sur chaque groupe convertisseur ou sur ses sous-ensembles s'ils font l'objet d'une expédition séparée, avant livraison, pour vérifier que les prescriptions de la présente Norme sont remplies.

4.1.3 Exécution des essais

Les essais doivent être effectués dans des conditions électriques équivalent à celles du service réel. Si cela n'est pas réalisable, les blocs et les équipements doivent être respectivement essayés dans des conditions telles que l'on puisse contrôler les performances spécifiées.

Dans les essais d'équipements, le bloc et les autres constituants de l'équipement peuvent être essayés séparément si nécessaire. En cas d'essais séparés, le module est raccordé à un transformateur dont le couplage est équivalent à celui qui est spécifié dans le contrat.

Section 4 - Tests for valve device assemblies and convertor equipment

4.1 General

It is advisable for economical reasons to confine the performance of tests to those which are considered necessary. This standard is therefore arranged so that testing of large equipment can be limited to tests in the manufacturer's works on the separate assemblies that are to be shipped separately.

Other tests such as tests on large, complete equipment or tests on site are to be included if separately specified.

Smaller equipment normally shipped as integral assemblies shall, however, be tested completely before being shipped in accordance with these provisions.

4.1.1 Type tests

Type tests shall be performed to verify that the design of the product is appropriate to meet the performance requirements specified in this Standard and/or those specified separately.

NOTE - Some or all of the type tests may be repeated at specified intervals on a specified number of samples to verify that the quality of the product is maintained.

4.1.2 Routine tests

Routine tests shall be performed on each convertor equipment or on its sub-assemblies if they are shipped separately, before delivery to verify that the requirements of this Standard are met.

4.1.3 Performance of tests

The tests shall be performed in electrical conditions equivalent to those in real service. If this is not practicable, the assemblies and equipments respectively shall be tested under such conditions as to allow the specified performance to be proved.

In equipment tests, the assembly and other items of the equipment may be tested separately if this is more convenient. When tested separately, the stack or assembly shall be supplied from a transformer with a connection equivalent to that specified in the contract.

Sauf dispositions contraires au moment du contrat, la tension alternative d'alimentation et les tensions d'essai sont à la fréquence assignée, sauf pour la tension d'essai d'isolement qui peut être la tension continue ou à une valeur appropriée (au choix du fournisseur, entre 15 Hz et 100 Hz).

NOTE - Si l'acheteur ou son représentant désire assister aux essais en usine, il y a lieu qu'il le spécifie dans la commande.

En cas d'accord avant la commande, le contrat peut spécifier que le fournisseur doit fournir un rapport d'essai relatif aux essais effectués sur le produit.

Il peut être fait référence à des essais de type effectués antérieurement sur un produit identique ou similaire, dans des conditions d'essai au moins égales à celles qui sont spécifiées par le contrat ou par la présente Norme.

4.1.4 Programme des essais

Les essais, sauf convention contraire, doivent comprendre tous les points ci-après marqués "x", qui sont applicables aux blocs ou aux convertisseurs.

Les essais marqués "(x)" ne doivent être effectués que sur spécifications particulières du contrat.

Tableau 4 - Sommaire d'essais

Essais	Essais de type	Essais individuels	Essais facultatifs	Spécification Paragraphe
Essai d'isolement	x	x		4.2.1
Essai de fonctionnement et essai à charge réduite	x	x		4.2.2
Essai au courant assigné	x			4.2.3
Détermination des pertes dans les blocs et les équipements	x			4.2.4
Essai d'échauffement	x			4.2.5
Mesure du facteur de puissance			(x)	4.2.6
Vérification des dispositifs auxiliaires	x	x		4.2.7
Mesure de la variation propre de tension			(x)	4.2.8
Vérification des propriétés des circuits de commande	x	x		4.2.9
Vérification des dispositifs des protections	x	x		4.2.10
Essai d'immunité			(x)	4.2.11
Essai d'aptitude aux surcharges			(x)	4.2.12
Perturbations radioélectriques rayonnées et conduites			(x)	4.2.13
Bruit audible			(x)	4.2.14
Mesure de la tension et du courant d'ondulation			(x)	4.2.15
Essais supplémentaires			(x)	4.2.16

Unless otherwise agreed at the time of the contract, the a.c. supply and test voltages shall be at rated frequency except for the insulation test voltage which may be d.c. or at any convenient frequency (at the supplier's choice between 15 Hz and 100 Hz).

NOTE - When the purchaser or his representative desires to witness factory tests, he should so specify in the order.

If so agreed before order, the contract may specify that the supplier should provide a report of tests performed on the product.

Reference may be made to type tests, previously performed, on an identical or similar product with test conditions at least equal to the requirements of the contract or of this specification.

4.1.4 Test schedule

The tests, unless otherwise agreed, shall comprise all the following items marked "x", which are applicable to the assembly or converter.

The tests marked "(x)" shall only be performed if specifically agreed in the contract.

Table 4 - Summary of tests

Test	Type test	Routine test	Optional test	Specification Sub-clause
Insulation test	x	x		4.2.1
Light load and functional test	x	x		4.2.2
Rated current test	x			4.2.3
Power loss determination for assemblies and equipment	x			4.2.4
Temperature rise test	x			4.2.5
Power factor measurement			(x)	4.2.6
Checking of auxiliary devices	x	x		4.2.7
Measurement of the inherent voltage regulation			(x)	4.2.8
Checking the properties of the control equipment	x	x		4.2.9
Checking the protective devices	x	x		4.2.10
Immunity test			(x)	4.2.11
Overcurrent capability test			(x)	4.2.12
Radio frequency generated interference and conducted noise			(x)	4.2.13
Audible noise			(x)	4.2.14
Measurement of ripple voltage and current			(x)	4.2.15
Additional tests			(x)	4.2.16