

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 146

Deuxième édition — Second edition

1973

Convertisseurs à semiconducteurs

Semiconductor converters



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

Révision de la présente publication

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

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
Publié trimestriellement
- **Rapport d'activité de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie utilisée dans la présente publication

Seuls sont définis ici les termes spéciaux se rapportant à la présente publication.

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'index général étant publié séparément. Des détails complets sur le V.E.I. peuvent être obtenus sur demande.

Symboles graphiques et littéraux

Seuls les symboles graphiques et littéraux spéciaux sont inclus dans la présente publication.

Le recueil complet des symboles graphiques approuvés par la CEI fait l'objet de la Publication 117 de la CEI.

Les symboles littéraux et autres signes approuvés par la CEI font l'objet de la Publication 27 de la CEI.

Revision of this publication

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

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

- **IEC Bulletin**
Published quarterly
- **Report on IEC Activities**
Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology used in this publication

Only special terms required for the purpose of this publication are defined herein.

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the I.E.V. will be supplied on request.

Graphical and letter symbols

Only special graphical and letter symbols are included in this publication.

The complete series of graphical symbols approved by the IEC is given in IEC Publication 117.

Letter symbols and other signs approved by the IEC are contained in IEC Publication 27.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 146

Deuxième édition — Second edition

1973

Convertisseurs à semiconducteurs

Semiconductor converters



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 mean electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Chapitres	
I. Généralités	6
105 Domaine d'application	6
110 Renvoi à diverses publications de la CEI	6
115 Liste des symboles littéraux employés	8
120 Définitions	14
130 Conditions de service	38
140 Exécution des essais	44
II. Diodes de redressement à semiconducteurs et thyristors	48
III. Transformateurs et bobines d'inductance	50
310 Généralités	50
320 Valeurs nominales des transformateurs pour convertisseurs	50
330 Pertes et chutes de tension dans les transformateurs et les bobines d'inductance	52
340 Essais des transformateurs de convertisseurs	54
IV. Groupes convertisseurs et blocs	60
410 Montages et facteurs de calculs	60
420 Pertes et rendement, facteur de puissance, facteur de conversion	68
430 Variation de tension	82
440 Harmoniques des courants et des tensions et effets associés	92
450 Protection	104
460 Valeurs nominales des groupes et blocs convertisseurs	108
470 Essais des blocs de diodes et groupes redresseurs	116
480 Essais des petits groupes convertisseurs à thyristors	128
490 Essais des blocs de thyristors et des groupes convertisseurs	130
V. Tolérances	142
VI. Prescriptions relatives au fonctionnement et données d'application	144
610 Montage en parallèle ou en série des diodes ou des thyristors	144
620 Fonctionnement en parallèle ou en série des blocs et des équipements	144
630 Auxiliaires des groupes redresseurs ou convertisseurs	146
640 Limites de tension pour une bonne commutation en fonctionnement onduleur	146
650 Conditions de surcharge	146
660 Stabilisation	148
670 Fonctionnement des convertisseurs simples et des convertisseurs doubles	150
680 Principe de fonctionnement des convertisseurs réversibles contrôlant des moteurs à courant continu	160
690 Conditions de fonctionnement de circuit qui influencent la tension appliquée aux éléments de circuit de convertisseur	164
ANNEXE A – Diodes de redressement à semiconducteurs et éléments redresseurs	166
ANNEXE B – Thyristors et éléments thyristors	200
ANNEXE C – Corrections à appliquer lorsque la température du fluide de refroidissement est supérieure à la valeur normale	262
ANNEXE D – Détermination des possibilités de surcharge par le calcul de la température virtuelle de jonction	264

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Chapter	
I. General	7
105 Scope	7
110 Reference to other IEC publications	7
115 List of principal letter symbols	9
120 Definitions	15
130 Service conditions	39
140 Performance of tests	45
II. Semiconductor rectifier diodes and thyristors	49
III. Transformers and reactors	51
310 General	51
320 Rated values for convertor transformers	51
330 Losses and voltage drops in transformers and reactors	53
340 Tests for convertor transformers	55
IV. Convertor equipments and assemblies	61
410 Electrical connections and calculation factors	61
420 Losses and efficiency, power factor and conversion factor	69
430 Voltage regulation	83
440 Harmonics in currents and voltages and associated effects	93
450 Protection	105
460 Rated values for assemblies and equipments	109
470 Tests for diode assemblies and rectifier equipments	117
480 Tests on small convertor equipments	129
490 Tests for thyristor assemblies and thyristor convertor equipments	131
V. Tolerances	143
VI. Performance requirements and application informations	145
610 Parallel or series connection of diodes or thyristors	145
620 Parallel or series operation of assemblies or equipments	145
630 Auxiliaries to rectifier or convertor equipments	147
640 Voltage limits for reliable commutation in inverter mode of operation	147
650 Overload conditions	147
660 Stabilization	149
670 Mode of operation of single and double convertors	151
680 Principle of operation for reversible convertors for control of d.c. motors	161
690 Circuit operating conditions affecting the voltage applied across convertor circuit elements	165
APPENDIX A – Semiconductor rectifier diodes and diode stacks	167
APPENDIX B – Thyristors and thyristor stacks	201
APPENDIX C – Corrections to be applied when cooling medium temperature is higher than standard	263
APPENDIX D – Determination of overload capability through calculation of virtual junction temperature	265

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONVERTISSEURS À SEMICONDUCTEURS

PRÉAMBULE

- 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.

PRÉFACE

La présente recommandation constitue une révision et un complément de la Publication 146 de la CEI: Cellules, éléments, assemblages et groupes redresseurs semiconducteurs monocristallins.

Un premier projet contenant des recommandations relatives aux convertisseurs à thyristors a été discuté lors d'une réunion tenue en 1962 à Bucarest par le Comité d'Etudes N° 22 et par son Sous-Comité 22B. Les discussions se sont poursuivies lors de réunions tenues à Montreux en 1963, à Berlin en 1964, à Tel-Aviv en 1966 et à Paris en 1968. Les travaux ont été associés à une révision de la Publication 146 de la CEI, pour constituer la recommandation fondamentale actuelle relative aux convertisseurs à semiconducteurs.

A la suite de la réunion de Paris, un projet définitif a été soumis aux Comités nationaux en septembre 1969, pour approbation suivant la Règle des Six Mois.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication de cette recommandation:

Afrique du Sud	Japon
Allemagne	Norvège
Australie	Pays-Bas
Autriche	Pologne
Belgique	Portugal
Canada	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
Finlande	Tchécoslovaquie
France	Turquie
Iran	Union des Républiques Socialistes
Israël	Soviétiques
Italie	Yougoslavie

Des recommandations séparées concernant des types spéciaux de convertisseurs ou des domaines d'application particuliers complètent cette recommandation fondamentale.

Les annexes A et B donnent suite aux décisions prises par le Comité d'Etudes N° 47 lors de l'achèvement des travaux relatifs à cette recommandation et sont incluses dans la recommandation en vue de la compléter. Les recommandations de la CEI concernant les dispositifs à semiconducteurs figurent dans les Publications 147 et 148.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SEMICONDUCTOR CONVERTORS

FOREWORD

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

PREFACE

This recommendation is a revision of and a supplement to IEC Publication 146: Monocrystalline Semiconductor Rectifier Cells, Stacks, Assemblies and Equipments.

In 1962, at a meeting in Bucharest, a first draft containing recommendations for thyristor convertors was discussed by Technical Committee No. 22 and its Sub-Committee 22B. Further discussions took place at meetings held in Montreux in 1963, in Berlin in 1964, in Tel Aviv in 1966 and in Paris in 1968.

The work was combined with a revision of IEC Publication 146 to form the present basic recommendation for semiconductor convertors.

As a result of the Paris meeting a final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in September 1969.

The following countries voted explicitly in favour of publication of this recommendation:

Australia	Netherlands
Austria	Norway
Belgium	Poland
Canada	Portugal
Czechoslovakia	South Africa
Denmark	Sweden
Finland	Switzerland
France	Turkey
Germany	Union of Soviet Socialist Republics
Iran	United Kingdom
Israel	United States of America
Italy	Yugoslavia
Japan	

Separate recommendations for specific kinds of convertors or specific application areas are supplementing this basic recommendation.

The Appendices A and B conform with the decisions made by Technical Committee No. 47 at the time when the work on this recommendation was terminated and have been included in order to complete the publication. IEC recommendations for semiconductor components are given in Publications 147 and 148.

CHAPITRE I: GÉNÉRALITÉS

105. **Domaine d'application**

Cette recommandation s'applique aux convertisseurs statiques de puissance dont la f.é.m. de commutation est fournie par un réseau à courant alternatif contenant une ou plusieurs machines synchrones pour la conversion de l'alternatif en continu ou du continu en alternatif, c'est-à-dire aux redresseurs, aux onduleurs et aux convertisseurs utilisant les deux types de fonctionnement.

Dans la mesure qui les concerne, la recommandation doit être aussi utilisée pour les convertisseurs contrôlant la tension alternative, et pour ceux où la tension de commutation est fournie par le circuit de charge, par exemple une charge résonnante.

La recommandation est limitée aux convertisseurs dans lesquels sont utilisés des diodes de redressement à semiconducteur, des thyristors à blocage inverse ou une combinaison des deux, mais elle peut aussi être employée pour les convertisseurs utilisant des thyristors bidirectionnels dans la mesure où elle est applicable. Le terme thyristor est utilisé dans la publication comme une abréviation pour le thyristor triode à blocage inverse.

La recommandation ne s'applique pas aux convertisseurs à commutation par des sources intérieures, par exemple des condensateurs, aux convertisseurs de fréquence, aux convertisseurs utilisés dans le matériel de télécommunication – abstraction faite de ceux fournissant la puissance – aux auxiliaires d'instruments de mesure ou aux équipements de commande contrôlant les convertisseurs statiques de puissance.

Des recommandations complémentaires pour certains types spéciaux de convertisseurs p.ex.: convertisseurs pour entraînement de moteurs à vitesse variable, convertisseurs pour traction électrique, convertisseurs d'ajustage de tension alternative, convertisseurs autocommutés, convertisseurs "courant continu/courant continu", etc., feront l'objet de publications CEI particulières.

110. **Renvoi à diverses publications de la CEI**

Termes relatifs aux conditions de fonctionnement d'une machine ou d'un appareil

Termes et définitions concernant les convertisseurs statiques

Termes et définitions concernant les diodes de redressement et les thyristors

Symboles littéraux concernant les convertisseurs

Symboles littéraux concernant les diodes et les thyristors

Symboles graphiques concernant les convertisseurs statiques

Symboles graphiques concernant les dispositifs à semiconducteurs

Caractéristiques nominales des diodes et thyristors

Méthodes de mesure applicables aux diodes et thyristors

Publication 50 (05), Section 41, de la CEI

Vocabulaire Electrotechnique International, Chapitre 11

Publications 84, 84A et 84B de la CEI

Publication 147-0 de la CEI

Publications 84 et 84A de la CEI

Publication 148 de la CEI

Publication 117-6 de la CEI, Mod. N° 1, 1966

Publication 117-7 de la CEI

Publication 147-1 de la CEI

Publication 147-2 de la CEI

CHAPTER 1: GENERAL

105. Scope

This recommendation applies to static power converters of the line- or machine-commutated type for conversion from a.c. to d.c. or from d.c. to a.c., that is, rectifiers, inverters and converters embodying both modes of operation.

When applicable the recommendation applies also to converters for control of alternating voltage and converters in which the commutating voltage is supplied by the load circuit, e.g. a resonating load.

The recommendation is restricted to converters with semiconductor rectifier diodes, reverse blocking triode thyristors or a combination of these, but it may also be applied for converters with bidirectional thyristors in so far as applicable. The term thyristor is used in the Publication as an abbreviation for reverse blocking triode thyristor.

The recommendation does not apply to converters in which the commutating voltage is supplied by internal sources, e.g. capacitors, frequency converters, converters used in telecommunication apparatus other than for power supplied to such apparatus, to auxiliaries of measuring instruments, or system control equipments for control of static power converters.

Additional recommendations for special kinds of converters, e.g. converters for adjustable speed d.c. motor drives, power converters for electric traction, converters for control of alternating voltage, self-commutated inverters, d.c. to d.c. converters, etc., will be given in separate IEC publications.

110. Reference to other IEC publications

Terms relating to the working conditions of a machine or apparatus

IEC Publication 50 (05), Section 41

Terms and definitions for static converters

International Electrotechnical Vocabulary, Chapter 11
IEC Publications 84, 84A and 84B

Terms and definitions for rectifier diodes and thyristors

IEC Publication 147-0

Letter symbols for static converters

IEC Publications 84, and 84A

Letter symbols for rectifier diodes

IEC Publication 148

Graphical symbols for static converters

IEC Publication 117-6
Am. No. 1, 1966

Graphical symbols for semiconductor devices

IEC Publication 117-7

Ratings for rectifier diodes and thyristors

IEC Publication 147-1

Measuring methods for rectifier diodes and thyristors

IEC Publication 147-2

115. Liste des symboles littéraux employés

115.1 Liste des indices

0	à vide
N	valeur nominale ou pour la valeur nominale
b	dû aux bobines d'inductance
d	courant continu ou tension continue
f	relatif à la fréquence
i	fictif (ou idéal)
L	côté réseau
m	maximum
n	rang d'harmonique
p	inhérent
r	résistif
t	relatif au transformateur de convertisseur
v	côté cellules
x	inductif
α	commandé (par variation de l'angle de retard)
σ	ondulation

115.2 Liste des symboles

Les symboles littéraux relatifs aux termes utilisés pour les caractéristiques des composants semi-conducteurs figurent dans l'annexe A, article A1, pour les diodes et dans l'annexe B, article B1, pour les thyristors.

$\cos \varphi$	facteur de déphasage
$\cos \varphi'$	facteur de déphasage sans courant magnétisant et avec $\alpha = 0$
$\cos \varphi_N$	facteur de déphasage global pour I_{dN}
$\cos \varphi'_N$	facteur de déphasage pour I_{dN} , sans courant magnétisant et avec $\alpha = 0$
$\cos \varphi'_a$	facteur de déphasage pour I_d sans courant magnétisant et pour un angle de retard α
$\cos \varphi'_{aN}$	facteur de déphasage pour I_{dN} , sans courant magnétisant et pour un angle de retard α
d_b	chute de tension continue totale due aux bobines d'inductance de convertisseur en pourcentage de U_{di0} ($d_b = d_{rb} + d_{xb}$)
d_{bN}	valeur de d_b pour I_{dN}
d_L	chute de tension continue additionnelle due à l'impédance du réseau à courant alternatif
d_{LN}	la valeur de d_L pour I_{dN}
d_r	variation ou résistive de tension continue résistive totale en pourcentage de U_{di0}
d_{rN}	valeur de d_r pour I_{dN}
d_{rb}	variation résistive de la tension continue, due aux bobines d'inductance de convertisseur en pourcentage de U_{di0}
d_{rbN}	valeur de d_{rb} pour I_{dN}
d_{rt}	variation résistive de la tension continue, due au transformateur principal et à la bobine d'absorption, en pourcentage de U_{di0}
d_{rtN}	la valeur de d_{rt} pour I_{dN}
d_t	variation totale de la tension continue due au transformateur principal et à la bobine d'absorption, en pourcentage de U_{di0} ($d_t = d_{xt} + d_{rt}$)
d_{tN}	valeur de d_t pour I_{dN}
d_x	variation ou augmentation inductive totale de tension continue en pourcentage de U_{di0}
d_{xN}	valeur de d_x pour I_{dN}

115. List of principal letter symbols

115.1 List of suffixes

0	at no load
N	rated value or at rated load
b	due to convertor reactors
d	direct current or voltage
f	dependent on frequency
i	ideal
L	line
m	maximum
n	order of harmonic
p	inherent
r	resistive
t	due to convertor transformer
v	cell side
x	inductive
α	controlled (by delay angle variation)
σ	ripple

115.2 List of symbols

Letter symbols for terms used for semiconductor device properties are given in Appendix A, Clause A1, for diode terms, and in Appendix B, Clause B1, for thyristor terms.

$\cos \varphi$	displacement factor
$\cos \varphi'$	displacement factor in absence of transformer magnetizing current and with $\alpha = 0$
$\cos \varphi_N$	displacement factor at rated direct current
$\cos \varphi'_N$	the value of $\cos \varphi'$ at rated direct current
$\cos \varphi'_\alpha$	displacement factor in absence of transformer magnetizing current at a delay angle
$\cos \varphi'_{\alpha N}$	the value of $\cos \varphi'_\alpha$ at rated direct current
d_b	total direct voltage drop due to convertor reactors in per cent of U_{di0} ($d_b = d_{rb} + d_{xb}$)
d_{bN}	the value of d_b at rated direct current
d_L	additional direct voltage drop due to a.c. system impedance
d_{LN}	the value of d_L at rated direct current
d_r	total resistive direct voltage drop in per cent of U_{di0}
d_{rN}	the value of d_r at rated direct current
d_{rb}	resistive direct voltage regulation due to convertor reactors in per cent of U_{di0}
d_{rbN}	the value of d_{rb} at rated direct current
d_{rt}	resistive direct voltage regulation due to main and interphase transformer in per cent of U_{di0}
d_{rtN}	the value of d_{rt} at rated direct current
d_t	total direct voltage regulation due to main and interphase transformer in per cent of U_{di0} ($d_t = d_{xt} + d_{rt}$)
d_{tN}	the value of d_t at rated direct current
d_x	total inductive direct voltage regulation in per cent of U_{di0}
d_{xN}	the value of d_x at rated direct current

d_{xb}	variation inductive de tension continue due aux inductances du convertisseur en pourcentage de U_{di0}
d_{xbN}	valeur de d_{xb} pour I_{dN}
d_{xbLN}	partie de d_{xbN} due aux bobines d'inductance côté réseau
d_{xbvN}	partie de d_{xbN} due aux bobines d'inductance côté cellules
d_{xL}	variation inductive de tension continue, due aux inductances du réseau c.a., en pourcentage de U_{di0}
d_{xLN}	valeur de d_{xL} pour I_{dN}
d_{xt}	composant inductive de la tension court-circuit due au transformateur du convertisseur, en pourcentage de U_{di0}
d_{xtN}	valeur de d_{xt} pour I_{dN}
e_{xN}	composante inductive de la tension de court-circuit du transformateur du convertisseur, correspondant à I_{LN}
f_N	fréquence nominale
g	nombre d'ensembles de groupes commutants entre lesquels se partage I_{dN}
I_{bN}	courant efficace dans une inductance correspondant à I_{dN}
I_d	courant continu (n'importe quelle valeur spécifiée)
I_{dN}	courant continu nominal
I_{dmN}	courant continu maximal permanent nominal
I_L	courant côté réseau du transformateur
I_{LN}	courant nominal côté réseau
I'_{LN}	valeur conventionnelle de I_{LN}
I_{1LN}	composante fondamentale de I_{LN}
I_{nN}	valeur efficace de l'harmonique de rang n pour I_{dN}
I_{niN}	valeur idéale de I_{nN} pour $d_x = 0$
I_v	courant du transformateur, côté cellule
I_{vN}	courant nominal du transformateur côté cellules
K'	facteur de forme téléphonique du C.C.I.T.T.
K	rapport des facteurs de forme des courants continus
k	$k = 1, 2, 3 \dots$
k_t	facteur du C.C.I.T.T.
n	rang d'un harmonique
P	puissance (n'importe quelle valeur spécifiée)
P_{LN}	puissance active côté réseau au régime nominal
p	indice de pulsation
p_i, p_i''	facteurs de pondération du C.C.I.T.T.
Q_{LN}	puissance réactive côté réseau au régime nominal
q	indice de commutation
S_{LN}	puissance apparente nominale côté réseau
S_{1LN}	puissance apparente côté réseau au régime nominal basée sur I_{1LN}
S_m	puissance de court-circuit du réseau
s	nombre de groupes commutants en série
TIF	facteur d'interférence téléphonique
U_{bN}	tension nominale entre phases d'une bobine d'inductance côté réseau
U_d	tension continue (n'importe quelle valeur spécifiée)
U_{d0}	tension continue à vide conventionnelle
U_{d0a}	tension continue à vide contrôlée conventionnelle

d_{xb}	inductive direct voltage regulation due to convertor reactors in per cent of U_{d0}
d_{xbN}	the value of d_{xb} at rated direct current
d_{xbLN}	that part of d_{xbN} caused by line side reactors
d_{xbvN}	that part of d_{xbN} caused by cell side reactors
d_{xL}	inductive direct voltage regulation due to a.c. system reactance in per cent of U_{d0}
d_{xLN}	the value of d_{xL} at rated direct current
d_{xt}	inductive direct voltage regulation due to convertor transformer in per cent of U_{d0}
d_{xtN}	the value of d_{xt} at rated direct current
e_{xN}	inductive component of the short-circuit voltage of convertor transformer corresponding to I_{LN}
f_N	rated frequency
g	number of sets of commutating groups between which I_{dN} is divided
I_{bN}	r.m.s. current in reactor corresponding to I_{dN}
I_d	direct current (any defined value)
I_{dN}	rated direct current
I_{dmN}	rated continuous direct current
I_L	current on line side of transformer
I_{LN}	rated current on line side
I'_{LN}	conventional value of I_{LN}
I_{iLN}	fundamental wave of I_{LN}
I_{nN}	r.m.s. value of line current harmonic of order n at rated current
I_{niN}	ideal value of I_{nN} assuming $d_x = 0$
I_v	current on cell side of transformer
I_{vN}	rated current on cell side of transformer
K'	telephone form factor of C.C.I.T.T.
K	form factor of direct current
k	$k = 1, 2, 3$ etc.
k_i	factor of C.C.I.T.T.
n	order of harmonics
P	power (any defined value)
P_{LN}	real power on line side at rated load
p	pulse number
p_i, p''	weighing factors of C.C.I.T.T.
Q_{LN}	reactive power on line side at rated load
q	commutating number
S_{LN}	rated apparent power on line side
S_{iLN}	apparent power on line side at rated load based on I_{iLN}
S_m	short-circuit capacity of the a.c. system
s	number of series connected commutating groups
TIF	telephone interference factor
U_{bN}	rated phase-to-phase voltage at line side terminals of line reactor
U_d	direct voltage (any defined value)
U_{d0}	conventional no-load direct voltage
$U_{d0\alpha}$	controlled conventional no-load direct voltage

U_{d00}	tension continue réelle à vide
U_{dN}	tension continue nominale
U_{di0}	tension continue fictive à vide (ou idéale)
$U_{di0\alpha}$	tension continue fictive à vide contrôlée (ou idéale)
U_{db}	variation de tension, due aux bobines d'inductance
U_{dbN}	valeur de U_{db} pour I_{dN}
U_{dL}	variation de la tension continue, due à l'impédance du réseau courant alternatif
U_{dLN}	valeur de U_{dL} pour I_{dN}
U_{dpN}	tension continue fictive interne pour le courant nominal ($U_{dpN} = U_{dN} + U_{drN}$)
U_{dr}	variation résistive totale de la tension continue
U_{drN}	valeur de U_{dr} pour I_{dN}
U_{drbN}	variation résistive de la tension continue pour I_{dN} , due aux bobines d'inductance
U_{drtN}	variation résistive de la tension au régime nominal, due au transformateur du convertisseur
U_{dtN}	variation totale de la tension continue pour I_{dN} , due au transformateur principal et à la bobine d'absorption
U_{dxN}	variation inductive totale de la tension continue pour I_{dN}
U_{dxbN}	variation inductive de la tension continue pour I_{dN} , due aux bobines d'inductance
U_{dxbLN}	la partie de U_{dxbN} , due aux bobines d'inductance, côté réseau
U_{dxbvN}	la partie de U_{dxbN} , due aux bobines d'inductance, côté cellules
U_{dxLN}	variation de la tension continue pour I_{dN} , due à l'impédance du réseau à courant alternatif
U_{dxtN}	variation inductive de la tension continue pour I_{dN} , due au transformateur du convertisseur
U_f	valeur efficace de l'harmonique de fréquence f de la tension continue
U_{im}	tension de crête fictive d'un bras
U_{i0m}	tension de crête fictive à vide d'un bras
U_L	tension entre phases du côté réseau du transformateur
U_{LN}	tension nominale du côté réseau du transformateur
U_n	valeur efficace de l'harmonique d'ordre n de la tension continue
U_{nN}	valeur de U_n pour la tension continue nominale
U_{v0}	tension efficace à vide entre phases, côté cellules du transformateur
U_o	tension efficace d'ondulation, côté courant continu
u	angle d'empiètement
v	facteur de déformation
X_{bL}	réactance par phase, côté réseau
X_{bv}	réactance par phase, côté cellules
X_t	réactance de commutation par phase due au transformateur de convertisseur dans un groupe commutant
α	angle de retard
α_p	angle de retard propre
β	angle d'avance
γ	angle de marge
γ_{min}	valeur critique de l'angle de marge
δ	nombre de groupes commutant simultanément, par primaire ou par bobine d'inductance
λ	facteur de puissance global
θ_j	température virtuelle de jonction

$U_{d(0)}$	real no-load direct voltage
U_{dN}	rated direct voltage
$U_{di(0)}$	ideal no-load direct voltage
$U_{di(0)\alpha}$	controlled ideal no-load direct voltage
U_{db}	direct voltage drop due to convertor reactors
U_{dbN}	the value of U_{db} at rated current I_{dN}
U_{dL}	direct voltage regulation due to a.c. system impedance
U_{dLN}	the value of U_{dL} at rated current I_{dN}
U_{dpN}	fictitious internal direct voltage at rated current ($U_{dpN} = U_{dN} + U_{drN}$)
U_{dr}	total resistive direct voltage regulation
U_{drN}	the value of U_{dr} at rated direct current I_{dN}
U_{drbN}	resistive direct voltage regulation due to convertor reactors at rated current
U_{drtN}	resistive direct voltage regulation due to convertor transformer at rated load
U_{dtN}	total direct voltage regulation due to main and interphase transformers at rated current
U_{dxN}	total inductive direct voltage regulation at rated direct current
U_{dxbN}	inductive direct voltage regulation due to convertor reactors at rated direct current
U_{dxbLN}	that part of U_{dxbN} caused by line side reactance
U_{dxbvN}	that part of U_{dxbN} caused by cell side reactance
U_{dxLN}	inductive direct voltage regulation due to a.c. system reactance at rated current
U_{dxtN}	inductive direct voltage regulation due to convertor transformer at rated current
U_f	r.m.s. value of direct voltage harmonic of frequency f
U_{im}	ideal crest voltage of an arm
U_{i0m}	ideal crest no-load voltage of an arm
U_L	phase-to-phase voltage on line side of transformer
U_{LN}	rated voltage on line side of transformer
U_n	r.m.s. value of harmonic of order n in the direct voltage
U_{nN}	the value of U_n at rated direct voltage
U_{v0}	r.m.s. phase-to-phase voltage on cell side of transformer at no load
U_o	r.m.s. ripple voltage on d.c. side
u	angle of overlap
v	distortion factor
X_{bL}	reactance per phase on line side
X_{bv}	reactance per phase on cell side
X_t	commutating reactance per phase in a commutating group due to convertor transformer
α	delay angle
α_p	inherent delay angle
β	angle of advance
γ	margin angle
γ_{min}	critical value of the margin angle
δ	number of commutating groups commutating simultaneously per primary or per reactor
λ	total power factor
θ_j	virtual junction temperature

120. **Définitions**

121. **Termes généraux**

121.1 *Diode de redressement à semiconducteur* (en abrégé: diode)

Dispositif de redressement monocristallin ayant une jonction redresseuse présentant une conductibilité unidirectionnelle, complet dans son enveloppe et muni de moyens de refroidissement si ceux-ci en constituent une partie intégrante.

121.2 *Thyristor triode de blocage inverse*

Dispositif à semiconducteur monocristallin à conductibilité unidirectionnelle, ayant une caractéristique bistable dans le sens direct, trois jonctions PN et comportant une électrode de gâchette.

L'application d'un signal électrique approprié à l'électrode de gâchette provoque le passage de l'état de non-conduction à l'état de conduction. Ce passage s'effectue dans le premier quadrant de la caractéristique courant/tension de l'anode par rapport à la cathode. Les moyens de refroidissement sont compris s'ils font partie intégrante de l'appareil.

Note. — Le terme a été abrégé dans le texte en thyristor.

121.2.1 *Thyristor à gâchette P*

Thyristor dans lequel la gâchette est connectée à la région *P* la plus rapprochée de la cathode et qui est normalement rendu conducteur par l'application d'un signal positif entre gâchette et cathode.

121.2.2 *Thyristor à gâchette N*

Thyristor dans lequel la gâchette est connectée à la région *N* la plus rapprochée de l'anode et qui est normalement rendu conducteur par l'application d'un signal négatif entre gâchette et anode.

121.3 *Élément redresseur à diodes* (en abrégé: élément à diodes)

Groupement unitaire d'une ou de plusieurs diodes redresseuses avec le ou les dispositifs de montage correspondants, organes de refroidissement s'il en existe, moyens de raccordement électriques ou mécaniques, et composants auxiliaires s'il en existe.

121.4 *Élément à thyristors*

Groupement unitaire d'un ou de plusieurs thyristors avec le ou les dispositifs de montage correspondants, organes de refroidissement s'il en existe, moyens de raccordement électriques ou mécaniques et composants auxiliaires, s'il en existe. Un élément thyristor peut également consister en une combinaison de thyristors et de diodes, et dans ce cas il sera désigné par "élément hétérogène".

Aucun dispositif de commande n'est compris dans cette définition.

121.5 *Bloc redresseur* (ou bloc de diodes)

Assemblage électrique et mécanique et accessoires de diodes ou d'éléments à diodes, complet avec tous ses moyens de raccordement ainsi que les moyens de refroidissement, s'il en existe, compris dans son enveloppe mécanique, mais sans les transformateurs, dispositifs de coupure et autre organes auxiliaires.

120. **Definitions**

121. **General terms**

121.1 *Semiconductor rectifier diode* (abbreviated to diode)

A monocrystalline rectifying device having one rectifier junction which presents an asymmetrical conductivity, complete in its envelope and with cooling means if integral with it.

121.2 *Reverse blocking triode thyristor*

A monocrystalline, reverse blocking semiconductor device with bistable character in the forward direction, normally having three PN-junctions and a gate electrode at which a suitable electrical signal will cause switching from the off-state to the on-state within the first quadrant of the anode to cathode voltage-current characteristic. If cooling means are integrated, they are included.

Note. — In this document, this term is abbreviated to thyristor.

121.2.1 *P-gate thyristor*

A thyristor in which the gate terminal is connected to the *P*-region nearest the cathode and which is normally switched to the on-state by applying a positive signal between gate and cathode terminals.

121.2.2 *N-gate thyristor*

A thyristor in which the gate terminal is connected to the *N*-region nearest the anode and which is normally switched to the on-state by applying a negative signal between gate and anode terminals.

121.3 *Diode stack*

A single structure of one or more semiconductor rectifier diodes with its (their) associated mounting(s), cooling attachments if any, connections whether electrical or mechanical and auxiliary components if any.

121.4 *Thyristor stack*

A single structure of one or more thyristors with its (their) associated mounting(s), cooling attachments if any, connections whether electrical or mechanical and auxiliary components if any. A thyristor stack may consist of thyristors and semiconductor rectifier diodes in combination and in this case it may be referred to as a non-uniform thyristor stack.

No trigger equipments are included in this definition.

121.5 *Diode assembly*

An electrically and mechanically combined assembly of diodes or diode stacks, complete with all its connections and auxiliary components together with means for cooling if any, in its own mechanical structure, but without the converter transformers, switching devices and other auxiliaries.

121.6 *Bloc convertisseur à thyristors (ou bloc de thyristors)*

Assemblage électrique et mécanique de thyristors en combinaison avec des diodes s'il en a, ou d'éléments thyristors complets avec tous ses moyens de raccordement et dispositifs accessoires ainsi que les moyens de refroidissement, s'il en existe, compris dans son enveloppe mécanique mais sans les transformateurs et dispositifs de coupure.

Note. — Un bloc de thyristors peut être constitué de plusieurs sous-ensembles fabriqués et commercialisés constituant des groupements unitaires, par exemple d'éléments thyristors (paragraphe 121.4) ou d'autres combinaisons d'un ou de plusieurs thyristors, avec ses dispositifs de commande, ses dispositifs de protection, etc.

121.7 *Groupe convertisseur (ou convertisseur)*

Ensemble fonctionnel pour la conversion de puissance comprenant un ou plusieurs blocs redresseurs à diodes ou blocs convertisseurs à thyristors ainsi que les transformateurs convertisseurs à thyristors, les organes de connexion et autres accessoires s'il en existe.

121.7.1 *Groupe redresseur*

Groupe convertisseur destiné à la conversion du courant alternatif en courant continu permettant le transfert de l'énergie seulement du côté courant alternatif vers le côté courant continu.

121.7.2 *Groupe convertisseur à thyristors*

Groupe convertisseur comprenant un ou plusieurs blocs convertisseurs à thyristors. Les équipements de contrôle ne sont normalement pas inclus.

Note. — Pour les petits groupes convertisseurs à thyristors, l'équipement de contrôle du courant et de la tension continue peut faire partie du convertisseur.

121.8 *Générateur d'impulsions*

Dispositif qui, à partir d'un signal de commande, fournit aux thyristors d'un convertisseur les impulsions appropriées d'amorçage et qui comporte des circuits de déphasage, des circuits générateurs d'impulsions et des circuits d'alimentation.

121.9 *Dispositif de réglage*

Dispositif associé à un groupe convertisseur qui permet le réglage automatique des caractéristiques de sortie en fonction d'une grandeur à laquelle le convertisseur est asservi (vitesse d'un moteur, effort de traction, etc.).

121.10 *Élément de circuit de convertisseur*

Partie de circuit d'un convertisseur, comprenant un ou plusieurs dispositifs, contrôlés ou non, qui commutent périodiquement, conduisent dans la même direction, et qui est limitée par un maximum de deux bornes principales.

Note. — Ce terme ainsi que les symboles correspondants sont destinés à être utilisés dans l'étude des montages de diodes de redressement et de thyristors.

Un élément de circuit de convertisseur est souvent appelé bras ou branche.

121.11 *Soupape "by-pass" (thyristor)*

Soupape redresseuse à thyristors permettant de dériver le courant passant normalement par un autre circuit du convertisseur.

Note. — Les soupapes by-pass à thyristors sont utilisées, en règle générale, pour permettre au courant de charge de s'écouler par une voie différente de celle des soupapes principales du convertisseur lorsque ces dernières ne peuvent laisser passer ce courant.

121.6 *Thyristor assembly*

An electrically and mechanically combined assembly of thyristors in combination with diodes, if any, or thyristor stacks, complete with all its connections and auxiliary components together with means for cooling if any, in its own mechanical structure, but without the convertor transformers and switching devices.

Note. — A thyristor assembly may be combined of several sub-assemblies, which are made and traded as mechanically combined units, e.g. thyristor stacks (Sub-clause 121.4) or other combinations of one or more thyristors with control devices, protective devices, etc.

121.7 *Convertor equipment (or convertor)*

An operating unit for power conversion comprising one or more diode or thyristor assemblies together with convertor transformers, essential switching devices and other auxiliaries if any.

121.7.1 *Rectifier equipment*

A convertor equipment for conversion of alternating current to direct current with a possible transfer of energy only from the a.c. side to the d.c. side.

121.7.2 *Thyristor convertor equipment (or thyristor convertor)*

A convertor equipment comprising one or more thyristor assemblies. System control equipments are normally not included.

Note. — For small thyristor converters, system control equipments for direct current or direct voltage control may be incorporated in the convertor unit.

121.8 *Trigger equipment*

An equipment for conversion of a control signal to suitable trigger pulses for the thyristors in a thyristor assembly including phase shifting circuits, pulse generating circuits and as a rule power supply circuits.

121.9 *System control equipment*

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

121.10 *Convertor circuit element*

A portion of a convertor connection containing one or more controlled or uncontrolled, periodically switched devices conducting in the same direction, bounded by no more than two principal circuit terminals.

Note. — This term and corresponding symbols are intended for use in the study of rectifier diode and thyristor connections.

In a convertor connection, a circuit element is often referred to as an arm or branch.

121.11 *By-pass diode (thyristor)*

A rectifier diode (thyristor) providing an alternative path for taking over the current from other convertor circuit elements.

Note. — By-pass diodes (thyristors) are, as a rule, introduced to provide an alternative path for load current, when this cannot be accepted during all time intervals by the principal convertor circuit elements.

121.12 *Montage convertisseur*

Combinaison de circuits constitués de trajets de redressement correspondant à un schéma caractérisé par un indice de pulsation et un indice de commutation déterminés.

121.13 *Montage redresseur*

Montage convertisseur particulier pour la conversion de courant alternatif en courant continu.

121.14 *Montage à une voie (voir exemples tableau II)*

Montage constituant un convertisseur simple dans lequel les connexions à courant alternatif alimentant le bloc du convertisseur sont parcourues par un courant unidirectionnel.

121.15 *Montage à deux voies (voir exemples tableau II)*

Montage constituant un convertisseur simple dans lequel les connexions à courant alternatif alimentant le bloc du convertisseur sont parcourues par un courant bidirectionnel.

121.15.1 *Montage homogène à deux voies*

Montage dont toutes les branches sont identiques.

121.15.2 *Montage hétérogène à deux voies*

Montage constitué en partie par des éléments commandés et en partie par des éléments non commandés du circuit du convertisseur.

121.16 *Convertisseur à puissance réversible (voir aussi article 680)*

Convertisseur permettant le transfert de l'énergie du côté courant alternatif vers le côté courant continu ou inversement.

121.17 *Convertisseur simple (voir tableau II)*

Convertisseur fournissant un courant unidirectionnel à un circuit d'utilisation à courant continu.

Note. — Un convertisseur simple utilisé sans dispositif inverseur ne peut être employé en récupération de puissance que dans le cas de montages à thyristors à une voie ou de montages homogènes à thyristors à deux voies et quand le circuit de charge à courant continu peut fournir de l'énergie sans recourir à l'inversion du courant, par exemple dans le cas d'une charge fortement inductive.

Utilisé avec dispositif inverseur, un convertisseur simple peut être utilisé en récupération de puissance dans tous les cas de montages à une voie ou de montages homogènes à deux voies.

121.18 *Convertisseur double (voir tableau II)*

Montage combinant deux convertisseurs à un circuit d'utilisation de telle sorte que celui-ci puisse recevoir ou fournir de l'énergie à courant continu dans les deux directions.

Note. — Les deux convertisseurs peuvent être alimentés, soit par des enroulements côté différents d'un transformateur unique, soit par des enroulements côté c.c. communs, soit par des transformateurs différents.

Le montage du convertisseur peut être à une voie ou homogène à deux voies.

121.19 *Convertisseurs en série*

Deux ou plusieurs convertisseurs connectés d'une telle manière que leurs tensions côté courant continu s'ajoutent.

121.12 *Convertor connection*

A combination of circuits formed by rectifying paths to a specified diagram characterized by defined pulse number and commutating number.

121.13 *Rectifier connection*

A particular kind of convertor connection for conversion of a.c. to d.c.

121.14 *Single-way connection* (for examples, see Table II)

A connection forming a single convertor in which the current in the a.c. connections of the assembly is flowing in only one direction.

121.15 *Double-way connection* (for examples, see Table II)

A connection forming a single convertor in which the a.c. connections of the assembly carry current in both directions.

121.15.1 *Uniform double-way connection*

A connection with all arms identical.

121.15.2 *Non-uniform double-way connection*

A connection with partly controlled and partly uncontrolled convertor circuit elements.

121.16 *Reversible power convertor* (see also Clause 680)

A convertor in which the transfer of energy is possible both from the a.c. side to the d.c. side and vice versa.

121.17 *Single-convertor* (see Table II)

A convertor connected to a d.c. circuit such that the direct current of the convertor is flowing in only one direction.

Note. – When used without a reversing switch, a single convertor can be used in a reversible power sense only in these cases where single-way thyristor connections or uniform double-way thyristor connections are used and where the d.c. circuit can change from accepting energy to giving up energy without the need for current reversal, e.g. a heavily inductive load.

When used with a reversing switch, a single convertor can be used in a reversible power sense in all cases where single-way thyristor connections or uniform double-way thyristor connections are used.

121.18 *Double-convertor* (see Table II)

Two convertors connected to a common d.c. circuit such that this circuit can accept or give up energy with direct current in both directions.

Note. – The convertors may be supplied from separate cell windings on a common transformer, from common cell windings or from separate transformers.

The convertor connections may be single-way or uniform double-way.

121.19 *Series convertor*

Two or more simple convertors connected in such a way that their voltages on the d.c. side are additive.

121.20 *Convertisseurs en cascade*

Un cas particulier de convertisseurs en série où les commutations des convertisseurs ne sont pas simultanées.

121.21 *Convertisseur à commande séquentielle*

Convertisseur en cascade dans lequel les convertisseurs unitaires sont commandés indépendamment les uns des autres.

121.22 *Convertisseur commuté par machine (ou réseau)*

Convertisseur dans lequel la tension de commutation est essentiellement fournie par une ou plusieurs machines synchrones ou par des machines asynchrones excitées par condensateurs et reliées au réseau à courant alternatif.

121.23 *Commutation*

Transfert du courant entre deux bras consécutifs d'un montage convertisseur.

121.24 *Indice de pulsation p*

Caractéristique d'un montage convertisseur exprimé par le nombre de commutations non simultanées qui se produisent au cours d'une période de la tension alternative.

121.25 *Indice de commutation q*

Nombre de commutations qui se produisent au cours d'une période de la tension alternative dans chaque groupe commutant.

121.26 *Groupe commutant*

Groupe d'éléments de circuit de convertisseur caractérisé par une commutation cyclique et indépendante des autres éléments du circuit du convertisseur (c'est-à-dire que les circuits sont indépendants ou que les commutations ne sont pas simultanées, ou les deux à la fois).

121.27 *Tensions de commutation (f.e.m. de commutation)*

Tension entre deux phases successives d'un groupe commutant qui provoque la commutation.

121.28 *Marge de commutation γ (angle de marge)*

Temps exprimé en angle électrique s'écoulant depuis la fin de la commutation en fonctionnement onduleur jusqu'au point d'intersection suivant des deux demi-ondes négatives correspondant aux deux tensions des phases qui viennent de commuter (voir figure 1).

Note. — A ce point d'intersection, l'élément de circuit de convertisseur qui vient de conduire passe de l'état bloqué dans le sens inverse à l'état bloqué.

121.29 *Empiètement (angle) u*

Durée en mesure angulaire pendant laquelle deux éléments de circuit sont traversés simultanément par le courant (voir figure 1).

121.20 *Cascade convertor*

A special case of series convertor in which the commutations of the convertors are not simultaneous.

121.21 *Convertor with sequence control*

A cascade convertor in which the convertor units are controlled independent of each other.

121.22 *Line or machine-commutated convertor*

A convertor in which the commutating voltage is supplied essentially by one or more synchronous machines or capacitor-excited asynchronous machines connected to the a.c. line.

121.23 *Commutation*

The transfer of current between two consecutive arms in a convertor connection.

121.24 *Pulse number p*

A characteristic of a convertor connection expressed as the number of non-simultaneous commutations occurring during one cycle of the alternating line voltage.

121.25 *Commutating number q*

The number of commutations occurring during one cycle of the alternating line voltage in each commutating group.

121.26 *Commutating group*

A group of convertor circuit elements which commute cyclically and independently of other convertor circuit elements (i.e. either the commutation circuits are independent or the commutations are not simultaneous, or both).

121.27 *Commutating voltages (commutating electromotive force)*

The voltage between two consecutive phases of a commutating group, which causes the commutation.

121.28 *Margin of commutation γ (margin angle)*

The time in electrical angular measure from the termination of commutation in inverter operation to the next following point of intersection between the two half-waves of the voltage phases which have just commutated (see Figure 1).

Note. — At this point of intersection, the convertor circuit element which has just terminated conduction changes from reverse blocking state to off-state.

121.29 *Overlap (angle) μ*

The time interval in angular measure during which two consecutive circuit elements carry current simultaneously (see Figure 1).

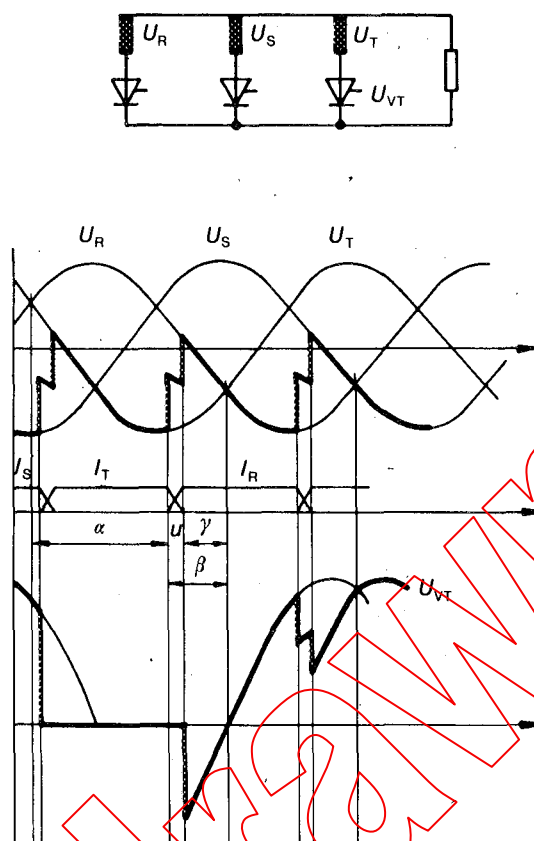


FIGURE 1

121.30 *Angle de retard α (figure 1)*

Temps exprimé en angle électrique, par lequel le commencement de la commutation est retardé par réglage de phase par rapport au fonctionnement comme redresseur sans réglage de phase, incluant l'angle de retard propre éventuel.

121.31 *Angle de retard propre α_p*

Angle de retard qui existe dans certains montages (par exemple les montages à 12 impulsions) dans certaines conditions de fonctionnement même en l'absence d'un contrôle de phase.

121.32 *Tension de crête fictive à vide U_{i0m}*

Tension de crête à vide qui apparaît entre les points extrêmes d'un bras, en négligeant les surtensions internes et externes, et les chutes de tension dans les diodes ou thyristors.

Note. — Dans le cas des montages avec bobines d'absorption, celles-ci sont supposées non magnétisées.

121.33 *Tension de crête fictive U_{im}*

Tension de crête qui apparaît entre les points extrêmes d'un bras, en négligeant les surtensions internes et externes, et les chutes de tension dans les diodes ou thyristors, et pour un courant continu légèrement supérieur au courant de transition.

121.34 *Température d'équilibre*

Température d'équilibre atteinte par un composant de convertisseur dans des conditions spécifiées de charge et de refroidissement.

Note. — Les températures d'équilibre sont en général différentes pour des composants différents. Les temps nécessaires pour atteindre l'état d'équilibre sont aussi différents, et proportionnels aux constantes de temps thermiques.

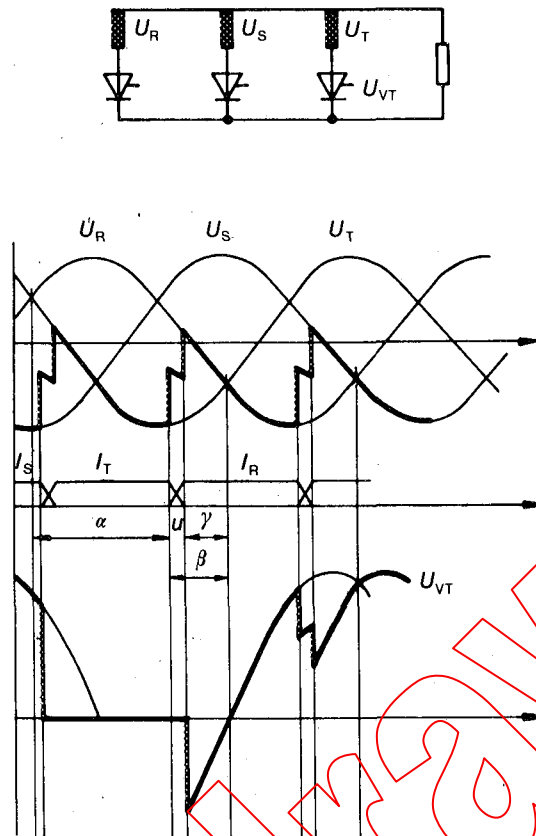


FIGURE 1

121.30 *Delay angle α* (Figure 1)

The time in electrical angular measure, by which the starting point of commutation is delayed by phase control in relation to rectifier operation without phase control including possible inherent delay angle.

121.31 *Inherent delay angle α_p*

The delay angle which occurs in some connections (e.g. 12-pulse connections) in certain operating conditions even where no phase control is applied.

121.32 *Ideal crest no-load voltage U_{i0m}*

The crest no-load voltage appearing between the ends of an arm neglecting both internal and external voltage surges and voltage drops in diodes or thyristors.

Note. – In the case of connections with interphase transformers, these are assumed to be not magnetized.

121.33 *Ideal crest voltage U_{im}*

The crest voltage appearing between the ends of an arm neglecting both internal and external voltage surges and voltage drops in diodes or thyristors and for a direct current slightly above the transition current.

121.34 *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.

121.35 Désignation des enroulements de transformateur

121.35.1 Enroulements côté réseau

Enroulements qui sont directement reliés au réseau à courant alternatif.

121.35.2 Enroulements côté cellules

Enroulements qui sont reliés aux blocs de diodes ou blocs de thyristors.

122. Définitions des valeurs nominales

122.1 Valeurs nominales

Valeur ou valeurs de grandeurs électriques, thermiques, mécaniques et ambiantes assignées par le constructeur à un thyristor, à une diode de redressement, un élément thyristor, ou un élément redresseur, à un bloc d'éléments ou à un convertisseur pour définir les conditions de fonctionnement pour lesquelles on peut attendre de celui-ci un service satisfaisant.

Notes 1. — Contrairement à beaucoup d'autres constituants électriques, les composants semiconducteurs peuvent être irrémédiablement endommagés par un fonctionnement même pendant un temps très court au-dessus de leurs valeurs nominales maximales.

2. — Lorsque des variations des grandeurs nominales ne sont pas envisagées de manière générale et peuvent être importantes, les limites de ces variations doivent être précisées. Certaines des valeurs assignées sont des valeurs limites. Ces valeurs limites peuvent être des valeurs maximales ou des valeurs minimales.

122.2 Définitions des valeurs nominales des transformateurs de convertisseurs

122.2.1 Fréquence nominale f_N

Fréquence spécifiée du côté réseau du transformateur.

122.2.2 Tension nominale du côté réseau U_{LN}

Valeur efficace spécifiée de la tension entre phases du côté réseau du transformateur. Si l'enroulement côté réseau est muni de prises, la tension nominale de l'enroulement côté réseau doit se rapporter à une prise spécifiée, désignée sous le nom de prise principale (nominale).

122.2.3 Tension nominale côté cellules U_{V0}

Valeur efficace de la tension à vide entre bornes de phases à commutation consécutive (vectorielle) des enroulements côté cellules d'un groupe de commutation, l'enroulement côté réseau étant sous la tension nominale.

122.2.4 Courant nominal côté réseau I_{LN}

Valeur efficace du courant aux bornes de ligne côté réseau du transformateur. Pour les équipements polyphasés, ce courant est calculé à partir du courant continu nominal en admettant que les courants dans les éléments de circuit du convertisseur sont de forme rectangulaire. Pour les équipements monophasés, la base du calcul doit être spécifiée.

Le courant nominal de ligne doit inclure le courant absorbé par les appareils auxiliaires et tenir compte du courant continu de circulation, s'il y a lieu.

122.2.5 Courant nominal côté cellules I_{VN}

Valeur efficace du courant dans chacune des bornes côté cellules du transformateur. S'il y a lieu, tenir compte des courant de circulation. Pour les équipements polyphasés, ce courant est calculé à partir du courant continu nominal en admettant que les courants dans les éléments de circuit du convertisseur sont de forme rectangulaire. Pour les équipements monophasés, la base du calcul doit être spécifiée.

121.35 Designation of transformer windings

121.35.1 Line windings

The windings which are directly connected to the a.c. line.

121.35.2 Cell windings

The windings which are connected to the diode or thyristor assembly.

122. Definitions of rated values

122.1 Rated value

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

Notes 1. – Unlike many other electrical components, semi-conductor devices may be irreparably damaged even within a very short time of operation in excess of maximum rated values.

2. – Where variations to a rated value are not generally understood and may be significant, they should be specified.

Certain of the values assigned are limiting values. These limiting values may be either maximum or minimum values.

122.2 Definitions of rated values for convertor transformers

122.2.1 Rated frequency f_N

The specified frequency on the line side of the transformer.

122.2.2 Rated voltage on line side U_{LN}

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

122.2.3 Rated voltage on cell side U_{v0}

The r.m.s. no-load voltage between vectorially consecutive commutating phase terminals of the cell windings of a commutating group at rated voltage on the line side.

122.2.4 Rated current on line side I_{LN}

The r.m.s. current of the line terminals of the transformer. For polyphase equipment, this is computed from the rated direct current on the basis of rectangular shaped convertor circuit element currents. For single phase equipment, the basis of calculation shall be specified.

The rated line current should include the current taken by the auxiliary power loads and that due to circulating current if any.

122.2.5 Rated current on cell side I_{vN}

The r.m.s. current in each terminal of the transformer on the cell side. If they exist, circulating currents should be taken into account. For polyphase equipment, this is calculated from the rated direct current on the basis of rectangular shaped convertor circuit element currents. For single phase equipment, the basis of calculation shall be specified.

122.2.6 Puissance apparente nominale côté réseau S_{LN}

Puissance apparente totale, exprimée en kVA, aux bornes côté réseau, à la fréquence nominale, à la tension nominale côté réseau et au courant nominal côté réseau.

122.3 Définitions des valeurs nominales des blocs et des groupes convertisseurs

122.3.1 Tension continue nominale U_{dN}

Tension continue indiquée dans les spécifications. C'est la valeur moyenne arithmétique de la tension entre les bornes à courant continu de l'assemblage ou du groupe convertisseur pour le courant continu nominal (paragraphe 122.3.2).

122.3.2 Courant continu nominal I_{dN}

Valeur moyenne arithmétique du courant continu spécifiée par le fournisseur dans les conditions spécifiées de charge et de service.

La valeur du courant continu nominal doit être considéré comme la valeur 100 % du courant.

122.3.3 Courant continu permanent nominal I_{dmN}

Valeur moyenne arithmétique du courant continu qu'un bloc ou un convertisseur peut fournir continuellement sans surcharges dans des conditions de service spécifiées.

Notes 1. – Le courant continu permanent nominal d'un bloc est très souvent considérablement plus grand que le courant continu nominal de l'équipement correspondant complet.

2. – Le courant continu permanent d'un bloc peut être limité par d'autres éléments que les dispositifs semi-conducteurs, par exemple le système de refroidissement.

122.3.4 Puissance nominale absorbée ou fournie

Produit de la tension continue nominale par le courant continu nominal pour le cycle de charge spécifié, dans les conditions prescrites dans la présente recommandation, et dans les limites d'emploi fixées par le fournisseur.

123. Définitions relatives au rendement

123.1 Facteur de conversion

Rapport entre le produit des valeurs moyennes arithmétiques de la tension et du courant continu et la puissance fondamentale du côté réseau alternatif ou inversement.

123.2 Rendement en puissance

Rapport entre la puissance totale du côté continu (mesurée au wattmètre) et la puissance du côté alternatif ou inversement.

Notes 1. – Dans le facteur de conversion on ne tient pas compte de la puissance des composantes alternatives du côté continu. Dans le rendement en puissance, elle est incluse dans la puissance continue. C'est pourquoi, pour la conversion d'alternatif en continu, le facteur de conversion a une valeur plus faible. Pour un redresseur monophasé, deux alternances (pleine onde), le facteur de conversion maximal théorique est de 81 % en admettant que la charge est purement résistive, alors que le rendement en puissance maximal théorique est de 100 %.

2. – Le facteur de conversion peut être obtenu correctement seulement par une mesure de la puissance alternative fondamentale et de la puissance nominale absorbée ou fournie.

Le rendement en puissance peut être obtenu correctement par une mesure de la puissance alternative et de la puissance continue, ou par calcul des pertes internes, ou encore par la mesure des pertes internes.

122.2.6 *Rated apparent power on line side S_{LN}*

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

122.3 *Definitions of rated values for assemblies and equipments*

122.3.1 *Rated direct voltage U_{dN}*

The direct voltage given in the specification. It is the mean value of the direct voltage between d.c. terminals of the assembly or equipment at rated direct current (Sub-clause 122.3.2).

122.3.2 *Rated direct current I_{dN}*

The mean direct current specified by the supplier for specified load and service conditions.

The rated direct current value is to be referred to as the 100% value.

122.3.3 *Rated continuous direct current I_{dmN}*

The mean direct current which an assembly or convertor is capable of carrying continuously without overloads and 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 continuous direct current of an assembly may be limited by other parts than the semi-conductor devices, e.g. cooling system.

122.3.4 *Rated d.c. input or output*

The product of the rated direct voltage and the rated direct current under the conditions stated in this recommendation, and within the operating limitations assigned to it by the supplier.

123. **Efficiency definitions**

123.1 *Conversion factor*

The ratio between the product of the mean values of direct voltage and direct current and the fundamental power on the a.c. side or vice versa.

123.2 *Power efficiency*

The ratio between the total power on the d.c. side (as measured by a watt-meter) and the power on the a.c. side or vice versa.

Notes 1. — In the conversion factor, the power of the a.c. components of the voltage and current waves in the d.c. circuit is disregarded. 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 81%, where the theoretical maximum power efficiency is 100%.

2. — The conversion factor may be correctly obtained only by a measurement of fundamental a.c. power and d.c. input or output.

The power efficiency may be correctly obtained either by measurement of a.c. power and d.c. power or by calculation of internal losses or by measurement of internal losses.

124. Termes se rapportant aux défauts du convertisseur

124.1 Raté de commutation

Défaut dans lequel le courant continu n'est pas transféré du bras en conduction au bras suivant.

Note. — Un raté de commutation peut être la conséquence d'une impulsion de gâchette incorrecte, d'un raté d'amorçage ou d'un raté de blocage et peut survenir en fonctionnement en redresseur aussi bien qu'en inverseur.

124.2 Décrochage

Dans le fonctionnement en onduleur, défaut dans lequel le blocage en état direct d'un thyristor ne se produit pas à la fin du temps de conduction normal, ce qui permet au courant continu de passer pendant le temps où le thyristor devrait être normalement bloqué (voir figure 2a).

Note. — Un décrochage est dû à un raté de commutation et se produit, par exemple, lorsque l'angle de marge de commutation (paragraphe 121.28) est trop faible ou en cas de raté d'amorçage dans la branche suivante.

124.3 Raté d'amorçage

Défaut dans lequel la conduction ne s'établit pas dans un thyristor à l'instant correct (voir figure 2c).

Note. — On doit s'attendre à de petites variations de la commutation du convertisseur résultant d'une légère asymétrie dans les angles de retard.

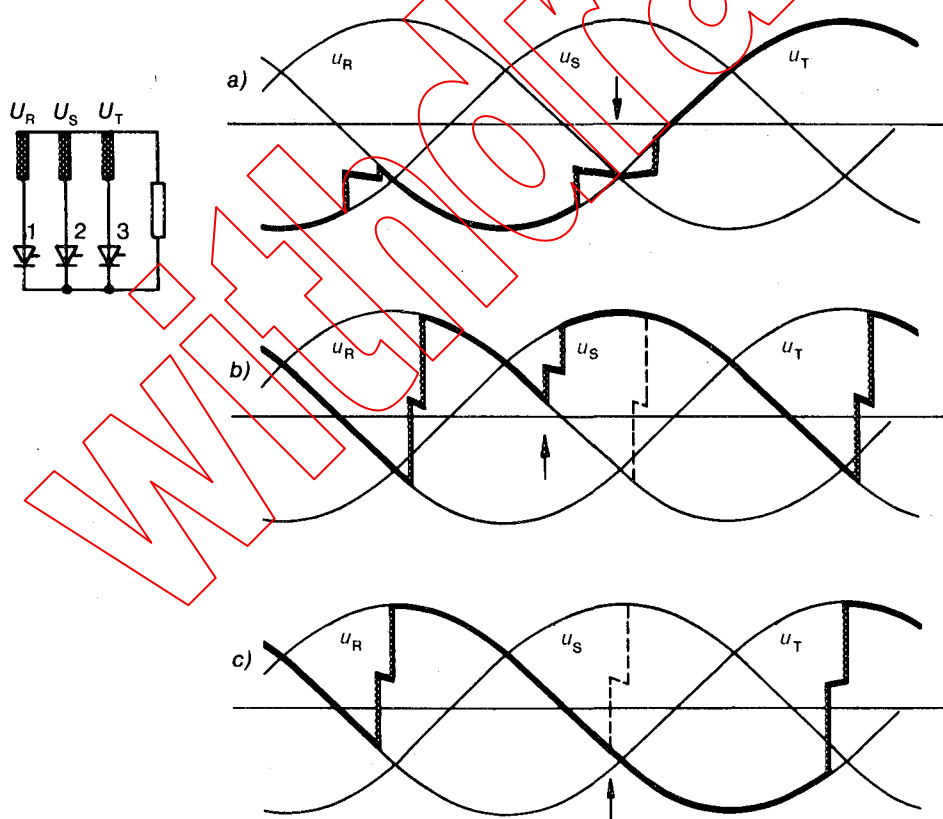


FIGURE 2

- a) Décrochage du bras 3.
- b) Raté de blocage du bras 2.
- c) Raté d'amorçage du bras 2.

124. Terms used in connection with convertor faults

124.1 Commutation failure

A failure to commutate the direct current from the conducting arm to the succeeding arm of a thyristor connection.

Note.—A commutation failure may be a consequence of a non-appropriate gate pulse, of a missing or of a break-through and can occur in rectifier operation as well as inverter operation.

124.2 Conduction-through (shoot-through)

The failure to achieve forward blocking, during inverter operation, of an arm of a thyristor connection at the end of the normally-conducting period, thus enabling the direct current to continue to pass during the period when the thyristor is normally in the off-state (see Figure 2a).

Note.—A conduction-through is a consequence of a commutation failure and occurs e.g. when the margin angle (Sub-clause 121.28) is too small because of a missing in the succeeding arm.

124.3 Missing

The failure to achieve conduction through an arm of a thyristor connection commencing at the correct instant of time (see Figure 2c).

Note.—Minor variations arising from slight asymmetry in the convertor commutation delay angles are expected.

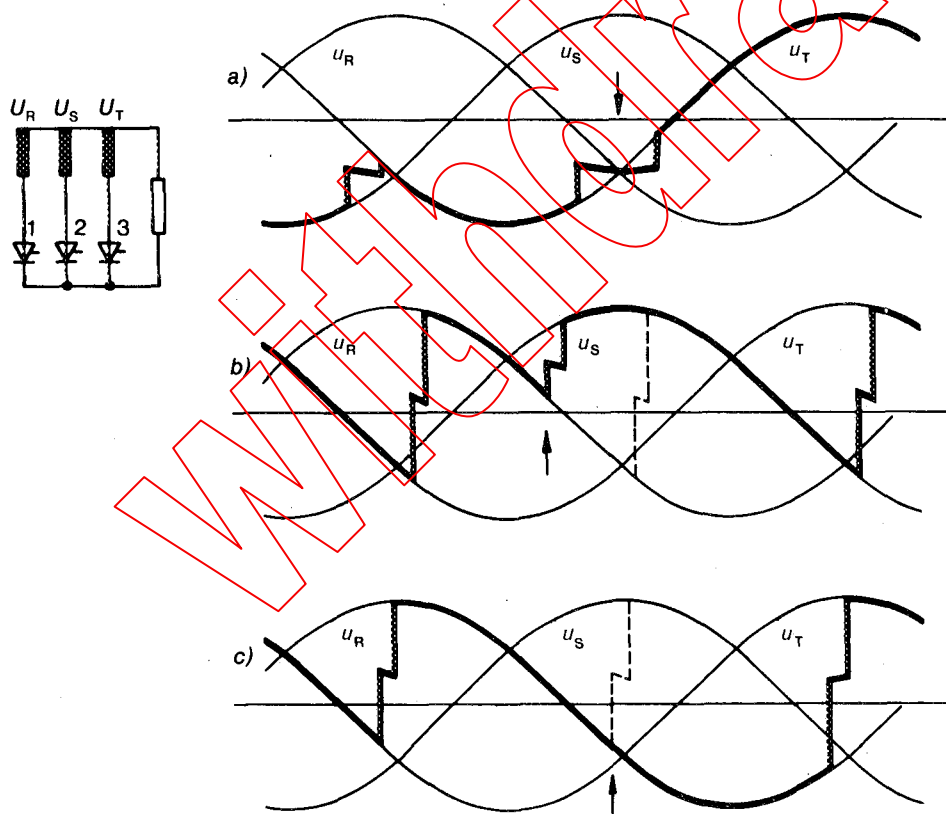


FIGURE 2

- a) Conduction-through related to arm 3.
- b) Break-through in arm 2.
- c) Missing in arm 2.

124.4 Raté de blocage

Défaut d'action de blocage dans le sens direct d'un bras de montage à thyristors, pendant un temps normal de blocage, ayant pour effet de permettre le passage du courant continu pendant une partie de ce temps (voir figure 2b).

Note. — Un raté de blocage peut se produire aussi bien en fonctionnement redresseur qu'en fonctionnement onduleur pour diverses raisons, par exemple une température excessive de la jonction, des surtensions supérieures à la tension de crête nominale, un taux d'accroissement excessif de la tension à l'état bloqué, ou des impulsions irrégulières de courant de gâchette.

124.5 Perforation

Défaut qui détruit en permanence la propriété de blocage en tension d'une diode ou d'un thyristor, en inverse (amorçage inverse) ou d'un thyristor en direct (amorçage direct).

125. Facteurs du côté alternatif

125.1 Facteur de puissance global λ

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

125.2 Facteur de puissance de l'onde fondamentale ou facteur de déphasage $\cos \varphi$

$$\cos \varphi = \frac{\text{puissance active de l'onde fondamentale}}{\text{puissance apparente de l'onde fondamentale}}$$

125.3 Facteur de déformation v

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

126. Termes relatifs à la variation de tension (voir aussi article 670)

126.1 Tension continue conventionnelle à vide U_{d0}

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.

126.2 Tension continue fictive à vide U_{di0}

Valeur moyenne arithmétique de la tension continue théorique 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:

$$U_{di0} = U_{v0} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{q \cdot s}{\pi}$$

Cette formule n'est pas valable pour les circuits multiplicateurs de tension.

U_{di0} est égale à la somme de U_{d0} et de la chute de tension à vide dans le bloc.

124.4 Breakthrough

The failure of the forward-blocking action of an arm of a thyristor connection during a normal off-state period with the result that it allows on-state current to pass during a part of this period (see Figure 2b).

Note.—Breakthrough can occur in rectifier operation as well as inverter operation and for various reasons, e.g. excessive virtual junction temperature, voltage surges in excess of rated peak off-state voltage and excessive rate of rise of off-state voltage or spurious gate current pulses.

124.5 Breakdown

A failure that permanently deprives a rectifier diode or a thyristor of its property to block voltage in the reverse direction (reverse breakdown) or a thyristor in the forward direction (forward breakdown).

125. Factors on a.c. side

125.1 Total power factor λ

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

125.2 Power factor of the fundamental wave or displacement factor, $\cos \varphi$

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

125.3 Deformation factor v

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

126. Terms used in connection with voltage regulation (see also Clause 670)

126.1 Conventional no-load direct voltage U_{d0}

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.

126.2 Ideal no-load direct voltage U_{di0}

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

$$U_{di0} = U_{v0} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{q \cdot s}{\pi}$$

This formula is not valid for voltage multiplying circuits.

U_{di0} is equal to the sum of U_{d0} and the no-load voltage drop in the assembly.

126.3 Tension continue fictive à vide avec réglage $U_{di0\alpha}$

Valeur moyenne arithmétique de la tension continue théorique 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:

126.3.1 Montages homogènes du convertisseur

$$U_{di0\alpha} = U_{di0} \cdot \cos \alpha$$

si le courant continu est permanent dans toute la gamme du réglage.

$$U_{di0\alpha} = U_{di0} \cdot \cos \alpha \quad \text{pour } 0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{p}$$

$$U_{di0\alpha} = U_{di0} \cdot \frac{1 - \sin\left(\alpha - \frac{\pi}{p}\right)}{2 \sin \frac{\pi}{p}} \quad \text{pour } \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{p} \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{p}$$

si la charge du convertisseur est purement résistive.

126.3.2 Montages hétérogènes du convertisseur

$$U_{di0\alpha} = U_{di0} \cdot \frac{1}{2} (1 + \cos \alpha)$$

126.4 Tension continue conventionnelle à vide avec réglage $U_{d0\alpha}$

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.

126.5 Tension continue réelle à vide U_{d00}

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

126.6 Courant critique

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

Note. — En descendant à la valeur du courant critique, la caractéristique de tension/courant s'incline vers le haut. On obtient un courant critique, par exemple dans le cas d'une charge f.c.é.m., parce que l'inductance du circuit courant continu n'est pas capable de maintenir le courant continu pendant toute la période (article 673) ou, dans le cas de bobine d'absorption, parce que le courant continu diminue au-dessous de la valeur critique et que la bobine d'absorption devient inefficace.

126.3 *Controlled ideal no-load direct voltage* $U_{di0\alpha}$

The ideal 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 following formulae:

126.3.1 *Uniform convertor connections*

$$U_{di0\alpha} = U_{di0} \cdot \cos \alpha$$

if the direct current is continuous over the entire control range.

$$U_{di0\alpha} = U_{di0} \cdot \cos \alpha \quad \text{for } 0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{p}$$

$$U_{di0\alpha} = U_{di0} \cdot \frac{1 - \sin\left(\alpha - \frac{\pi}{p}\right)}{2 \sin \frac{\pi}{p}} \quad \text{for } \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{p} \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{p}$$

if the convertor load is purely resistive.

126.3.2 *Non-uniform connections*

$$U_{di0\alpha} = U_{di0} \cdot \frac{1}{2} (1 + \cos \alpha)$$

126.4 *Controlled conventional no-load direct voltage* $U_{d0\alpha}$

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.

126.5 *Real no-load direct voltage* U_{d00}

The actual mean direct voltage at zero direct current.

126.6 *Transition current*

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

Note. — At the transition current value, the voltage/current characteristic bends upwards.

Transition current can be obtained, e.g. 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 (Clause 673) or, in the case of interphase transformer connection, because the direct current decreases below the critical value where the interphase transformer becomes ineffective.

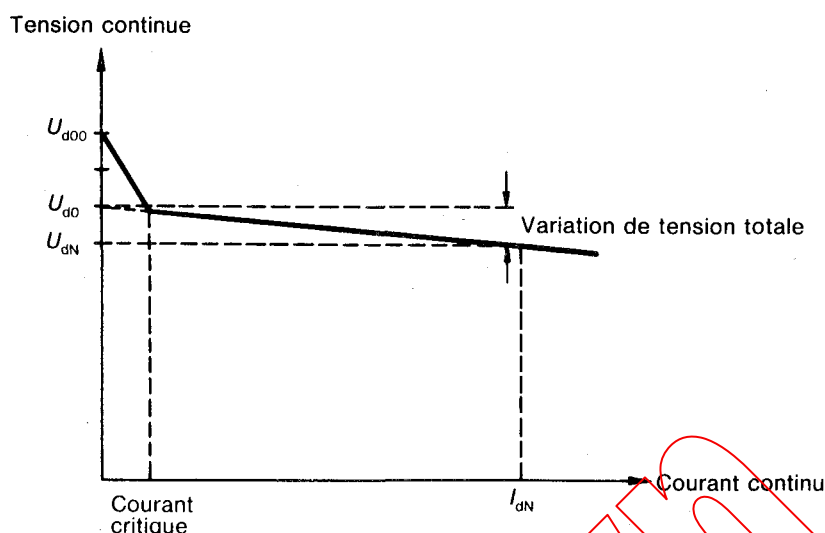


FIGURE 3

126.7 Variation de tension

Différence entre la tension continue pour le courant nominal et la tension conventionnelle à vide exprimée en volts, lorsque l'angle de retard et la tension aux bornes côté réseau du groupe redresseur restent constants. Si on utilise un régulateur automatique de tension ou d'autres dispositifs de stabilisation de tension, on applique le paragraphe 126.8.

Note. — La nature du circuit d'utilisation à courant continu (par exemple condensateurs, f.c.e.m.) peut influencer notablement la variation de tension, ce qui peut demander une attention particulière.

126.7.1 Variation de tension propre

Variation de tension sans tenir compte des effets de l'impédance du réseau à courant alternatif ni des effets correctifs d'une stabilisation de tension, s'il en existe.

126.7.2 Variation de tension totale

Variation de tension tenant compte des effets de l'impédance du réseau à courant alternatif, lorsqu'elle est spécifiée, mais sans tenir compte des effets correctifs d'une stabilisation de tension, si on en utilise une.

126.8 Variation de tension corrigée (stabilisation)

Variation de tension (voir paragraphe 126.7), dans le cas où un équipement de stabilisation est inclus dans le convertisseur. On ne tient pas compte des effets produits sur la tension continue par des facteurs autres que les variations de charge. Cette définition ne tient compte que des propriétés statiques du groupe convertisseur.

126.9 Ecart de sortie

Changement de la valeur fixée pour une grandeur de sortie stabilisée (tension, courant ou puissance) dû à un changement spécifié de la valeur fixée d'une ou plusieurs grandeurs d'influence, toutes les autres grandeurs d'influence restant constantes.

Note. — Les écarts peuvent être exprimés comme des valeurs absolues, relatives, ou une combinaison des deux. Des valeurs données en pourcentage seront un pourcentage de la valeur centrale.

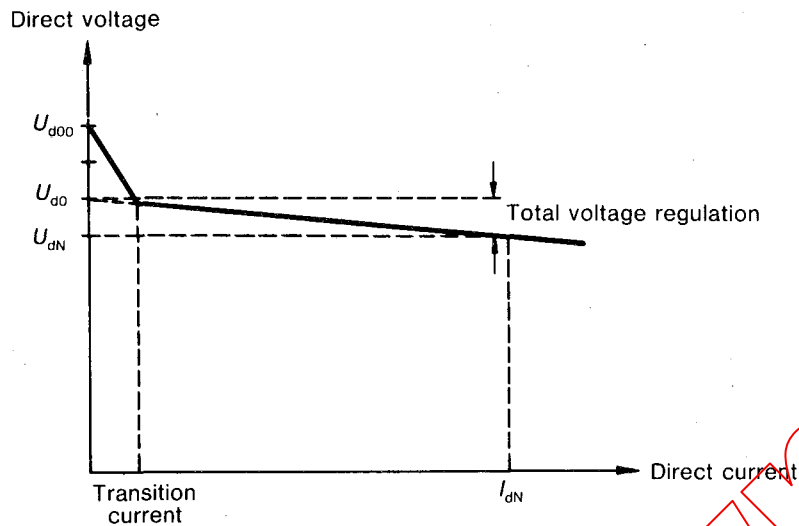


FIGURE 3

126.7 Voltage regulation

The difference between the direct voltage at rated direct current and the conventional no-load direct voltage expressed in volts, when the delay angle is kept constant and the voltage remains constant at the a.c. line side terminals of the convertor equipment. If voltage stabilizing means are used, then Sub-clause 126.8 is valid.

Note. — The nature of the d.c. circuit (e.g. capacitors, back-e.m.f. load) may affect the voltage regulation significantly. Where this is so, special consideration may be required.

126.7.1 Inherent voltage regulation

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

126.7.2 Total voltage regulation

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

126.8 Corrected voltage regulation (stabilization)

The voltage regulation (see Sub-clause 126.7) when equipment for stabilization is included in a convertor. The influence on direct voltage of factors other than load change is to be excluded. This definition includes only the static properties of the equipment.

126.9 Output effect

The change in the steady-state value of a stabilized output quantity (voltage, current or power) due to a specified change in the steady-state value of one or more influence quantities, with all other influence quantities maintained constant.

Note — Output effects may be expressed as absolute values or relative values or a combination of both. Values given in per cent will be per cent of the centre value.

127. **Termes se rapportant au refroidissement**

127.1 *Termes relatifs au refroidissement*

127.1.1 *Refroidissement naturel à air*

Refroidissement par convection naturelle de l'air ambiant.

127.1.2 *Refroidissement par ventilation forcée*

Refroidissement au moyen d'un dispositif de ventilation forcée, un ventilateur par exemple. L'air de refroidissement peut provenir du voisinage immédiat ou d'un endroit dont la température diffère de celle de l'air ambiant.

127.1.3 *Refroidissement à eau perdue*

Refroidissement par de l'eau constamment renouvelée.

127.1.4 *Refroidissement par fluide refroidi à l'air*

Refroidissement par circulation d'un agent de transfert de la chaleur (gaz ou liquide) refroidi par l'air. La circulation du fluide et le refroidissement de l'air peuvent être respectivement naturels ou forcés.

127.1.5 *Refroidissement par fluide refroidi par l'eau*

Refroidissement par circulation d'un agent de transfert de la chaleur (gaz ou liquide) refroidi par l'eau fournie par une alimentation extérieure, soit dans un échangeur de chaleur, soit dans une tubulure de refroidissement à l'intérieur du fluide. La circulation du fluide peut être naturelle ou forcée.

127.1.6 *Refroidissement naturel par immersion dans un liquide*

Refroidissement par circulation du type thermo-siphon d'un liquide de transfert de la chaleur, refroidi par une circulation naturelle d'air à l'extérieur de l'enveloppe.

127.1.7 *Refroidissement forcé par immersion dans un liquide*

Refroidissement par circulation du type thermo-siphon d'un liquide refroidi par ventilation forcée à l'extérieur de l'enveloppe.

127.2 *Définitions relatives à la température*

127.2.1 *Température de l'air de refroidissement pour les éléments diodes ou thyristors prévus pour refroidissement naturel*

Température de l'air au-dessous de l'élément fonctionnant à son régime nominal, à une distance voisine de 50 mm des organes de refroidissement de l'élément et à un emplacement protégé de toute radiation calorifique.

A l'endroit de la mesure de température, la distance à la paroi éventuelle de l'élément doit être grande par rapport à 50 mm.

127.2.2 *Température de l'air de refroidissement pour les éléments diodes ou thyristors prévus pour la ventilation forcée*

Température de l'air de refroidissement à une distance voisine de 50 mm des organes de refroidissement côté entrée d'air dans le sens inverse de celui du flux.

127. Terms used in connection with cooling

127.1 Cooling terms

127.1.1 Natural air cooling

Cooling by the natural convection of the ambient air.

127.1.2 Cooling by forced ventilation

Cooling by a forced ventilation arrangement, e.g. a fan. The cooling air can be taken from the immediate proximity or from a place at a temperature different from that of the ambient air.

127.1.3 Tap water cooling

Cooling by water from an external supply.

127.1.4 Fluid-to-air cooling

Cooling by a circulating heat transfer agent (gas or liquid) which is cooled by air. The fluid circulation and the air cooling can be natural or forced, respectively.

127.1.5 Fluid-to-water cooling

Cooling by a circulating heat transfer agent (gas or liquid) which is cooled by water from an external supply, either in a heat exchanger or in a cooling duct within the fluid. The fluid circulation can be natural or forced.

127.1.6 Liquid immersed natural cooling

Cooling by a thermo-siphon circulating liquid heat transfer agent which is cooled by natural air circulation on the outside of the container.

127.1.7 Liquid immersed forced cooling

Cooling by a thermo-siphon circulating liquid which is cooled by forced air cooling on the outside of the container.

127.2 Temperature definitions

127.2.1 Cooling air temperature for diode stacks and thyristor stacks rated for natural air cooling

The temperature of the air below the stack when it is operating under rated service conditions about 50 mm distance from the cooling attachments of the stack at a place protected from heat radiation.

At the place of temperature measurement, the distance to the wall of the enclosure of the stack, if any, should be large compared with 50 mm.

127.2.2 Cooling air temperature for diode stacks or thyristor stacks rated for cooling by forced ventilation

The temperature of the cooling air at a distance of about 50 mm from the cooling attachments of the stack in the direction opposite to the direction of the flow of the incoming air.

127.2.3 Température ambiante d'un bloc de diodes ou de thyristors

Température de l'air ambiant à une distance du bloc voisine de 300 mm, à mi-hauteur de celui-ci et à un emplacement protégé à la fois des radiations calorifiques et des effets de la ventilation forcée.

127.2.4 Température du fluide de refroidissement

Température du fluide de refroidissement à l'entrée de l'échantillon d'essai.

130. Conditions de service

Les conditions de service sont tous facteurs extérieurs (température ambiante, humidité de l'air, nature de la charge, etc.) pouvant exercer une influence sur le fonctionnement d'un élément d'un bloc ou d'un groupe.

131. Caractéristiques du réseau à courant alternatif

131.1 Forme d'onde de la tension alternative

Toutes les valeurs nominales et autres informations dans le domaine de la recommandation seront données sous les conditions suivantes:

- Une tension sinusoïdale du côté réseau alternatif, le redresseur ou convertisseur étant déconnecté.
- Une impédance interne limitée du réseau alternatif. En l'absence de spécifications générales, des valeurs limites doivent être déterminées entre le constructeur et l'utilisateur lors de l'établissement du contrat.

La forme d'onde d'une tension est considérée comme sinusoïdale dans les présentes recommandations si la valeur maximale de la différence ($a-b$), indiquée dans la figure 4, b étant la valeur instantanée de l'onde fondamentale, ne dépasse pas 5% de la valeur de crête c de l'onde fondamentale, c'est-à-dire une valeur:

$$|a-b| \leq 0,05 c$$

Pour les convertisseurs à 12 pulsations sans correction automatique de la dissymétrie, cette limite est réduite à 2,5%, c'est-à-dire:

$$|a-b| \leq 0,025 c$$

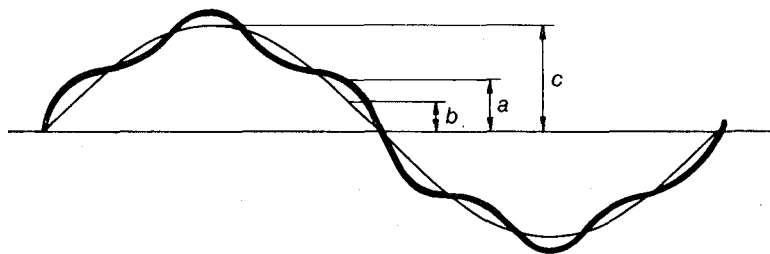


FIGURE 4

Note. — Si les tensions du réseau à courant alternatif ne sont pas rigoureusement sinusoïdales, même comprises dans les limites ci-dessus, la valeur mesurée de la tension continue peut être différente de la valeur calculée.

127.2.3 *Ambient temperature for a diode or thyristor assembly*

The temperature of the ambient air at a distance of about 300 mm from the assembly at half of the height of the assembly and at a place protected from heat radiation and forced ventilation.

127.2.4 *Cooling fluid temperature*

The temperature of the incoming cooling fluid at the entry of the test specimen.

130. **Service conditions**

Service conditions are all external factors (ambient temperature, air humidity, character of load, etc.) which may have an influence on the performance of a stack, assembly or equipment.

131. **A.C. system conditions**

131.1 *Waveform of alternating voltages*

All rated values and other information within the scope of the recommendation will be given under the following conditions:

- a) Sinusoidal a.c. line voltage when the rectifier or convertor is switched out.
- b) Limited internal impedance of the a.c. line. In absence of general specifications, limiting values have to be considered between manufacturer and user when making the contract.

The waveform of a voltage is considered sinusoidal in this recommendation, if the largest deviation ($a-b$) in Figure 4 from the simultaneous value b of the fundamental wave does not exceed 5% of the crest value c of the fundamental wave. That is:

$$|a-b| \leq 0.05 c$$

For 12-pulse convertors without automatic asymmetry correction, this limit is reduced to 2.5%. That is:

$$|a-b| \leq 0.025 c$$

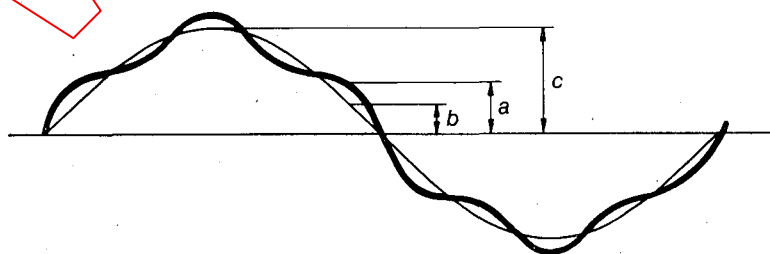


FIGURE 4

Note. – If the a.c. line voltages are not perfectly sinusoidal even though within the limits specified above, the measured value of the convertor direct voltage may deviate from the calculated value.

131.2 *Symétrie des systèmes polyphasés*

Sauf spécification contraire, toutes les grandeurs nominales et autres indications entrant dans le domaine des présentes recommandations s'appliquent, dans le cas d'une tension d'alimentation polyphasée, à un système de tensions symétriques.

Les tensions sont considérées comme symétriques si aucune des composantes inverses et homopolaires ne dépasse 5 % de la composante directe.

Si un système polyphasé n'est pas parfaitement symétrique tout en restant dans les limites ci-dessus, c'est la moyenne arithmétique de toutes les tensions entre phases que l'on doit considérer comme tension du réseau alternatif.

131.3 *Impédance du réseau à courant alternatif*

Lorsque les effets de l'impédance du réseau à courant alternatif peuvent être notables sur le convertisseur, on doit en tenir compte (voir les articles 432 et 444).

132. **Températures et conditions de refroidissement**

On peut spécifier des températures de fluides réfrigérants différentes pour les blocs et pour le transformateur du convertisseur. Les valeurs de températures de fluides réfrigérants applicables aux transformateurs sont données dans l'article 322, et celles relatives aux blocs dans les paragraphes 132.1 et 134.4.

132.1 *Limites de température des fluides de refroidissement pour les blocs*

Les températures ambiantes maximales et minimales ou celles du fluide de refroidissement peuvent être spécifiées par l'utilisateur ou par le fournisseur dans son offre (voir aussi les paragraphes 134.3 et 134.4).

Ces températures doivent être spécifiées de préférence de 5 °C en 5 °C, celles les plus couramment utilisées étant indiquées ci-dessous:

132.1.1 *Pour l'air:* max. 25 °C, 30 °C, 35 °C, 40 °C, 45 °C, etc.

min. –20 °C, –15 °C, –10 °C, –5 °C, 0 °C, +5 °C

Si l'air de refroidissement utilisé n'est pas le même que l'air ambiant, on doit spécifier les limites de température séparément pour l'un et l'autre.

Si l'air de refroidissement est le même que l'air ambiant, les mêmes limites s'appliquent aux deux.

132.1.2 *Pour les liquides:* max. 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C, 35 °C, etc.

min. –10 °C, –5 °C, 0 °C, 5 °C, 10 °C, 15 °C, etc.

133. **Nature de la charge**

Etant donné que la nature de la charge affecte les caractéristiques de fonctionnement d'un groupe convertisseur, on doit toujours spécifier la nature de la charge (par exemple: résistive, inductive, capacitive, récupération, force contre-électromotrice, etc.).

134. **Conditions normales de service**

Les blocs de diodes et de thyristors et les équipements doivent pouvoir fonctionner dans les conditions ci-après, sauf spécifications contraires.

131.2 *Symmetry of polyphase systems*

Where not otherwise specified, all rated values and other information given within the scope of this recommendation, in the case of a polyphase supply voltage, apply to a system with symmetrical voltages.

The voltages are considered symmetrical if neither the negative sequence component nor the zero sequence component exceeds 5% of the positive sequence component.

If a polyphase system is not perfectly symmetrical but is within these limits, the mean value of all phase-to-phase voltages shall be taken as the line voltage.

131.3 *A.C. system impedance*

Where the effect of a.c. system impedance may be significant for convertors, this shall be considered (see Clauses 432 and 444).

132. **Temperature and cooling conditions**

Different cooling medium temperatures may be specified for the assemblies and for the convertor transformer. The values of cooling medium temperatures relating to the transformers are given in Clause 322 and those relating to assemblies are given in Sub-clauses 132.1 and 134.4.

132.1 *Temperature limits of cooling media for assemblies*

The maximum and the minimum limits of the ambient temperature or cooling medium temperature may be specified by the user or by the supplier in his tender (see also Sub-clauses 134.3 and 134.4).

These temperatures shall preferably be specified in 5°C increments and those most commonly used are listed below.

132.1.1 *For air:* max. 25 °C, 30 °C, 35 °C, 40 °C, 45 °C, etc.

min. -20 °C, -15 °C, -10 °C, -5 °C, 0 °C, +5 °C

If the cooling air used is not the same as the ambient air, separate temperature limits shall be specified for each.

If the cooling air is the same as the ambient air, the same limits apply to both.

132.1.2 *For liquid:* max. 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C, 35 °C, etc.

min. -10 °C, -5 °C, 0 °C, 5 °C, 10 °C, 15 °C, etc.

133. **Character of load**

Because the character of the load affects the performance characteristics of a convertor equipment, the character of load must always be specified (e.g. inductive, resistive, capacitive, regenerative, back-e.m.f., etc.).

134. **Usual service conditions**

Diode and thyristor assemblies and equipments shall be capable of operating under the following conditions if not otherwise specified.

134.1 *Variation de la tension alternative du réseau*

- a) permanente $\pm 5\%$;
- b) temporaire $\pm 10\%$ (moins de 1 s).

Quand la tension du réseau varie entre 100% et 105% de sa valeur nominale, aucune des valeurs nominales de courant ne peut être dépassée (article 463).

Note. – Des variations de la tension du réseau donneront des variations analogues en pour cent de la tension redressée, à moins que des mesures correctives ne soient prises.

134.2 *Variation de la fréquence du réseau de $\pm 2\%$*

Note. – On suppose qu'une diminution de la fréquence ne coïncide pas avec une augmentation de la tension de réseau, et inversement.

134.3 *Stockage jusqu'à -30°C (sans liquide de refroidissement)*

Note. – Dans le cas d'un stockage à basse température, des précautions doivent être prises pour éviter la condensation d'humidité dans l'appareil et prévenir le risque de dommages par le gel de cette humidité.

134.4 *Fonctionnement avec périodes d'interruption jusqu'à:*

- -10°C température ambiante pour refroidissement par air;
- -5°C température d'entrée de l'huile avec refroidissement à huile;
- $+5^{\circ}\text{C}$ température d'entrée de l'eau avec refroidissement par eau.

134.5 *Une température ambiante ou température de l'air de refroidissement n'excédant pas 40°C avec refroidissement par air*

134.6 *Une température d'entrée de liquide de refroidissement n'excédant pas 30°C avec refroidissement par liquide*

Note. – Les valeurs de température spécifiées dans les paragraphes 134.5 et 134.6 se réfèrent au fluide de refroidissement externe.

135. **Conditions anormales de service**

Les conditions suivantes doivent, si elles existent, avoir été signalées par l'utilisateur avant passation de la commande:

135.1 *Contraintes mécaniques anormales telles que chocs et vibrations.*

135.2 *Eau de refroidissement pouvant entraîner des corrosions ou obstructions telle qu'eau de mer ou eau dure.*

135.3 *Présence de particules étrangères dans l'air ambiant telles qu'impuretés ou poussières anormales.*

135.4 *Air salin (par exemple à proximité de la mer), humidité élevée, eau tombant goutte à goutte ou gaz corrosifs.*

135.5 *Exposition aux vapeurs d'eau ou d'huile.*

135.6 *Exposition à des mélanges explosifs de poussières ou gaz.*

135.7 *Exposition aux radiations radioactives.*

134.1 *A.C. line voltage variations*

- a) prolonged $\pm 5\%$;
- b) momentary $\pm 10\%$ (less than 1 second).

When voltages between 100% and 105% of rated a.c. line voltage are applied, none of the rated current values (Clause 463) may be exceeded.

Note. – Variations in the a.c. line voltage will give rise to similar percentage variations in direct voltage, unless compensating measures are taken.

134.2 *A.C. line frequency variations of $\pm 2\%$*

Note. – A decrease in frequency is assumed not to coincide with an increase in a.c. line voltage and vice versa.

134.3 *Storage down to -30°C (with cooling liquid removed)*

Note. – If storage at low temperature may occur, precautions should be taken to avoid condensation of the moisture in the apparatus to prevent the risk of damage by the freezing of this moisture.

134.4 *Operation including off-load periods down to:*

- 10°C ambient temperature for air cooling;
- 5°C incoming oil temperature for oil cooling;
- + 5°C incoming water temperature for water cooling.

134.5 *An ambient temperature or cooling air temperature which does not exceed 40°C in the case of air cooling*

134.6 *An incoming cooling liquid temperature which does not exceed 30°C in the case of liquid cooling*

Note. – The temperature values specified in Sub-clauses 134.5 and 134.6 are referring to the externally supplied cooling medium.

135. **Unusual service conditions**

The following conditions, if existing, should be specified by the user before order:

135.1 Unusual mechanical stresses, e.g. shocks and vibrations.

135.2 Cooling water which may cause corrosion or obstruction, e.g. sea water or hard water.

135.3 Foreign particles in the ambient air, e.g. abnormal dirt or dust.

135.4 Salt air (e.g. proximity to the sea), high humidity, dripping water or corrosive gases.

135.5 Exposure to steam or oil vapour.

135.6 Exposure to explosive mixtures of dust or gases.

135.7 Exposure to radioactive radiation.

- 135.8 Valeurs élevées de l'humidité relative et de la température du genre de celles que l'on rencontre dans les climats tropicaux ou subtropicaux.
- 135.9 Variations de température dépassant 5 deg C par heure et variations d'humidité dépassant 5% par heure.
- 135.10 Altitude supérieure à 1 000 m.
- 135.11 Superposition de tensions à haute fréquence d'amplitudes exceptionnelles.
- 135.12 Fonctionnement à des températures ambiantes au-dessous de +5 °C avec refroidissement à eau.
- 135.13 Fonctionnement à des températures ambiantes au-dessous de -5 °C avec refroidissement à huile.
- 135.14 Les autres conditions anormales de service non comprises dans cette énumération doivent faire l'objet d'un accord spécial entre l'utilisateur et le fournisseur avant passation de la commande. Les corrections à appliquer lors des essais de matériel spécifié comme devant fonctionner à des altitudes supérieures à 1 000 m et à des températures ambiantes supérieures à celles que l'on peut réaliser en usine sont indiquées dans les articles relatifs aux essais, s'il y a lieu.

140. Exécution des essais

- 140.1 Il est indiqué de limiter l'exécution des essais onéreux à ceux qui sont nécessaires. Cette recommandation est rédigée de telle sorte que les essais peuvent être normalement limités aux essais dans les ateliers du constructeur sur les éléments séparés, conformément aux articles 340, 470, 480 et 490.
D'autres essais, comme ceux effectués sur le groupe complètement assemblé, les essais d'échauffement des transformateurs et inductances ou les essais au lieu d'installation ne doivent être compris que s'ils sont spécifiés dans le contrat.
- 140.2 Si l'utilisateur ou son représentant désire assister aux essais en usine, il doit le spécifier dans la commande.
- 140.3 En cas d'accord avant la commande, le fournisseur doit fournir des certificats des essais de type ou individuels qui doivent indiquer les résultats obtenus.
- 140.4 Sous réserve de l'alinéa suivant, les éléments constituant d'un groupe de chaque catégorie doivent être soumis aux essais de type de façon à établir que le groupe est conforme aux stipulations du contrat.
Si le bloc, le transformateur, ou tout autre élément est identique ou comparable à un matériel déjà essayé, le constructeur peut produire un certificat de tout essai effectué auparavant avec les mêmes modalités que celles spécifiées au contrat. En pareil cas, sauf spécification contraire, il n'est pas nécessaire de répéter les essais de type du bloc, du transformateur ou de l'élément constituant considéré.
- 140.5 Tous les éléments constituant le groupe doivent avoir été soumis aux essais individuels.

- 135.8 High values of relative humidity and temperature similar to those associated with sub-tropical or tropical climatic conditions.
- 135.9 Fluctuations of temperature exceeding 5 deg C per hour and relative humidity changes exceeding 5% per hour.
- 135.10 Altitude of more than 1 000 m.
- 135.11 Super-imposed high-frequency voltages of exceptional amplitude.
- 135.12 Operation at ambient temperatures below + 5 °C with water cooling.
- 135.13 Operation at ambient temperatures below - 5 °C with oil cooling.
- 135.14 Other unusual service conditions not covered by this list shall be subject to special agreement between user and supplier before order.
Corrections to be applied when testing equipment specified for service at altitudes above 1 000 m and at ambient temperatures above those available at the works, are given under the test clauses when necessary.

140. **Performance of tests**

- 140.1 It is advisable to confine the performance of costly tests to those which are necessary. This recommendation is therefore outlined so that testing can normally be limited to tests in the manufacturer's works on the separate components in accordance with Clauses 340, 470, 480 and 490.
Other tests such as tests on large, complete equipment or tests on site are to be included only if specified in the contract.
- 140.2 When the user or his representative desires to witness factory tests, he shall so specify in the order.
- 140.3 When agreed before order, the supplier shall provide certified test results of type or routine tests.
- 140.4 Subject to the provisions in the following paragraph, the components of one equipment of each size in the contract shall be subjected to type tests to ensure that the equipment complies with the contract.
If the assembly or transformer or other component is equal to or similar to one previously tested, the supplier may submit a certified report of any previous test at least equal to the requirements specified in the contract. In such cases, the type tests on the assembly, transformer or the component concerned need not be repeated unless specifically agreed in the contract.
- 140.5 All the components to be used in equipments shall be subjected to routine tests.

141. **Classification des essais**

141.1 *Essais de type*

Les essais de type sont effectués pour vérifier si un produit satisfait aux conditions spécifiées et convenues entre l'utilisateur et le fournisseur, conformément à la présente recommandation.

Certains ou tous les essais peuvent être répétés périodiquement sur des échantillons prélevés sur la production ou les livraisons courantes, de façon à confirmer que la qualité du produit est toujours conforme aux conditions spécifiées.

141.2 *Essais individuels*

Les essais individuels font partie des mesures de contrôle de qualité prises par le constructeur pour s'assurer que les propriétés de ses produits correspondent à celles constatées lors des essais de type.

L'essai individuel signifie que chacun des éléments constituant de chaque modèle est essayé.

Withdrawn

141. **Classification of tests**

141.1 *Type tests*

The type tests are carried out to verify that a product will meet the requirements specified and agreed between user and supplier according to this recommendation.

Some or all of these tests may be repeated from time to time on samples drawn from current production or deliveries, so as to confirm that the quality of the product meets the specified requirements.

141.2 *Routine tests*

The routine tests are carried out to verify that the properties of a product correspond to those measured on the type test.

A routine test means that each one of several components or equipments of the same type is tested.

Withdrawn

CHAPITRE II : DIODES DE REDRESSEMENT À SEMICONDUCTEURS ET THYRISTORS

Des recommandations pour des dispositifs et éléments à semiconducteurs qui font partie de convertisseurs fournis en accord avec cette recommandation sont reproduites dans les annexes A et B.

Il est aussi fait référence aux Publications 147-0, 147-1, 147-2 et 148 de la CEI.

Withdrawn