

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC STANDARD

Publication 411-1

Première édition — First edition

1975

Convertisseurs de puissance pour la traction
Première partie: Convertisseurs monophasés de puissance à thyristors

Power convertors for electric traction
Part 1: Single-phase power convertors using thyristors



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**
- **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.

Autres publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur la page 3 de la couverture, qui énumère les autres publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

Revision of this publication

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

Information 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**
- **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.

Other IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the inside of the back cover, which lists other IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC STANDARD

Publication 411-1

Première édition — First edition

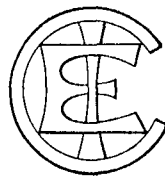
1975

Convertisseurs de puissance pour la traction

Première partie: Convertisseurs monophasés de puissance à thyristors

Power converters for electric traction

Part 1: Single-phase power convertors using thyristors



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

Prix Fr. s. **65.-**
Price S. Fr.

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	6
PRÉFACE	6
CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS	
Articles SECTION UN — DOMAINE D'APPLICATION ET CONDITIONS DE SERVICE	
1. Domaine d'application	8
2. Renvoi à diverses publications de la CEI	8
3. Conditions de service	8
SECTION DEUX — DÉFINITIONS	
4. Termes généraux	10
5. Définitions relatives au régime nominal	12
6. Définitions relatives au rendement	16
7. Facteurs du côté alternatif	16
8. Termes relatifs à la variation de tension, côté continu	16
9. Termes se rapportant au refroidissement	18
10. Caractéristiques du réseau à courant alternatif	20
SECTION TROIS — ESSAIS	
11. Catégories d'essais	22
CHAPITRE II : THYRISTORS, DIODES ET ÉLÉMENTS À SEMI-CONDUCTEURS	
12. Thyristors et éléments à semi-conducteurs	24
13. Diodes et éléments à semi-conducteurs	24
CHAPITRE III : TRANSFORMATEURS ET BOBINES D'INDUCTANCE POUR CONVERTISSEURS DE TRACTION	
14. Généralités	26
SECTION QUATRE — ESSAIS DES TRANSFORMATEURS	
15. Généralités	26
16. Mesure des tensions de court-circuit et des pertes dues à la charge (essai de type)	26
17. Détermination des pertes totales (essai de type)	26
18. Essais d'échauffement (essais de type)	26
19. Essais d'isolement (essais de série)	26
SECTION CINQ — ESSAIS DES INDUCTANCES	
20. Généralités	28
21. Mesure de l'inductance (essai de type)	28
22. Essais d'échauffement (essais de type)	28
23. Essais d'isolement (essais de série)	28
CHAPITRE IV : GROUPES ET BLOCS CONVERTISSEURS	
SECTION SIX — PRESCRIPTIONS SPÉCIALES	
24. Tensions d'alimentation	30
25. Montages	30
26. Facteurs pour les calculs	30
27. Pertes et rendement	36
28. Facteur de puissance et facteur de déphasage	36
29. Harmoniques	38
30. Valeurs nominales des groupes et blocs convertisseurs	38
31. Classes de service	38
32. Plaque signalétique	38

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7

CHAPTER I: GENERAL

Clause	SECTION ONE — SCOPE AND SERVICE CONDITIONS	
1. Scope		9
2. Reference to various I E C publications		9
3. Service conditions		9

SECTION TWO — DEFINITIONS

4. General terms	11
5. Rating definitions	13
6. Definitions relating to efficiency	17
7. Factors on a.c. side	17
8. Terms used in connection with voltage regulation, d.c. side	17
9. Terms used in connection with cooling	19
10. A.C. system characteristics	21

SECTION THREE — TESTS

11. Categories of tests	23
-----------------------------------	----

CHAPTER II: SEMICONDUCTOR THYRISTORS, DIODES AND STACKS

12. Semiconductor thyristors and stacks	25
13. Semiconductor diodes and stacks	25

CHAPTER III: CONVERTOR TRACTION TRANSFORMERS AND REACTORS

14. General	27
-----------------------	----

SECTION FOUR — TRANSFORMER TESTS

15. General	27
16. Measurement of impedance voltages and load losses (type test)	27
17. Determination of total losses (type test)	27
18. Temperature-rise tests (type tests)	27
19. Insulation tests (routine tests)	27

SECTION FIVE — TESTS ON REACTORS

20. General	29
21. Measurement of inductance (type test)	29
22. Temperature-rise tests (type tests)	29
23. Insulation tests (routine tests)	29

CHAPTER IV: CONVERTOR EQUIPMENT AND ASSEMBLIES

SECTION SIX — SPECIAL RULES

24. Supply voltages	31
25. Electrical connections	31
26. Calculation factors	31
27. Losses and efficiency	37
28. Power factor and displacement factor	37
29. Harmonics	39
30. Rated values for assemblies and equipment	39
31. Duty classes	39
32. Rating plate	39

Articles	Pages
SECTION SEPT — ESSAIS DES BLOCS THYRISTORS	
33. Généralités	38
34. Essai de refroidissement (essai de type)	38
35. Essais de tenue aux vibrations et aux chocs (essais de type)	40
36. Essai à faible charge (essai de série)	42
37. Essai de courant à basse tension d'alimentation (essai de type — essai de série facultatif)	42
38. Essai d'échauffement (essai de type)	44
39. Détermination des pertes (essai de type)	44
40. Vérification des propriétés du générateur d'impulsions (essai de série)	46
41. Vérification des propriétés du système de stabilisation incorporé (essai de série)	46
42. Vérification des caractéristiques des thyristors	46
43. Essais d'isolement (essais de série)	46
44. Essais des accessoires des blocs thyristors	48
SECTION HUIT — ESSAIS DES CONVERTISSEURS	
45. Généralités	48
46. Essais de type	48
47. Essais de type facultatifs	48
48. Essais de série	52
CHAPITRE V : TOLÉRANCES ÉVENTUELLES	
49. Tolérances éventuelles	54
ANNEXE — Thyristors et éléments thyristors	56

Withholding

Clause		Page
SECTION SEVEN — TESTS FOR THYRISTOR ASSEMBLIES		
33.	General	39
34.	Cooling test (type test)	39
35.	Tests for withstanding vibrations and shocks (type tests)	41
36.	Light-load test (routine test)	43
37.	Current test at low-supply voltage (type test—optional routine test)	43
38.	Temperature-rise test (type test)	45
39.	Power loss determination (type test)	45
40.	Checking the properties of the trigger equipment (routine test)	47
41.	Checking the properties of incorporated stabilization means (routine test)	47
42.	Check of thyristor characteristics	47
43.	Insulation tests (routine tests)	47
44.	Tests on accessories for thyristor assemblies	49
SECTION EIGHT — TESTS ON CONVERTORS		
45.	General	49
46.	Type tests	49
47.	Optional type tests	49
48.	Routine tests	53
CHAPTER V : TOLERANCES IF ANY		
49.	Tolerances if any	55
APPENDIX — Thyristors and thyristor stacks		57

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONVERTISSEURS DE PUISSANCE POUR LA TRACTION

Première partie: Convertisseurs monophasés de puissance à thyristors

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 publication a été établie par le Sous-Comité 22D: Convertisseurs de puissance monophasés pour la traction électrique, du Comité d'Etudes N° 22 de la CEI: Electronique de puissance.

Le projet, document 22D(Bureau Central)9, fut discuté lors de la réunion tenue à Stockholm en octobre 1971 puis soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en août 1973.

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

Afrique du Sud (République d')
Allemagne
Belgique
Etats-Unis d'Amérique
France
Hongrie
Israël
Italie
Japon

Pays-Bas
Pologne
Portugal
Roumanie
Royaume-Uni
Suède
Suisse
Turquie

Afin de permettre la parution d'autres publications de la CEI concernant des questions voisines sous le titre général « Convertisseurs de puissance pour la traction », il est prévu d'amalgamer ultérieurement les Publications 411 (1973) et 411-1 en un seul fascicule qui paraîtra comme deuxième édition de la Publication 411-1. La Publication 411 sera alors retirée.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

POWER CONVERTORS FOR ELECTRIC TRACTION

Part 1: Single-phase power convertors using thyristors

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 publication has been prepared by Sub-Committee 22D, Single-phase Power Convertors for Electric Traction, of IEC Technical Committee No. 22, Power Electronics.

The draft, document 22D(Central Office)9, was discussed at the meeting held in Stockholm in October 1971, then submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in August 1973.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Belgium	Portugal
France	Romania
Germany	South Africa (Republic of)
Hungary	Sweden
Israel	Switzerland
Italy	Turkey
Japan	United Kingdom
Netherlands	United States of America
Poland	

In order to enable further IEC publications on related subject matter to be issued under the general heading "Traction power convertors", it is the intention, in the future, to combine Publication 411 (1973) and Publication 411-1 into a single booklet that will be issued as the second edition of Publication 411-1. Publication 411 will then be withdrawn.

CONVERTISSEURS DE PUISSANCE POUR LA TRACTION

Première partie: Convertisseurs monophasés de puissance à thyristors

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS

SECTION UN — DOMAINE D'APPLICATION ET CONDITIONS DE SERVICE

1. Domaine d'application

La présente norme s'applique, dans les conditions ci-après, aux convertisseurs destinés à l'équipement de véhicules monophasés de traction dont la fréquence nominale d'alimentation est comprise entre 15 Hz et 60 Hz.

1.1 La norme est limitée aux convertisseurs dans lesquels sont utilisés des thyristors semi-conducteurs à blocage inverse, ou une combinaison de thyristors à blocage inverse et de diodes de redressement à semi-conducteurs, mais elle peut aussi être employée, dans la mesure où elle reste applicable, pour les convertisseurs utilisant des thyristors bidirectionnels. Le terme « thyristor » est utilisé dans la publication comme abréviation de « thyristor triode à blocage inverse ».

Elle ne s'applique qu'aux convertisseurs monophasés à commutation par le réseau.

Elle a été établie pour les convertisseurs alimentant les circuits de traction des véhicules. En principe, elle s'applique également aux convertisseurs destinés à l'alimentation des services auxiliaires desdits véhicules.

Elle peut aussi être appliquée aux convertisseurs des véhicules bifréquences, ainsi qu'aux interrupteurs de courant alternatif, s'ils font partie d'un groupe convertisseur statique; les détails d'application sont alors fixés par accord entre utilisateur et constructeur.

1.2 Des modifications peuvent être apportées à la présente norme à condition qu'elles soient décidées en commun accord avant signature du contrat.

2. Renvoi à diverses publications de la CEI

Les articles des publications de la CEI ci-après sont applicables aux convertisseurs faisant l'objet de cette norme, pour autant qu'ils ne sont pas modifiés par les articles de la présente publication.

- Publication 84: Recommandations pour les convertisseurs à vapeur de mercure.
- Publication 84A: Premier complément à la Publication 84 (1957): Onduleurs à vapeur de mercure.
- Publication 84B: Deuxième complément à la Publication 84 (1957): Convertisseurs à vapeur de mercure à puissance réversible.
- Publication 146: Convertisseurs à semiconducteurs (deuxième édition).
- Publication 411: Convertisseurs statiques monophasés de puissance pour la traction.
- Publication 310: Règles applicables aux transformateurs de traction et aux inductances de traction.
- Publication 77: Règles applicables à l'appareillage électrique de traction (deuxième édition).
- Publication 165: Règles pour les essais des véhicules moteurs de traction électrique après achèvement et avant mise en service (deuxième édition).
- Publication 349: Règles applicables aux machines électriques tournantes des véhicules ferroviaires et routiers.

3. Conditions de service

3.1 Altitude

En l'absence d'indication sur la hauteur au-dessus du niveau de la mer à laquelle les appareils sont appelés à fonctionner normalement, il est admis que cette hauteur ne doit pas dépasser 1 200 m.

3.2 Température

En l'absence d'indication sur les températures ambiantes auxquelles les appareils sont appelés à fonctionner normalement, il est admis que celles-ci restent comprises entre -25°C et $+40^{\circ}\text{C}$, la température moyenne annuelle n'excédant pas $+25^{\circ}\text{C}$.

POWER CONVERTORS FOR ELECTRIC TRACTION

Part 1: Single-phase power convertors using thyristors

CHAPTER 1: GENERAL

SECTION ONE. — SCOPE AND SERVICE CONDITIONS

1. Scope

This standard applies, in the conditions set out below, to convertors intended for service on single-phase rolling stock supplied with current of any rated frequency between 15 Hz and 60 Hz.

1.1 The standard is restricted to convertors where semiconductor reverse blocking triode thyristors or a combination of reverse blocking triode thyristors and semiconductor rectifier diodes are used, but it may also be applied for convertors with bidirectional thyristors in so far as applicable. The term “thyristor” is used as an abbreviation for “reverse blocking triode thyristor”.

It applies only to single-phase convertors in which the commutating voltage is supplied by the system.

It has been drawn up for convertors supplying vehicle traction circuits. In principle, it also applies to convertors provided for feeding the auxiliary services on these vehicles.

It can also be applied to convertors for dual frequency vehicles and to a.c. switches if these form a part of static converter equipment; details of such application are determined by agreement between user and manufacturer.

1.2 Modifications may be made to this standard provided that they are mutually agreed before a contract is signed.

2. Reference to various IEC publications

Except where modified by clauses in the present publication, clauses in the following IEC publications are applicable to the convertors forming the object of this standard.

- Publication 84: Recommendations for Mercury-arc Convertors.
- Publication 84A: First supplement to Publication 84 (1957): Mercury-arc Inverters.
- Publication 84B: Second supplement to Publication 84 (1957): Mercury-arc Convertors for Reversible Power.
- Publication 146: Semiconductor Convertors (second edition).
- Publication 411: Single-phase Traction Power Convertors.
- Publication 310: Rules for Traction Transformers and Reactors.
- Publication 77: Rules for Electric Traction Equipment (second edition).
- Publication 165: Rules for the Testing of Electric Rolling Stock on Completion of Construction and Before Entry into Service (second edition).
- Publication 349: Rules for Rotating Electrical Machines for Rail and Road Vehicles.

3. Service conditions

3.1 Altitude

In the absence of information on the height above sea-level at which the equipment is normally to function, it is to be assumed that this height shall not exceed 1 200 m.

3.2 Temperature

In the absence of information on the ambient temperatures in which the equipment is normally to function, it is to be assumed that these lie between $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, with an annual average temperature not exceeding $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.3 Chocs et vibrations

En l'absence d'indication concernant les vibrations et les chocs auxquels le convertisseur et ses accessoires de montage sont susceptibles d'être soumis en service, il est admis:

- que les vibrations sont de forme sinusoïdale, que leur fréquence f reste comprise entre 1 Hz et 50 Hz et que leur amplitude a , exprimée en millimètres, est donnée en fonction de f , par les relations:

$$a = \frac{25}{f} \text{ pour } 1 \leq f \leq 10 \text{ Hz}$$

$$a = \frac{250}{f^2} \text{ pour } 10 \leq f \leq 50 \text{ Hz}$$

- que les accélérations maximales des chocs sont:

horizontalement (dans le sens de déplacement du véhicule)	30 m/s ² (3 g)
latéralement	20 m/s ² (2 g)
verticalement	10 m/s ² (1 g)

(g étant la valeur de l'accélération due à la pesanteur).

3.4 Nature de la charge

Etant donné que la nature de la charge peut affecter les caractéristiques de fonctionnement d'un convertisseur ou d'un élément de convertisseur, on doit toujours spécifier la nature de la charge, par exemple: charge inductive, force contre-électromotrice, etc.

3.5 Conditions spéciales

Des dispositions particulières, fixées par accord entre utilisateur et constructeur, doivent être prises lorsque les conditions diffèrent de celles mentionnées aux paragraphes 3.1 à 3.3, par exemple:

- altitude supérieure à 1 200 m;
- température ambiante supérieure à 40 °C;
- température minimale inférieure à - 25 °C;
- température moyenne élevée conjuguée avec une forte humidité de l'air;
- pluies torrentielles, tempêtes de sable ou de neige, etc.

La vérification de l'efficacité des dispositions ainsi arrêtées pourra faire éventuellement l'objet d'essais de type facultatifs, pouvant être effectués sur le véhicule lui-même suivant des modalités à fixer par accord entre utilisateur et constructeur.

SECTION DEUX — DÉFINITIONS

Note. — Sauf stipulations contraires de la présente section, les définitions générales données dans les publications de la CIE citées à l'article 2 sont valables pour les convertisseurs couverts par la présente norme.

4. Termes généraux

4.1 Désignation des enroulements du transformateur

4.1.1 Enroulement côté ligne: enroulement directement connecté à la ligne de contact. Le transformateur peut comporter un ou plusieurs circuits magnétiques et un ou plusieurs enroulements intermédiaires.

4.1.2 Enroulements côté cellules: enroulements connectés aux bornes du bloc convertisseur.

4.2 Taux d'ondulation du courant côté continu

Le taux d'ondulation du courant côté continu, exprimé en pour-cent, est défini conventionnellement par la formule:

$$\frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \times 100$$

dans laquelle $I_{\max}$ et $I_{\min}$ représentent respectivement la valeur maximale et la valeur minimale de l'onde de courant.

3.3 Shocks and vibrations

In the absence of information concerning the degree of vibration and shocks to which the convertor and its mounting arrangements are likely to be subjected in service, it is to be assumed:

- that the vibration is of sine-wave form, that the frequency f of vibration is between 1 Hz and 50 Hz and that the amplitude a , expressed in millimetres, is given as a function of f , by the equations:

$$a = \frac{25}{f} \text{ for } 1 < f < 10 \text{ Hz}$$

$$a = \frac{250}{f^2} \text{ for } 10 \leq f \leq 50 \text{ Hz}$$

- that the maximum accelerations of shocks are:

horizontally (in the direction of motion of the vehicle)	30 m/s ² (3 g)
transversely	20 m/s ² (2 g)
vertically	10 m/s ² (1 g)

(g being the value of acceleration due to gravity).

3.4 Nature of load

In view of the fact that the nature of the load may affect the operating characteristics of a convertor or convertor component, the nature of the load shall always be specified, e.g. inductive load, back e.m.f., etc.

3.5 Special conditions

Special arrangements shall be agreed between user and manufacturer when conditions differ from those mentioned in Sub-clauses 3.1 to 3.3, for example:

- altitude exceeding 1 200 m;
- ambient temperature above 40 °C;
- minimum temperature below — 25 °C;
- high average temperature plus high air humidity;
- torrential rains, sand or snow storms, etc.

A check on the effectiveness of such arrangements could, if required, form the subject of optional type tests which could be carried out on the vehicle itself in accordance with methods to be agreed between user and manufacturer.

SECTION TWO — DEFINITIONS

Note. — Unless otherwise specified in this section, the general definitions given in IEC publications mentioned in Clause 2 are valid for the convertors covered by the present standard.

4. General terms

4.1 Designation of transformer windings

4.1.1 Line winding: the winding which is directly connected to the contact system. The transformer may comprise one or several magnetic circuits and one or several intermediate windings.

4.1.2 Cell windings: the windings connected to the terminals of the convertor assembly.

4.2 D.C. ripple factor

The d.c. ripple factor, expressed in per cent, is given conventionally by the formula:

$$\frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \times 100$$

in which $I_{\max}$ and $I_{\min}$ represent respectively maximum and minimum values of the current wave.

4.3 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.

4.4 Dispositif de réglage

Dispositif associé au 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.).

4.5 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.

4.6 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 critique.

5. Définitions relatives au régime nominal

5.1 Régime nominal en général

La ou les valeur(s) des grandeurs électriques, thermiques, mécaniques et ambiantes attribuée(s) à un thyristor, à une diode, à un élément, à un bloc ou à un convertisseur, pour définir les conditions de fonctionnement dans lesquelles on peut s'attendre à ce que l'appareil assure un service satisfaisant.

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

2. — Lorsque des variations de 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.

5.2 Régime nominal des transformateurs pour convertisseurs de traction

5.2.1 Les régimes continus des divers enroulements du transformateur doivent être déterminés par le constructeur, conformément aux stipulations de l'article 6 de la Publication 310 de la C E I, en prenant en considération le cycle de service spécifié pour le véhicule, la charge des enroulements auxiliaires et la déformation de l'onde imputable au lissage et à l'angle d'empiètement, suivant accord entre utilisateur et constructeur.

5.2.2 Fréquence nominale f_N

Fréquence nominale du réseau d'alimentation.

5.2.3 Tension nominale côté ligne U_{LN}

Tension efficace applicable dans les conditions normales de fonctionnement à l'ensemble de l'enroulement côté ligne. Si cet enroulement est muni de prises, la tension nominale doit se rapporter à la prise principale.

Sauf accord particulier entre utilisateur et constructeur, la tension nominale côté ligne est spécifiée comme étant égale à la tension nominale du réseau de traction.

Note. — La Publication 349 de la C E I donne la liste des tensions nominales des réseaux de traction.

5.2.4 Tension nominale côté cellules U_{v0}

Tension efficace à vide entre bornes de phase à commutation consécutive des enroulements côté cellules d'un groupe commutant, l'enroulement côté ligne étant alimenté à sa tension nominale (voir la figure 1, page 14).

Si l'enroulement côté cellules est muni de prises, la tension nominale doit se rapporter à la prise principale.

4.3 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 power supply circuits.

4.4 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.).

4.5 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.

4.6 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.

5. Rating definitions

5.1 Rating in general

The value or values of the electrical, thermal, mechanical and environmental quantities assigned to define the operating conditions under which a thyristor, a diode, a thyristor or diode stack, an assembly or convertor is expected to give satisfactory service.

Notes 1. — Unlike many other electrical components, semiconductor devices may be irreparably damaged by operation in excess of the maximum rated values even during a very short time.

2. — Where variations in a rated value are not generally understood and may be significant, they shall be specified. Certain of the values assigned are limiting values. These limiting values may be either maximum or minimum values.

5.2 Ratings for convertor traction transformers

5.2.1 The continuous ratings of the various transformer windings shall be determined by the manufacturer, in accordance with the requirements of Clause 6 in IEC Publication 310, taking into account the duty cycle specified for the vehicle, the load on the auxiliary windings and the wave distortion produced by smoothing and the angle of overlap, as may be agreed between user and manufacturer.

5.2.2 Rated frequency f_N

The nominal frequency of the supply network.

5.2.3 Rated voltage on line side U_{LN}

The r.m.s. voltage applicable in normal operating conditions to the line-side winding group. If this winding has tapplings, the rated voltage shall be referred to the principal tapping.

Unless otherwise agreed between user and manufacturer, the rated line-side voltage is specified as being equal to the nominal voltage of the traction system.

Note. — IEC Publication 349 gives the list of the nominal voltages of the traction systems.

5.2.4 Rated voltage on cell side U_{v0}

The r.m.s. no-load voltage between consecutive commutating phase terminals of the cell windings of a commutating group at rated voltage on the line side (see Figure 1, page 15).

If the cell winding is provided with tapplings, the rated voltage shall refer to the principal tapping.

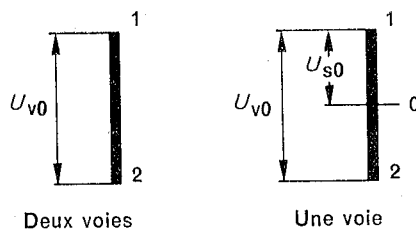


FIGURE 1. — Schémas des enroulements côté cellules.

5.2.5 *Note.* — La définition d'une prise principale, donnée dans la Publication 310 de la C.E.I., est rappelée ci-après:

La prise principale est celle qui permet d'obtenir, aux bornes des moteurs de traction, la tension nominale de ces moteurs lorsqu'ils absorbent l'intensité de leur régime continu, l'enroulement côté ligne du transformateur étant alimenté sous sa tension nominale et à la fréquence nominale.

Lorsque des prises intermédiaires sont placées à la fois sur l'enroulement côté ligne et sur l'enroulement traction, les prises principales sont celles spécifiées.

5.2.6 *Courant nominal en régime continu côté cellules I_{VN}*

Valeur efficace du courant dans les bornes côté cellules du transformateur, calculée à partir du courant continu nominal en régime continu du convertisseur. La base du calcul doit faire l'objet d'un accord entre utilisateur et constructeur.

5.2.7 *Courant nominal en régime continu côté ligne I_{LN} , correspondant au courant nominal en régime continu côté cellules*

Valeur efficace du courant dans les bornes côté ligne du transformateur, calculée à partir du courant continu nominal en régime continu du convertisseur. La base de calcul doit faire l'objet d'un accord entre utilisateur et constructeur.

5.2.8 *Courant nominal global en régime continu côté ligne I_{LGN}*

Valeur efficace du courant dans les bornes côté ligne du transformateur, calculée à partir du courant continu nominal en régime continu du convertisseur et en tenant compte de la charge des enroulements auxiliaires.

5.2.9 *Puissance apparente globale en régime continu côté ligne*

Produit de la tension nominale U_{LN} (paragraphe 5.2.3) par le courant nominal global en régime continu côté ligne I_{LGN} (paragraphe 5.2.8).

5.3 *Régime nominal des convertisseurs*

5.3.1 *Courant continu nominal en régime continu I_{dN}*

Valeur moyenne du courant continu que le convertisseur est capable de supporter en régime continu.

5.3.2 *Tension continue nominale U_{dN}*

Valeur moyenne de la tension entre les bornes côté continu du convertisseur correspondant au courant continu nominal en régime continu I_{dN} , à la tension nominale de la ligne U_{LN} , à la prise principale du transformateur (voir le paragraphe 5.2.5) et, s'il y a lieu, à la valeur spécifiée de l'angle de retard.

5.3.3 *Puissance nominale en régime continu côté continu*

Produit de la tension continue nominale U_{dN} par le courant continu nominal en régime continu I_{dN} .

5.3.4 *Régimes de courte durée*

On peut aussi attribuer au convertisseur des régimes de courant continu de plus courte durée mais de valeur plus élevée pour tenir compte des surcharges temporaires, des conditions de défaut et, s'il y a lieu, du courant nominal de récupération. Les autres grandeurs dépendant du courant continu (par exemple le courant côté ligne) varieront en conséquence, mais en général elles ne seront pas spécifiées ni garanties.

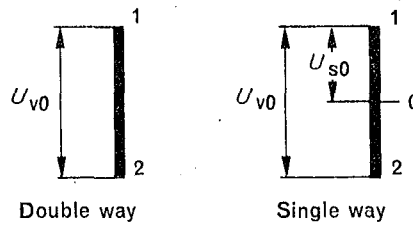


FIGURE 1. — Diagrams of the cell-side windings.

5.2.5 *Note.* — The definition of a principal tapping, given in IEC Publication 310, is reproduced below:

The principal tapping is that which enables the rated traction motor voltage to be obtained at the terminals of the motors when they are taking their continuously rated current, the transformer line-side winding being supplied at rated voltage and frequency.

When both line-side windings and traction windings have intermediate tapplings, the principal tapplings are those specified.

5.2.6 *Rated continuous current on the cell side I_{vN}*

The r.m.s. current in the terminals of the transformer on the cell side, calculated from the rated continuous direct current of the convertor. The basis of calculation is that agreed between user and manufacturer.

5.2.7 *Rated continuous current on the line side I_{LN} , corresponding to the rated continuous current on the cell side*

The r.m.s. current in the line terminals of the transformer, calculated from the rated continuous direct current of the convertor. The basis of calculation is that agreed between user and manufacturer.

5.2.8 *Total rated continuous line current I_{LGN}*

The r.m.s. current in the line terminals of the transformer, calculated from the rated continuous direct current of the convertor and allowing for the load on the auxiliary windings.

5.2.9 *Total rated continuous apparent power on the line side*

The product of the rated voltage U_{LN} (Sub-clause 5.2.3) and the total rated continuous line current I_{LGN} (Sub-clause 5.2.8).

5.3 *Ratings for convertors*

5.3.1 *Rated continuous direct current I_{dN}*

The mean value of the direct current which the convertor is capable of carrying continuously.

5.3.2 *Rated direct voltage U_{dN}*

The rated mean value of the voltage between d.c. terminals of the convertor corresponding to the rated continuous direct current I_{dN} at the rated line voltage U_{LN} at the principal transformer tapping (see Sub-clause 5.2.5) and, where applicable, at the specified delay angle.

5.3.3 *Rated continuous d.c. power*

The product of the rated direct voltage U_{dN} and the rated continuous direct current I_{dN} .

5.3.4 *Short-time ratings*

The convertors may also have assigned to them direct current ratings of shorter duration but of higher value to cater for temporary overloads, fault conditions and, if applicable, the rated regenerative current. The corresponding other quantities which depend on the direct current will vary accordingly (e.g. the current on the line side), but generally they will not be specified or guaranteed.

5.3.5 Cycle de service spécifié

Ce cycle est donné sous forme de diagramme indiquant la variation du courant et de la tension côté continu en fonction du temps; il doit tenir compte d'un fonctionnement éventuel en récupération. Ce diagramme est habituellement cyclique.

6. Définitions relatives au rendement

Le rendement est le rapport entre la puissance fournie et la puissance absorbée. La puissance fournie et la puissance absorbée peuvent être des puissances continues ou des puissances alternatives selon que le convertisseur fonctionne en redresseur ou en onduleur.

6.1 Rendement en puissance

Rapport entre la puissance totale côté continu et la puissance totale côté alternatif ou inversement.

Note. — Le rendement en puissance peut être obtenu soit par mesure, au wattmètre, des puissances côté alternatif et côté continu (méthode directe), soit par calcul faisant intervenir les pertes dans le convertisseur (méthode des pertes séparées).

6.2 Facteur de conversion

Dans le cas des convertisseurs monophasés associés à des moteurs de traction avec inductances de lissage, on préfère généralement faire usage du facteur de conversion, défini comme suit: rapport du produit des valeurs moyennes de la tension et du courant, côté continu, à la puissance totale, côté alternatif, ou inversement.

Note. — Le facteur de conversion est obtenu par mesure au wattmètre de la puissance, côté alternatif, et au voltmètre et à l'ampèremètre, de la puissance de la composante continue du courant redressé.

7. Facteurs du côté alternatif

7.1 Facteur de puissance global λ

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

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

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

7.3 Facteur de déformation ν

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

8. Termes relatifs à la variation de tension, côté continu

8.1 Tension continue fictive à vide U_{d10}

Valeur moyenne 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 U_{v0} (voir le paragraphe 5.2.4) au moyen des formules:

$$U_{d10} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \times U_{v0} = 0,45 U_{v0} \text{ pour les montages à une voie,}$$

$$U_{d10} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \times U_{v0} = 0,9 U_{v0} \text{ pour les montages à deux voies.}$$

Lorsque la tension continue est fournie par le montage en série de plusieurs convertisseurs monophasés, la formule donnée ci-dessus est applicable pour chaque convertisseur individuel. La tension continue fictive à vide résultante est alors la somme des tensions continues fictives à vide de tous les convertisseurs.

5.3.5 Specified duty cycle

This is given by a diagram showing the variation of the direct current and voltage with time, taking regenerative operation into account, if necessary. This diagram is usually cyclic.

6. Definitions relating to efficiency

The efficiency is the ratio of the output power to the input power. Output and input power may be d.c. power or a.c. power depending upon the operation of the convertor as a rectifier or as an inverter.

6.1 Power efficiency

The ratio of the total power on the d.c. side to the total power on the a.c. side or vice versa.

Note. — The power efficiency can be obtained either by measurement with wattmeters of the powers on a.c. and d.c. sides (direct measurement method) or by calculation taking into account the losses in the convertor (summation of losses method).

6.2 Conversion factor

In the case of single-phase convertors used with traction motors with smoothing reactors, it is generally preferred to utilize the conversion factor which is defined as the ratio of the product of the mean values of the voltage and the current on the d.c. side to the total power on the a.c. side or vice versa.

Note. — The conversion factor is obtained by measurements with a wattmeter of the power on the a.c. side and with a voltmeter and an ammeter of the power of the d.c. component of the rectified current.

7. Factors on a.c. side

7.1 Total power factor λ

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

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

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

7.3 Deformation factor ν

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

8. Terms used in connection with voltage regulation, d.c. side

8.1 Ideal no-load direct voltage U_{d10}

The ideal no-load mean direct voltage of a convertor, which assumes no voltage reduction by phase control, no voltage drop in the assemblies and no voltage rise at small loads, is obtained from the voltage U_{v0} (see Sub-clause 5.2.4) by the formulae:

$$U_{d10} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \times U_{v0} = 0.45 U_{v0} \text{ for single-way connection,}$$

$$U_{d10} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \times U_{v0} = 0.9 U_{v0} \text{ for double-way connection.}$$

When the d.c. voltage is obtained by the series connection of several single-phase convertors, the above formula is applicable for each individual convertor. The resulting ideal no-load d.c. voltage is then the sum of the ideal no-load d.c. voltages of all convertors.

8.2 Tension continue fictive à vide avec réglage U_{d10a}

Valeur moyenne de la tension continue théorique d'un convertisseur en supposant qu'il y a réduction de la tension par réglage de phase, mais qu'il n'y a ni chute de tension dans les blocs, ni remontée de tension aux faibles charges. Elle est donnée, en fonction de l'angle de retard α , par les formules suivantes:

8.2.1 Montages homogènes du convertisseur

Commande symétrique:

$$U_{d10a} = U_{d10} \cdot \cos \alpha$$

Commande asymétrique:

$$U_{d10a} = U_{d10} \cdot \frac{\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2}{2}$$

8.2.2 Montages hétérogènes du convertisseur

$$U_{d10a} = U_{d10} \cdot \frac{1 + \cos \alpha}{2}$$

9. Termes se rapportant au refroidissement

9.1 Termes relatifs au refroidissement

9.1.1 Refroidissement naturel à l'air

Refroidissement par convection naturelle de l'air ambiant.

9.1.2 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.

9.1.3 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.

9.1.4 Refroidissement naturel par immersion dans un liquide

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

9.1.5 Refroidissement forcé par immersion dans un liquide

Refroidissement par circulation, du type thermosiphon, d'un liquide refroidi par ventilation forcée à l'extérieur de l'enveloppe.

9.2 Définitions relatives à la température

9.2.1 Température de l'air de refroidissement pour les éléments 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.

9.2.2 Température de l'air de refroidissement pour les éléments 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.

9.2.3 Température ambiante d'un bloc

Température de l'air ambiant à une distance du bloc voisine de 1 m, à mi-hauteur de celui-ci, et à un emplacement protégé à la fois des radiations calorifiques et des effets de la ventilation forcée.