

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 411

Première édition — First edition

1973

**Convertisseurs statiques monophasés de puissance
pour la traction**

Single-phase traction power convertors



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 411

Première édition — First edition

1973

Convertisseurs statiques monophasés de puissance pour la traction

Single-phase traction power convertors



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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	6
PRÉFACE	6
Articles	
CHAPITRE I: GÉNÉRALITÉS	
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	10
SECTION DEUX — DÉFINITIONS	
4. Termes généraux	12
5. Définitions relatives au régime nominal	14
6. Définitions relatives au rendement	18
7. Facteurs du côté alternatif	20
8. Termes relatifs à la variation de tension, côté continu	20
9. Termes se rapportant au refroidissement	22
10. Caractéristiques du réseau à courant alternatif	24
SECTION TROIS — ESSAIS	
11. Catégories d'essais	26
CHAPITRE II: SOUPAPES À VAPEUR DE MERCURE ET LEURS ACCESSOIRES	
SECTION QUATRE — PRESCRIPTIONS SPÉCIALES	
12. Limites de température de la soupape	30
13. Courant en fonction du réglage de la tension continue	30
SECTION CINQ — ESSAIS DES SOUPAPES OU JEUX DE SOUPAPES	
14. Liste des essais	30
15. Mesure des pertes	30
16. Essai en charge	30
17. Essais de tenue aux vibrations et aux chocs	36
18. Vérification du fonctionnement	38
19. Essai d'isolement	38
CHAPITRE III: DIODES ET ÉLÉMENTS À SEMICONDUCTEURS	
20. Généralités	42
SECTION SIX — PRESCRIPTIONS SPÉCIALES	
21. Caractéristiques et valeurs nominales	42
22. Marquage	48
SECTION SEPT — ESSAIS DES DIODES ET ÉLÉMENTS	
23. Généralités — Liste des essais	48
24. Essai de courant de surcharge prévisible à l'état passant	50
25. Essai de détermination de la caractéristique directe et essai de tension directe	52
26. Essai de caractéristique inverse	54
27. Essai de courant inverse	56
28. Essai de tension inverse	56
29. Essai de recouvrement de charge inverse	58
30. Essai de résistance thermique et d'impédance thermique transitoire	60
31. Essai de cycle thermique	66

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7
Clause	
CHAPTER I: GENERAL	
SECTION ONE — SCOPE	
1. Scope	9
2. Reference to various IEC publications	9
3. Service conditions	11
SECTION TWO — DEFINITIONS	
4. General terms	13
5. Rating definitions	15
6. Definitions relating to efficiency	19
7. Factors on a.c. side	21
8. Terms used in connection with voltage regulation, d.c. side	21
9. Terms used in connection with cooling	23
10. A.c. system characteristics	25
SECTION THREE — TESTS	
11. Categories of tests	27
CHAPTER II: MERCURY-ARC VALVES AND THEIR AUXILIARIES	
SECTION FOUR — SPECIAL RULES	
12. Temperature limits for valves	31
13. Current in relation to adjustment of d.c. voltage	31
SECTION FIVE — TESTS ON VALVES OR VALVE SETS	
14. List of tests	31
15. Measurement of losses	31
16. Load test	31
17. Tests for withstanding vibrations and shocks	37
18. Check on correct operation	39
19. Insulation test	39
CHAPTER III: SEMICONDUCTOR DIODES AND DIODE STACKS	
20. General	43
SECTION SIX — SPECIAL RULES	
21. Rated values and characteristics	43
22. Marking	49
SECTION SEVEN — TESTS FOR DIODES AND DIODE STACKS	
23. General—List of tests	49
24. Surge forward current test	51
25. Forward characteristic and forward voltage test	53
26. Reverse characteristic test	55
27. Reverse current test	57
28. Reverse voltage test	57
29. Reverse recovery charge test	59
30. Thermal resistance and transient thermal impedance test	61
31. Thermal cycling test	67

Articles		Pages
32.	Essai en charge	66
33.	Essai mécanique	68
34.	Essai d'étanchéité	68
35.	Essai d'isolement	70
36.	Essai d'échauffement	70

CHAPITRE IV: TRANSFORMATEURS ET BOBINES D'INDUCTANCE POUR CONVERTISSEURS

37.	Généralités.	79
-----	----------------------	----

SECTION HUIT — ESSAIS DES TRANSFORMATEURS

38.	Généralités.	72
39.	Mesure des tensions de court-circuit et des pertes dues à la charge	72
40.	Détermination des pertes totales	72
41.	Essais d'échauffement	72
42.	Essais d'isolement	74

SECTION NEUF — ESSAIS DES INDUCTANCES

43.	Généralités.	74
44.	Mesure de l'inductance	74
45.	Essais d'échauffement	76
46.	Essais d'isolement.	76

CHAPITRE V: CONVERTISSEURS À VAPEUR DE MERCURE — BLOCS REDRESSEURS ET CONVERTISSEURS À SEMICONDUCTEURS

SECTION DIX — PRESCRIPTIONS SPÉCIALES

47.	Classes de service	72
48.	Pertes et rendement	78
49.	Facteur de puissance et facteur de déphasage	80
50.	Harmoniques.	80
51.	Prescriptions relatives au fonctionnement	82
52.	Plaque signalétique	82

SECTION ONZE — ESSAIS DES BLOCS REDRESSEURS

53.	Généralités.	82
54.	Essais de ventilation.	84
55.	Essais de tenue aux vibrations et aux chocs.	84
56.	Essai à faible charge	84
57.	Essai de courant à basse tension d'alimentation	86
58.	Essai d'échauffement	86
59.	Essai aux ondes de choc	88
60.	Vérification des caractéristiques des diodes	88
61.	Essai d'isolement	88
62.	Essais des accessoires des blocs redresseurs	88

SECTION DOUZE — ESSAIS DES CONVERTISSEURS

63.	Généralités.	88
64.	Essais de type	88
65.	Essais de type facultatifs	90
66.	Essais de série	92

CHAPITRE VI: TOLÉRANCES ÉVENTUELLES

67.	Tolérances éventuelles	94
-----	----------------------------------	----

Clause		Page
32.	Load test	67
33.	Mechanical test	69
34.	Sealing test	69
35.	Insulation test	71
36.	Temperature rise test	71

CHAPTER IV: CONVERTOR TRANSFORMERS AND REACTORS

37.	General	73
-----	-------------------	----

SECTION EIGHT — TRANSFORMER TESTS

38.	General	73
39.	Measurement of impedance voltage and load losses	73
40.	Determination of total losses	73
41.	Temperature rise tests	73
42.	Insulation tests	75

SECTION NINE — TESTS ON REACTORS

43.	General	75
44.	Measurement of inductance	75
45.	Temperature rise tests	77
46.	Insulation tests	77

CHAPTER V: MERCURY-ARC CONVERTORS — RECTIFIER ASSEMBLIES AND SEMICONDUCTOR CONVERTORS

SECTION TEN — SPECIAL RULES

47.	Rating classes	79
48.	Losses and efficiency	79
49.	Power factor and displacement factor	81
50.	Harmonics	81
51.	Performance requirements	83
52.	Rating plate	83

SECTION ELEVEN — TESTS ON RECTIFIER ASSEMBLIES

53.	General	83
54.	Air-flow tests	85
55.	Tests for withstanding vibrations and shocks	85
56.	Light load test	85
57.	Current test at low supply voltage	87
58.	Temperature rise test	87
59.	Impulse test	89
60.	Check of diode characteristics	89
61.	Insulation test	89
62.	Tests on accessories for rectifier assemblies	89

SECTION TWELVE — TESTS ON CONVERTORS

63.	General	89
64.	Type tests	89
65.	Optional type tests	91
66.	Routine tests	93

CHAPTER VI: TOLERANCES IF ANY

67.	Tolerances if any	95
-----	-----------------------------	----

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CONVERTISSEURS STATIQUES MONOPHASÉS DE PUISSANCE
POUR LA TRACTION**

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

Les travaux furent entrepris pendant la réunion du Sous-Comité tenue à Rome en 1964, au cours de laquelle fut examiné l'avant-projet préparé par un Groupe de Travail restreint, composé de représentants des Comités d'Etudes N° 9 de la CEI: Matériel de traction électrique, et N° 22.

Diverses modifications furent examinées lors des réunions tenues à Tel-Aviv en 1966 et à Prague en 1967. A la suite de cette dernière réunion, un nouveau projet, document 22D(Bureau Central)4, fut soumis, en avril 1969, à l'approbation des Comités nationaux de la CEI suivant la Règle des Six Mois.

Des observations d'ordre fondamental ayant été présentées au sujet de l'essai en charge des convertisseurs, certaines modifications furent soumises à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en juin 1970, document 22D(Bureau Central)6.

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

Afrique du Sud
Allemagne
Australie
Autriche
Belgique
Etats-Unis
d'Amérique
France
Hongrie
Iran
Israël

Italie
Japon
Pays-Bas
Pologne
Royaume-Uni
Suède
Suisse
Tchécoslovaquie
Turquie
Union des Républiques
Socialistes Soviétiques

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SINGLE-PHASE TRACTION POWER 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 has been prepared by IEC Sub-Committee 22D, Single-Phase Power Convertors for Electric Traction, of IEC Technical Committee No. 22: Power Electronics.

Work was begun at the meeting of the Sub-Committee held in Rome in 1964, during which a preliminary draft prepared by a restricted Working Group composed of representatives of IEC Technical Committee No. 9, Electric Traction Equipment, and IEC Technical Committee No. 22 was discussed.

Various amendments were discussed at the meeting held in Tel Aviv in 1966 and in Prague in 1967. As a result of this latter meeting, a further draft, document 22D(Central Office)4, was submitted to the IEC National Committees for approval under the Six Months' Rule in April 1969.

As comments of a basic nature had been submitted regarding the load test for convertors, certain amendments were submitted to National Committees for approval under the Two Months' Procedure in June 1970, document 22D (Central Office) 6.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Netherlands
Austria	Poland
Belgium	South Africa
Czechoslovakia	Sweden
France	Switzerland
Germany	Turkey
Hungary	Union of Soviet
Iran	Socialist Republics
Israel	United Kingdom
Italy	United States
Japan	of America

CONVERTISSEURS STATIQUES MONOPHASÉS DE PUISSANCE POUR LA TRACTION

CHAPITRE I: GÉNÉRALITÉS

SECTION UN — DOMAINE D'APPLICATION ET CONDITIONS DE SERVICE

1. **Domaine d'application**

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

a) Convertisseurs à vapeur de mercure utilisant :

- des soupapes monoanodiques ou polyanodiques à tache cathodique entretenue,
- des soupapes monoanodiques à tache cathodique non entretenue,
- des soupapes équipées d'une commande par grille ou par igniteur; cette commande permet d'obtenir soit un réglage de la tension redressée dans tout ou partie de la gamme utile de tension des moteurs de traction, soit un fonctionnement en onduleur, soit un blocage par grille ou par igniteur.

Dans chaque cas, on n'a considéré que les soupapes scellées à cuve acier isolée ou non de la cathode, refroidies à l'air avec ventilation forcée ou refroidies par circulation d'un liquide refroidi à l'air.

b) Convertisseurs à semiconducteurs utilisant des diodes.

- 1.1 La recommandation 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.
- 1.2 Des modifications peuvent être apportées à la présente recommandation 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 recommandation pour autant qu'ils ne sont pas modifiés par les articles de la présente publication.

2.1 Pour les convertisseurs à vapeur de mercure :

Publication 84: Recommandations pour les convertisseurs à vapeur de mercure.

Publication 84A: Complément à la Publication 84 (1957): Onduleurs à vapeur de mercure.

Publication 84B: Complément à la Publication 84 (1957): Convertisseurs à vapeur de mercure à puissance réversible.

SINGLE-PHASE TRACTION POWER CONVERTORS

CHAPTER I: GENERAL

SECTION ONE — SCOPE AND SERVICE CONDITIONS

1. Scope

This recommendation applies to convertors of the types described below intended for service on single-phase rolling stock supplied with current of rated frequency between 15 Hz and 60 Hz.

a) Mercury-arc convertors employing:

- single anode or multi-anode valves with sustained cathode spot,
- single anode valves without sustained cathode spot,
- valves provided with grid or ignitor control; this control may enable either regulation of the rectified voltage over the whole or part of the usable range of traction motor voltage, or operation as an inverter, or blocking by means of grid or igniter action.

In each case, consideration has been given only to sealed valves with steel tank insulated or not insulated from the cathode, air-cooled with forced ventilation, or cooled by a liquid which is in turn cooled by air.

b) Convertors using semiconductor diodes.

- 1.1 This recommendation 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.
- 1.2 Modifications may be made to this recommendation 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 recommendation.

2.1 For mercury-arc convertors:

Publication 84, Recommendations for Mercury-Arc Convertors.

Publication 84A, Supplement to Publication 84 (1957): Mercury-Arc Inverters.

Publication 84B, Supplement to Publication 84 (1957): Mercury-Arc Convertors for Reversible Power.

- 2.2 Pour les convertisseurs à semiconducteurs:
Publication 146 (Deuxième édition): Convertisseurs à semiconducteurs (en cours d'impression).
- 2.3 Pour les transformateurs et inductances:
Publication 310: Règles applicables aux transformateurs de traction et aux inductances de traction.
- 2.4 Pour tous les convertisseurs:
Publication 77: Règles applicables à l'appareillage électrique de traction.
Publication 165: Règles pour les essais des véhicules moteurs de traction électrique après achèvement et avant mise en service.

3. Conditions de service

3.1 Conditions de service considérées comme usuelles

3.1.1 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.

3.1.2 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 $+40\text{ °C}$, la température moyenne annuelle n'excédant pas $+25\text{ °C}$.

3.1.3 Tension d'alimentation

Sauf spécification contraire, l'équipement doit pouvoir fournir au moins les tensions et courants spécifiés, pour toutes les valeurs de la tension, côté ligne, du convertisseur comprises entre 100% et 110% de U_{LN} (voir paragraphe 5.2.3).

Le convertisseur et ses auxiliaires doivent pouvoir être mis en service et continuer à fonctionner indéfiniment pour des tensions côté ligne aussi basses que 75% de U_{LN} . En outre, ils doivent pouvoir continuer à fonctionner pendant quelques minutes pour des tensions côté ligne pouvant descendre jusqu'à 70% de U_{LN} .

3.1.4 Chocs, vibrations, inclinaison

En l'absence d'indication concernant les vibrations, chocs et inclinaison 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 mm, est donnée en fonction de f , par les relations:

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

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

- 2.2 For semiconductor convertors:
Publication 146 (Second edition): Semiconductor Convertors (on the press).
- 2.3 For transformers and reactors:
Publication 310: Rules for Traction Transformers and Reactors.
- 2.4 For all convertors:
Publication 77: Rules for Electric Traction Equipment.
Publication 165: Rules for the Testing of Electric Rolling Stock on Completion of Construction and Before Entry into Service.

3. Service conditions

3.1 Usual service conditions

3.1.1 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 1200 m.

3.1.2 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 $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.1.3 Supply voltage

Unless otherwise agreed, the equipment shall be capable of supplying at least the voltages and currents specified, for all voltage values on the line side of the convertor transformer between 100% and 110% of U_{LN} (see Sub-clause 5.2.3).

The convertor and its auxiliaries shall be capable of starting and continuing to operate indefinitely for voltage values on the line side down to 75% of U_{LN} . Further, they shall be able to continue to operate for a few minutes for voltage values on the line side down to 70% of U_{LN} .

3.1.4 Shocks, vibrations, tilting

In the absence of information concerning the degree of vibration, shocks and tilting 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 mm, is given as a function of f , by the equations:

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

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

— que les accélérations maximales des chocs sont :

horizontalement (dans le sens de déplacement du véhicule)	3 g
latéralement	2 g
verticalement	1 g

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

— que l'inclinaison, lorsqu'il s'agit de soupapes à vapeur de mercure, correspond à un dévers maximal de la voie de 160 mm (pour l'écartement normal de la voie).

3.1.5 *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.

3.2 *Conditions spéciales*

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

- altitude supérieure à 1200 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 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 CEI citées à l'article 2 sont valables pour les convertisseurs couverts par la présente recommandation.

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 soupape ou côté cellule: enroulements connectés aux bornes de la soupape ou du jeu de soupapes ou du bloc redresseur.

— that the maximum accelerations of shocks are:

horizontally (in the direction of motion of the vehicle)	3 g
transversely	2 g
vertically	1 g

g being the value of acceleration due to gravity.

— that tilting in the case of mercury-arc valves corresponds to a maximum track cant of 160 mm (for normal track gauge).

3.1.5 *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.

3.2 *Special conditions*

Special arrangements shall be agreed between user and manufacturer when conditions differ from those mentioned in Sub-clause 3.1, 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.

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 recommendation.

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 Valve or cell windings: the windings connected to the valve or valve set or diode assembly.

4.2 Conditions de fonctionnement du circuit, qui affectent les éléments des circuits des convertisseurs

4.2.1 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.

4.2.2 Facteur de forme du courant côté continu

Rapport de la valeur efficace du courant côté continu à sa valeur moyenne.

4.2.3 Tension inverse de crête

Valeur instantanée la plus élevée de la tension inverse appliquée à une diode de redressement à semiconducteurs excluant toutes les tensions transitoires répétitives et non répétitives.

4.2.4 Tension inverse de pointe répétitive

Valeur instantanée la plus élevée de la tension inverse appliquée à une diode de redressement à semiconducteurs incluant toutes les tensions transitoires répétitives mais excluant toutes les tensions transitoires non répétitives.

4.2.5 Tension inverse de pointe non répétitive

Valeur instantanée la plus élevée d'une tension quelconque inverse transitoire non répétitive appliquée à une diode de redressement à semiconducteurs.

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 une soupape, à un jeu de soupapes, 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 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 générales 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 la Publication 310 de la CEI: Règles applicables aux transformateurs de traction et aux inductances de traction (1^{re} édition), article 6, 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.

4.2 *Circuit operating conditions affecting convertor circuit elements*

4.2.1 *D.c. ripple factor*

The d.c. ripple factor, expressed in %, 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.

4.2.2 *D.c. form factor*

The ratio of the r.m.s. current on the d.c. side to its mean value.

4.2.3 *Crest working reverse voltage*

The highest instantaneous value of the reverse voltage which occurs across a semiconductor rectifier diode excluding all repetitive and non-repetitive transient voltages.

4.2.4 *Repetitive peak reverse voltage*

The highest instantaneous value of the reverse voltage which occurs across a semiconductor rectifier diode including all repetitive transient voltages, but excluding all non-repetitive transient voltages.

4.2.5 *Non-repetitive peak reverse voltage*

The highest instantaneous value of any non-repetitive transient reverse voltage which occurs across a semiconductor rectifier diode.

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 valve or a valve set, a diode 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 to 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 transformers for traction purposes*

5.2.1 The continuous ratings of the various transformer windings shall be determined by the manufacturer in accordance with the requirements of IEC Publication 310: Rules Applicable to Traction Transformers and Reactors (1st edition), Clause 6, 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 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 référer 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.

Note. — La Publication 349 de la CEI: Règles applicables aux machines électriques tournantes des véhicules ferroviaires et routiers, donne la liste des tensions nominales des réseaux de traction.

5.2.4 Tension nominale côté soupapes ou cellules U_{v0}

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

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

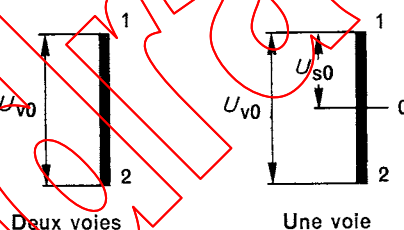


FIG. 1. — Schémas des enroulements côté soupapes ou cellules.

5.2.5 *Note.* — La définition des prises principales, donnée dans la Publication 310 de la CEI: Règles applicables aux transformateurs de traction et aux inductances de traction, 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 soupapes ou cellules I_{vN}

Valeur efficace du courant dans les bornes côté soupapes ou 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 soupapes ou 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 du calcul doit faire l'objet d'un accord entre utilisateur et constructeur.

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, Rules for Rotating Electrical Machines for Rail and Road Vehicles, gives the list of the nominal voltages of traction systems.

5.2.4 Rated voltage on valve side or cell side U_{v0}

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

If the valve or cell winding is provided with taps, the rated voltage shall refer to the principal tap.

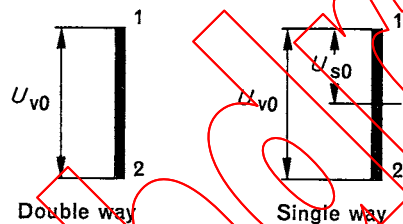


FIG. 1. — Diagrams of the valve or cell side windings.

5.2.5. *Note.* — The definition of principal taps given in IEC Publication 310, Rules for Traction Transformers and Reactors, is given 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 valve or cell side I_{vN}

The r.m.s. current in the terminals of the transformer on the valve or 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 valve or 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 *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 fournir 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 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 de surcharges temporaires, de conditions de défaut et, s'il y a lieu, du courant nominal de récupération (voir paragraphe 16.3.2). 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.

5.3.5 *Cycle de service spécifié*

Ce cycle est donné sous forme de diagramme indiquant la variation du courant 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.

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 tap (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 (see Sub-clause 16.3.2). 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 *Specified duty cycle*

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

5. **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 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 débitant sur une charge, tels que 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.

Note. — Le facteur de conversion est obtenu par mesure, au wattmètre, de la puissance, côté alternatif, et, au volt-mètre 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 v

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

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 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.

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 supplying loads such as 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.

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_{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 U_{v0} (see Sub-clause 5.2.4) by the formulae:

$$U_{di0} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \times U_{v0} = 0.45 U_{v0} \text{ for single way connection,}$$

$$U_{di0} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \times U_{v0} = 0.9 U_{v0} \text{ for double way connection.}$$

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.

9. Termes se rapportant au refroidissement

9.1 Termes relatifs au refroidissement

9.1.1 Refroidissement naturel à 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 thermo-siphon, 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 thermo-siphon, 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.

9. Terms used in connection with cooling

9.1 Cooling terms

9.1.1 Natural air cooling

Cooling by the natural convection of the ambient air.

9.1.2 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 different temperature from that of the ambient air.

9.1.3 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.

9.1.4 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.

9.1.5 Liquid-immersed forced cooling

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

9.2 Temperature definitions

9.2.1 Cooling air temperature for 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.

9.2.2 Cooling air temperature for stack 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.

9.2.3 Ambient temperature for an assembly

The temperature of the ambient air at a distance of about 1 m from the assembly at half of the height of the assembly and at a place protected both from heat radiation and forced ventilation.

9.2.4 Température du fluide de refroidissement

Température du fluide de refroidissement à l'entrée.

10. Caractéristiques du réseau à courant alternatif

10.1 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:

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

La forme d'onde d'une tension est considérée comme sinusoïdale dans la présente recommandation si la valeur maximale de la différence $(a-b)$, indiquée sur la figure 2, b étant la valeur instantanée de l'onde fondamentale, ne dépasse pas 10% de la valeur de crête c de l'onde fondamentale, c'est-à-dire une valeur:

$$|a-b| \leq 0,10 c$$

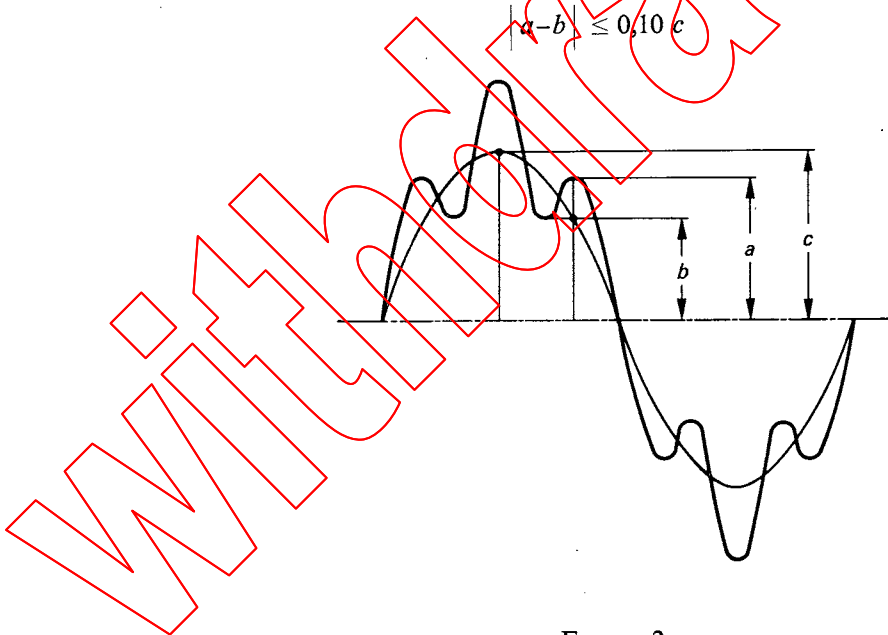


FIGURE 2

Note. — Si la tension du réseau à courant alternatif n'est pas rigoureusement sinusoïdale, même comprise dans les limites ci-dessus, la valeur mesurée de la tension continue peut être différente de la valeur calculée.

10.2 Variations de la tension alternative

Pour les diodes et éléments, aucune augmentation de la tension inverse au-dessus des valeurs nominales n'est admise. On doit en tenir compte lors du choix des diodes et éléments.

Note. — La restriction ci-dessus n'est pas applicable aux soupapes à vapeur de mercure.

9.2.4 Cooling fluid temperature

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

10. A.c. system characteristics

10.1 Waveform of alternating voltage

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

- 1) Sinusoidal a.c. line voltage when the rectifier or convertor is switched out.
- 2) Limited internal impedance of the a.c. line. In the 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 2 from the instantaneous value b of the fundamental wave does not exceed 10% of the crest value c of the fundamental wave.

That is:

$$|a-b| \leq 0.10 c$$

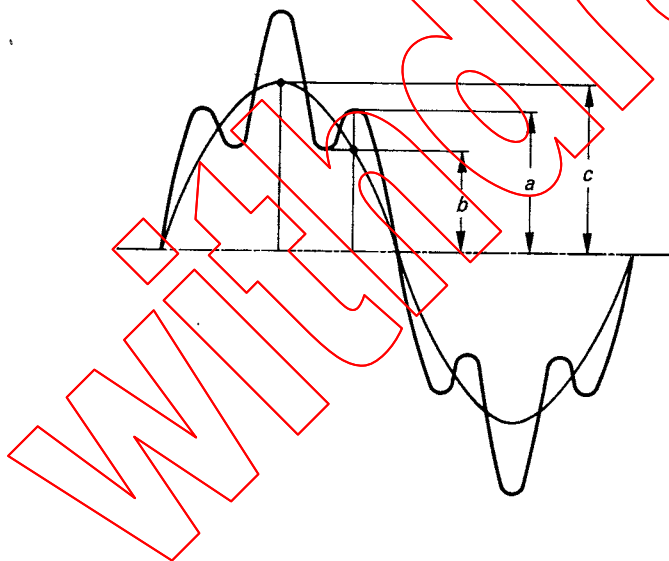


FIGURE 2

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

10.2 A.c. voltage variations

For diodes and stacks, no increase of reverse voltage above rated values is allowable. This factor shall be taken into consideration when selecting diodes and stacks.

Note. — The above restriction does not apply to mercury-arc valves.

10.3 *Impédance du réseau à courant alternatif*

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

SECTION TROIS — ESSAIS

Note. — Il est désirable de limiter l'exécution des essais coûteux à ceux qui sont nécessaires. La présente recommandation est conçue de telle façon que la plupart des essais peuvent normalement être effectués, dans les ateliers du constructeur, sur les constituants du convertisseur, en accord avec les sections cinq, sept, huit, neuf, onze et douze.

11. **Catégories d'essais**

11.1 *Généralités*

Il existe trois catégories d'essais:

- les essais de type
- les essais de série
- les essais d'investigation.

La discrimination entre ces trois catégories est faite au cours du texte.

11.2 *Essais de type*

Les essais de type doivent être effectués pour vérifier si un produit satisfait aux conditions spécifiées et convenues entre utilisateur et constructeur.

Les essais de type doivent être exécutés sur un seul appareil, d'un modèle et d'un procédé de fabrication donnés.

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

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

L'exécution des essais de type facultatifs n'est exigible que si elle est expressément spécifiée dans le contrat.

11.3 *Essais de série*

Les essais de série sont exécutés dans le but de vérifier que les propriétés d'un produit correspondent à celles mesurées lors de l'essai de type. Les essais de série doivent être exécutés par le constructeur, en principe sur chacun des divers organes ou équipements du même type.

10.3 *A.c. system impedance*

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

SECTION THREE — TESTS

Note. — It is advisable to confine the performance of costly tests to those which are necessary. These recommendations are so framed that most of the tests can normally be carried out in the manufacturer's works on the components of the convertor in accordance with Sections Five, Seven, Eight, Nine, Eleven and Twelve.

11. **Categories of tests**

11.1 *General*

There are three categories of tests:

- type tests
- routine tests
- investigation tests.

The difference between these three categories of tests is brought out in the text.

11.2 *Type tests*

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

Type tests shall be performed on a single unit of a given design and manufacturing procedure.

If a complete convertor or an individual component of it is identical with or similar to one previously tested, the manufacturer may supply a certificate of previous tests on it which shall at least cover the contract requirements. In such cases, unless otherwise agreed, it is not necessary to repeat these tests on the unit under consideration.

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 still meets the requirements specified.

Optional type tests are only to be carried out if they are particularly specified in the contract.

11.3 *Routine tests*

Routine tests are carried out to verify that the properties of a product correspond to those measured on the type test. Routine tests shall be performed by the manufacturer in principle on each one of several devices or equipments of the same type.