

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.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF content

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	Italie
Allemagne	Japon
Australie	Pays-Bas
Autriche	Pologne
Belgique	Royaume-Uni
Etats-Unis	Suède
d'Amérique	Suisse
France	Tchécoslovaquie
Hongrie	Turquie
Iran	Union des Républiques
Israël	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 Socialist Republics
Iran	United Kingdom
Israel	United States of America
Italy	
Japan	

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.

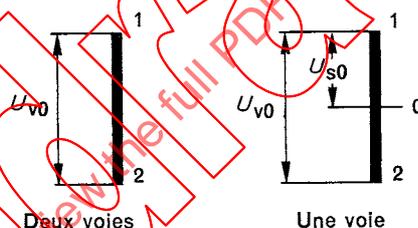


FIG. 1. — Schémas des enroulements côté soupapes ou cellules.

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.

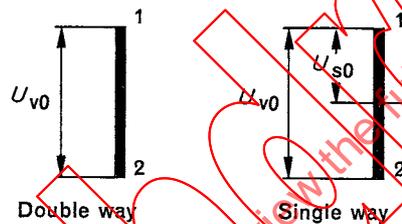


FIG. 1. — Diagrams of the valve or cell side windings.

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 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 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:

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

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

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 :

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

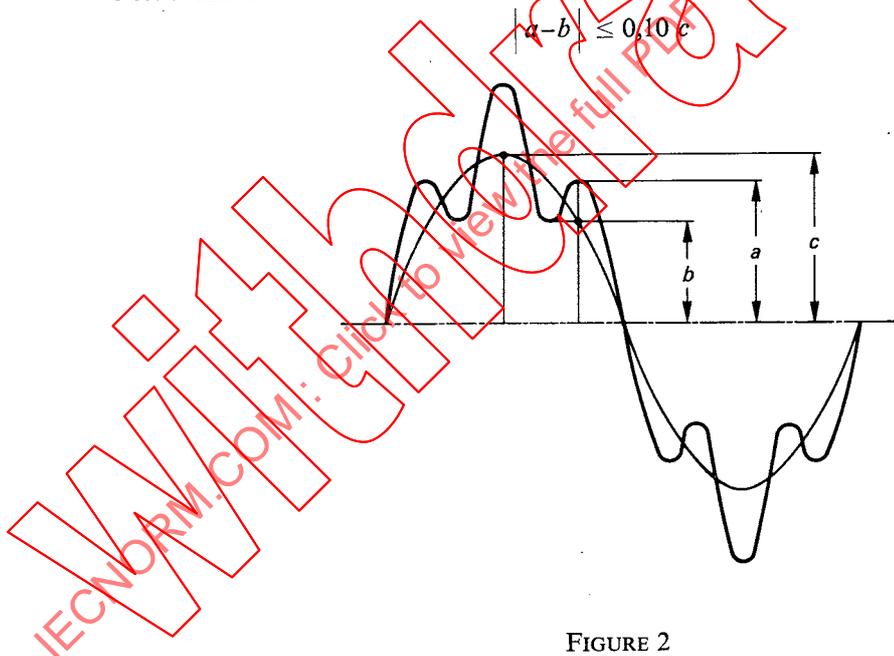


FIGURE 2

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:

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

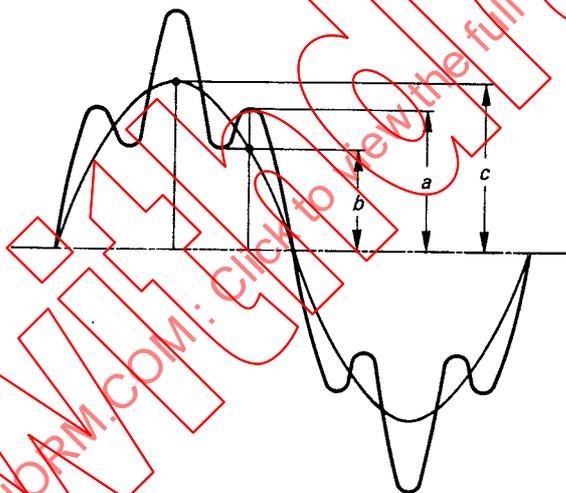


FIGURE 2

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.

Toutefois, les procès-verbaux des essais de fabrication pourront être reconnus valables par l'utilisateur et lui être présentés lors des essais de série. L'utilisateur pourra alors contrôler par échantillonnage les résultats des essais de fabrication sans qu'il soit nécessaire de les répéter sur tous les appareils.

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

11.4 *Essais d'investigation*

Les essais d'investigation, qui ont pour but de donner des renseignements complémentaires sur les modalités d'utilisation du convertisseur, peuvent être organisés à la demande spéciale de l'utilisateur ou du constructeur. L'exécution de ces essais n'est exigible que si elle est spécifiée dans le contrat.

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60471:1973

Without watermark

However, the certificates of the manufacturer's tests may be taken as valid by the user and presented to him during the routine tests. The user may then check by random sampling the results of the manufacturer's tests without having to repeat these tests on every unit.

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

11.4 *Investigation tests*

Investigation tests, the object of which is to obtain additional information on methods of using the convertor, may be arranged at the special request of the user or manufacturer. The performance of these tests is required only if they are specified in the contract.

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60477:1979

Withdrawn

CHAPITRE II: SOUPAPES À VAPEUR DE MERCURE ET LEURS ACCESSOIRES

SECTION QUATRE — PRESCRIPTIONS SPÉCIALES

12. Limites de température de la soupape

Aucune limite de température et d'échauffement pour aucune partie de la soupape n'est prévue dans la présente recommandation. Toutefois, la température maximale ou l'échauffement ne doit pas causer de dommages.

Si, cependant, le constructeur estime nécessaire de spécifier de telles limites, il doit indiquer leurs valeurs et les endroits où elles doivent être mesurées.

13. Courant en fonction du réglage de la tension continue

Les variations admissibles du courant en service continu et durant des périodes de courte durée, en fonction de la tension continue, que celle-ci soit réglée par changement de prise du transformateur ou par réglage de phase, devront faire l'objet d'un accord particulier avant la commande.

SECTION CINQ — ESSAIS DES SOUPAPES OU JEUX DE SOUPAPES

14. Liste des essais

Les essais à exécuter sur les soupapes sont indiqués dans le tableau I ci-après:

TABLEAU I
Essais des soupapes ou jeux de soupapes

Nature de l'essai	Numéro de l'article	
	Essais de type	Essais de série
Mesure des pertes (facultatif)	15	—
Essai en charge	16	—
Essai de tenue aux vibrations et aux chocs	17	—
Vérification du fonctionnement	—	18
Essai d'isolement	—	19

15. Mesure des pertes (essai de type facultatif)

La mesure des pertes de la soupape et des pertes dues aux appareils auxiliaires n'est pas exigée à moins qu'elle n'ait été spécifiée avant la commande.

Si elle est exigée, la mesure des pertes de la soupape et de celles des auxiliaires est effectuée conformément aux prescriptions de l'article 260 de la Publication 84 de la CEI: Recommandations pour les convertisseurs à vapeur de mercure. Toutefois, la méthode de mesure de la chute de tension dans l'arc sera définie d'un commun accord entre utilisateur et constructeur.

16. Essai en charge (essai de type)

16.1 Généralités

Cet essai a pour but de vérifier que la soupape ou le jeu de soupapes peut supporter les charges spécifiées.

L'essai en charge de la soupape (ou du jeu de soupapes) munie de ses accessoires est effectué avec un couplage analogue au couplage spécifié, à une tension au moins égale à la tension nominale, à la fréquence nominale ou à une fréquence comprise entre 80% et 120% de la fréquence

CHAPTER II: MERCURY-ARC VALVES AND THEIR AUXILIARIES

SECTION FOUR — SPECIAL RULES

12. Temperature limits for valves

No limits for temperature or temperature rise are specified in this recommendation for any part of the valve. However, the maximum temperature or the temperature rise shall not cause damage.

If, however, the manufacturer considers it necessary to specify such limits, he shall indicate their values and the places where they have to be measured.

13. Current in relation to adjustment of d.c. voltage

Admissible current variations in continuous service, and during short intervals of time, as functions of d.c. voltage, whether the latter is adjusted by tap changing or by phase control, shall form the subject of special agreement before the order.

SECTION FIVE — TESTS ON VALVES OR VALVE SETS

14. List of tests

Tests to be carried out on valves are shown in the following table:

TABLE I
Tests on valves or valve sets

Nature of test	Clause number	
	Type tests	Routine tests
Measurement of losses (optional)	15	—
Load test	16	—
Tests for withstanding vibrations and shocks	17	—
Operational check	—	18
Insulation test	—	19

15. Measurement of losses (optional type test)

The measurement of losses in the valve and losses due to the auxiliary equipment is not required unless it was specified before the order.

If it is required, the measurement of losses in the valve and in the auxiliaries is to be carried out in accordance with the requirements of Clause 260 of IEC Publication 84: Recommendations for Mercury-Arc Convertors. However, the method of measurement of arc voltage drop shall be the subject of agreement between user and manufacturer.

16. Load test (type test)

6.1 General

The object of this test is to check that the valve or valve set can carry the loads specified.

The load test on the valve or valve set equipped with its auxiliaries is to be carried out with connections similar to those specified at not less than rated voltage, at rated frequency, or at a frequency between 80% and 120% of rated frequency, and under conditions of temperature that

nominale et dans des conditions de températures identiques ou équivalentes à celles qui sont spécifiées pour le régime nominal. Au commencement de l'essai, toutes les parties de la soupape doivent être :

- à la température ambiante si la soupape n'est pas munie de dispositifs de chauffage,
- à une température comprise entre les limites normales de réglage du dispositif de chauffage si la soupape doit être utilisée avec un tel dispositif.

Au cours de l'essai, il ne doit se produire aucun retour d'arc ou autre défaillance analogue.

Si un retour d'arc ou un raté de blocage se produit, l'essai doit être recommencé sur la même soupape ou le même jeu de soupapes ainsi que sur deux autres soupapes ou jeux de soupapes.

Au cours de ces nouveaux essais :

- si aucun retour d'arc ou raté de blocage ne se produit, l'essai de type doit être considéré comme satisfaisant ;
- si un retour d'arc ou un raté de blocage se produit sur les deux nouveaux jeux ou seulement sur l'un d'eux, l'essai de type doit être considéré comme ayant échoué ;
- si un retour d'arc ou un raté de blocage se produit sur le premier jeu de soupapes mais non sur l'un ou l'autre des nouveaux jeux, le constructeur devra satisfaire aux desiderata raisonnables de l'utilisateur en ce qui concerne les essais supplémentaires à exécuter soit sur l'ensemble, soit sur une certaine proportion des soupapes faisant l'objet du contrat, cela en vue de déterminer les bases d'acceptation ou de rejet des différentes soupapes.

16.2 *Cas des soupapes fonctionnant sans réglage de phase*

L'essai en charge d'une soupape ou d'un jeu de soupapes doit être exécuté en faisant fonctionner successivement et sans interruption la soupape ou le jeu de soupapes aux régimes suivants :

- 1) Première série de surcharges dans des conditions définies, compte tenu du programme d'utilisation du véhicule ;
- 2) Repos pendant une durée de 2 min (auxiliaires restant en service) ;
- 3) Seconde série de surcharges (identique à celle de l'essai 1) ;
- 4) Fonctionnement pendant 1 h au courant unihoraire spécifié ;
- 5) Fonctionnement pendant 5 min à un courant égal au tiers du régime continu ;
- 6) Troisième série de surcharges (identique aux précédentes) ;
- 7) Fonctionnement pendant 5 min à un courant égal au tiers du régime continu ;
- 8) Fonctionnement pendant 1 h au courant du régime continu spécifié.

16.3 *Cas des soupapes fonctionnant avec réglage de phase*

Si le réglage de phase est seulement prévu pour réduire la tension côté continu à une valeur normale inférieure à 80% de la valeur obtenue sans réglage, les essais en charge de la soupape ou du jeu de soupapes doivent être limités à ceux décrits au paragraphe 16.2.

are the same or equivalent to those specified for the rating. At the start of the test, all parts of the valve shall be:

- at the ambient temperature if the valve is not provided with heating means,
- at a temperature lying between normal limits of adjustment of the heating device if such a device is to be employed with the valve.

No arc-back or other similar failure shall occur during the test.

If an arc-back or arc-through occurs, the test shall be recommenced on the same valve or valve sets and also on two other valves or valve sets.

In the course of these fresh tests:

- if no arc-back or arc-through occurs, the type test shall be considered as satisfactory;
- if an arc-back or arc-through occurs on the two new sets, or only on one of them, the type test shall be considered to have failed;
- if an arc-back or arc-through occurs on the first valve group but not on either one or the other of the new group, the manufacturer shall meet any reasonable requirements of the user regarding additional tests to be carried out either on all or on a certain proportion of valves covered by the contract, with the object of determining the basis for the acceptance or rejection of the various valves.

16.2 *Valves operating without phase control*

The load test on a valve or valve set shall be performed by operating the valve or valve set on the following load cycle successively and without interruption:

- 1) First series of overloads under specified conditions in accordance with the duty cycle for the vehicle;
- 2) Two min at no-load (with auxiliaries in service);
- 3) Second series of overloads (identical with those in test 1);
- 4) Operation for 1 h at the specified hourly rated current;
- 5) Operation for 5 min at one-third of the continuously rated current;
- 6) Third series of overloads (identical with the foregoing);
- 7) Operation for 5 min at one-third of the continuously rated current;
- 8) Operation for 1 h at the specified continuously rated current.

16.3 *Valves provided with phase control*

If the phase control is provided only to reduce the voltage on the d.c. side to a value not less than 80% of the value obtained without control, the load tests on the valve or valve set shall be limited to those described in Sub-clause 16.2.

Si, au contraire, le réglage de phase est prévu soit pour obtenir des réglages plus étendus de la tension, soit pour permettre le fonctionnement en onduleur, les essais à exécuter doivent être ceux décrits aux paragraphes 16.3.1 et 16.3.2 ci-après.

A cet effet, on doit préparer un circuit comprenant, outre la soupape (ou le jeu de soupapes) et ses accessoires: une machine à courant continu représentant le moteur de traction, une résistance sensiblement égale et une réactance au moins égale à celles du circuit côté courant continu du véhicule. Le circuit ainsi préparé doit être alimenté par un transformateur approprié, dont la réactance, choisie par le constructeur, ne doit pas excéder la réactance minimale que peut présenter en service le circuit alternatif d'alimentation du véhicule.

Pendant toute la durée de l'essai, le bon fonctionnement du système de réglage de phase doit être vérifié.

16.3.1 *Cas de la marche en redresseur avec réglage étendu de la tension*

Un essai doit être effectué selon le cycle décrit au paragraphe 16.2. La tension secondaire du transformateur est réglée pour obtenir la tension maximale telle qu'elle apparaît pour la tension maximale en ligne, l'angle de retard de la ou des soupapes étant le double de l'angle de retard maximal utilisable en service, sans toutefois excéder la valeur conduisant à une tension nulle. Les courants doivent être ajustés aux valeurs correspondant au cycle spécifié pour le véhicule.

16.3.2 *Cas de la marche en onduleur*

a) L'angle d'avance β doit être fixé à la valeur minimale prévue pour la marche en récupération. La tension du transformateur doit être réglée à sa valeur maximale, correspondant au cran le plus élevé utilisé en récupération lorsque le courant est égal au courant spécifié pour la récupération. La tension de la machine à courant continu doit être ajustée de façon à réaliser les régimes successifs ci-après:

1) Fonctionnement au courant du régime spécifié de récupération jusqu'à stabilisation des températures; la durée minimale de fonctionnement ne doit pas, toutefois, être inférieure à 1 h.

Puis, si une surcharge est spécifiée pour la marche en récupération:

2) Fonctionnement au régime de surcharge avec le courant et le temps spécifiés.

3) Fonctionnement à un courant égal à la moitié du régime spécifié de récupération pendant le temps nécessaire pour ramener la température des organes principaux de la soupape aux valeurs atteintes à la fin de l'essai 1) ci-dessus.

4) Seconde surcharge (identique à celle de l'essai 2)).

5) Fonctionnement à mi-charge (identique à celui de l'essai 3)).

6) Troisième surcharge (comme précédemment).

b) Immédiatement après l'essai a) précédent, la f.é.m. de la machine à courant continu doit être ramenée à une valeur nulle et la tension du transformateur doit être amenée à la tension maximale spécifiée pour la récupération. L'angle d'avance voisin de 90° doit d'abord être ajusté pour obtenir le courant spécifié de récupération. Ce courant sera maintenu jusqu'à stabilisation des températures, et, en tout cas, pendant au moins 1 h.

If, however, phase control is provided either to obtain wider adjustment of voltage or to permit operation as an inverter, the tests to be carried out shall be those described in Sub-clauses 16.3.1 and 16.3.2. below.

For this purpose a circuit shall be prepared comprising in addition to the valve (or valve set) and its auxiliaries a d.c. machine representing the traction motor, a resistance as near as possible to, and a reactance at least equal to, that of the d.c. circuit of the vehicle.

The circuit so formed shall be fed from a transformer, the reactance of which, selected by the manufacturer, shall not exceed the minimum value of reactance attainable in service by the a.c. supply circuit of the vehicle.

During the whole test period, the proper operation of the phase control system shall be checked.

16.3.1 *Operation as rectifier with wide range of voltage*

A test shall be carried out in accordance with the cycle described in 16.2, the valve winding voltage of the transformer being adjusted so as to obtain the maximum voltage which appears at maximum line volts and the delay angle of the valve or valves being double the maximum usable in service without however exceeding the value which produces zero voltage. The currents shall be adjusted to the values corresponding to the specified duty cycle of the vehicle.

16.3.2 *Operation as inverter*

a) The angle of advance β shall be fixed at the minimum stipulated for regenerative running. The transformer voltage shall be adjusted to its maximum value corresponding to the highest notch used in regeneration when the current is equal to the specified regenerated current. The voltage of the d.c. machine shall be adjusted so as to produce the following successive operating cycles:

1) Operation at specified rated regenerative current until steady temperature conditions are obtained, or for a period of 1 h, whichever period is the greater.

Then, if an overload is specified for regenerative working:

2) Operation under overload conditions with the current and time specified.

3) Operation at half the specified regenerative current for sufficient time to bring the temperature of the main parts of the valve to the values attained at the end of test 1) above.

4) Second overload (identical with that in test 2)).

5) Operation at half-load (identical with that in test 3)).

6) Third overload (as previously).

b) Immediately after test a), the e.m.f. of the d.c. machine shall be reduced to zero and the voltage at the transformer shall be adjusted to the maximum specified regenerated voltage. The angle of advance of approximately 90° shall then be adjusted to obtain the specified regenerated current. This current shall be maintained until steady temperatures are reached and in any case for at least 1 h.

Si, pour la marche en récupération, une surcharge est spécifiée, l'essai doit être poursuivi avec les mêmes courants et les mêmes temps que ceux prescrits pour l'essai *a*) ci-dessus, le réglage de l'intensité étant cette fois obtenu en agissant sur l'angle d'avance.

Note. — Pour l'essai *b*), la machine à courant continu peut être remplacée par une inductance de valeur appropriée

17. Essais de tenue aux vibrations et aux chocs (essais de type)

La soupape (ou le jeu de soupapes) munie de ses auxiliaires et de ses accessoires de montage (y compris ses dispositifs amortisseurs, si la soupape est prévue pour être montée sur de tels dispositifs) doit être soumise aux essais des paragraphes 17.1 à 17.3 ci-après.

Pour les essais des paragraphes 17.1 et 17.2, la soupape, fixée dans la position convenable sur une machine provoquant des vibrations sinusoïdales d'amplitude et de fréquence réglables, doit être en fonctionnement et fournir approximativement la tension nominale et le courant nominal.

Pour l'essai du paragraphe 17.3, la soupape ne doit pas être alimentée.

17.1 Recherche des fréquences de résonance

En vue de rechercher l'existence éventuelle de fréquences critiques provoquant des résonances, on doit faire varier progressivement la fréquence dans toute la gamme indiquée au paragraphe 3.1.4, et cela dans un temps au moins égal à 4 min, l'amplitude des oscillations étant celle indiquée en fonction de la fréquence.

S'il se produit des résonances, la fréquence correspondante doit être maintenue pendant quelques minutes dans chaque cas.

17.2 Essais de vibrations soutenues

La soupape est ensuite soumise pendant un temps à fixer par accord entre utilisateur et constructeur, mais non inférieur à 15 min, à un essai de vibrations soutenues :

- soit à la fréquence critique, si une telle fréquence bien caractérisée a été détectée au cours de l'essai du paragraphe 17.1 ;
- soit à la fréquence de 10 Hz, dans le cas contraire.

Dans les deux cas, l'amplitude de la table vibrante est réglée à la valeur correspondant à la fréquence considérée (voir paragraphe 3.1.4).

Après accord entre utilisateur et constructeur, la soupape à pleine charge peut être soumise, à titre d'investigation, à un essai de vibrations soutenues pendant une durée plus longue (25 h à 50 h).

17.3 Essais simulant l'effet des coups de tampon

Dans la direction correspondant au déplacement longitudinal du véhicule sur lequel elle sera montée, la soupape doit être soumise à une série de 3 chocs successifs correspondant chacun à une accélération maximale de 3 g.

If an overload is specified for regenerative operation, the test shall be continued with the same currents and the same times as those specified for test *a*) above, current control in this case being obtained by varying the angle of advance.

Note — For test *b*), the d.c. machine may be replaced by an inductance of suitable value.

17. Tests for withstanding vibrations and shocks (type tests)

The valve (or valve set) together with its mounting arrangements and auxiliaries (including its shock-absorbing devices, if the valve is designed for mounting on such devices) shall be subjected to the tests in Sub-clauses 17.1 to 17.3 below.

For the tests in Sub-clauses 17.1 and 17.2, the valve shall be secured in a suitable position to a machine producing vibrations of sinusoidal form with adjustable amplitude and frequency, and shall be operating at approximately its rated current and voltage.

For the test in Sub-clause 17.3, the valve shall be inoperative.

17.1 *Determination of resonant frequencies*

In order to determine the possible existence of critical frequencies producing resonance, the frequency shall be varied progressively over the whole range mentioned in Sub-clause 3.1.4 within a time of not less than 4 min, the amplitude of the oscillations being that indicated as a function of the frequency.

If resonance is produced, the corresponding frequency shall be maintained for a few minutes in each case.

17.2 *Tests with sustained vibrations*

The valve is next submitted to a test with sustained vibrations for a time, not less than 15 min, to be agreed between user and manufacturer.

- either at the critical frequency, if any such well-defined frequency has been detected in the course of test of Sub-clause 17.1,
- otherwise at a frequency of 10 Hz.

In both cases, the amplitude of the vibrating table is adjusted to the value corresponding to the frequency concerned (see Sub-clause 3.1.4).

Subject to agreement between user and manufacturer, as an investigation test, the valve on full load may be subjected to sustained vibrations for a longer period (25 h to 50 h).

17.3 *Tests to simulate the effect of shunting shocks*

In the direction corresponding to the longitudinal movement of the vehicle on which it is to be mounted, the valve shall be submitted to a series of three successive shocks, each corresponding to a maximum acceleration of 3 *g*.

17.4 *Résultats des essais*

Les essais sont considérés comme satisfaisants s'ils ne donnent lieu à aucune détérioration, ni à aucun fonctionnement anormal. La soupape ainsi essayée doit pouvoir subir avec succès les essais électriques et, en particulier, les épreuves d'isolement prévues.

18. **Vérification du fonctionnement (essai de série)**

Que la soupape soit avec ou sans réglage de phase, on doit vérifier que l'excitation s'établit immédiatement après fermeture du circuit d'allumage et que le courant d'excitation a une valeur normale.

19. **Essai d'isolement (essai de série)**

19.1 *Exécution des essais d'isolement*

Les essais d'isolement ont pour but de contrôler les rigidités diélectriques des isolations externes de la soupape et les rigidités diélectriques des appareils auxiliaires. Les essais doivent être exécutés à la température ambiante dans une des deux conditions ci-après, au choix du constructeur :

- la soupape étant remplie d'air à la pression atmosphérique, ou
- la soupape étant dans ses conditions normales de vide en service.

Si des circuits flottants auxiliaires sont utilisés, chacun de ces circuits doit être considéré comme étant connecté conductivement à un élément particulier du circuit principal ou à la terre, et il doit être connecté ainsi pendant l'essai d'isolement.

Les électrodes auxiliaires ainsi que la cathode, si elle est isolée de la cuve, doivent être connectées conductivement à la cuve pendant tous les essais d'isolement sauf pendant les essais d'isolement effectifs entre ces éléments.

La tension d'essai peut être d'une fréquence quelconque entre 15 Hz et 100 Hz et la forme de sa courbe doit être pratiquement sinusoïdale.

L'essai doit être commencé à une tension ne dépassant pas la moitié de la pleine tension d'essai. Cette tension doit être ensuite élevée jusqu'à la pleine tension d'essai d'une manière progressive ou par degrés ne dépassant pas 5% de la pleine valeur, le temps permis pour l'augmentation de la tension de la moitié à la pleine valeur n'étant pas inférieur à 10 s. La pleine tension d'essai doit alors être maintenue pendant 1 min.

Le constructeur pourra présenter un procès-verbal certifiant que les essais d'isolement ont été exécutés.

19.2 *Valeur efficace des tensions d'essai à appliquer*

17.4 *Results of tests*

The tests are considered to be satisfactory if there is no resulting damage or abnormality in operation. The valve under test shall be able to withstand successfully the electrical tests and, in particular, the insulation test.

18. **Check on correct operation (routine test)**

Whether the valve is provided with phase control or not, a check shall be made that the excitation is established immediately on closing the ignition circuit and that the excitation current is of normal value.

19. **Insulation test (routine test)**

19.1 *Performance of insulation tests*

The purpose of the insulation tests is to check the dielectric strength of the external insulation of the valve and the dielectric strength of the auxiliaries. The tests shall be carried out at ambient temperature under either of the following conditions, the choice being left to the manufacturer:

- with the valve filled with air at atmospheric pressure, or
- with the valve under normal service conditions of vacuum.

If floating auxiliary circuits are used, each such circuit shall be regarded as being conductively connected to some particular power circuit element or earth and shall be so connected during the insulation test.

Auxiliary electrodes as well as the cathode, where it is insulated from the tank, shall be conductively connected to the tank for all insulation tests except during the actual insulation tests between these elements.

The test voltage may be of any frequency between 15 Hz and 100 Hz and shall be as near as possible to a sine waveform.

The tests shall be commenced at a voltage of not more than one-half of the full test voltage. The voltage shall then be increased to the full test voltage steadily or in steps of not more than 5% of the full value, the time allowed for increasing the voltage from one-half to full value being not less than 10 s. The full test voltage shall then be maintained for 1 min.

If he so wishes, the manufacturer may produce a test record certifying that the insulation tests have been carried out.

19.2 *R.M.S. test voltages to be applied*

19.2.1 *Tensions d'essai par rapport à la cuve de la soupape* (seulement pour les soupapes à enveloppe d'acier):

Anodes principales	$3 U_{s0} + 5\,000\text{ V}$
Anodes d'excitation, dispositif d'allumage, grilles de commande et autres électrodes auxiliaires	1 500 V
Parties isolées de tous les auxiliaires qui sont en service au potentiel de la cuve	1 500 V
Parties isolées de tous les auxiliaires qui sont en service normal au potentiel de la cathode	1 500 V

Cathode isolée de la cuve:

— la soupape étant remplie d'air à la pression atmosphérique	3 000 V
— la soupape étant dans ses conditions normales de vide en service	500 V

19.2.2 *Tension d'essai par rapport à la cathode*

Parties isolées de tous les auxiliaires qui sont en service normal au potentiel de la cathode	1 500 V
---	---------

19.2.3 *Tensions d'essai par rapport à la terre*

Auxiliaires qui sont connectés aux anodes principales	$3 U_{s0} + 5\,000\text{ V}$
Cuve (seulement pour les soupapes à enveloppe d'acier)	$2 U_{d10} + 1\,000\text{ V}$
Auxiliaires qui sont en service normal au potentiel de la cuve y compris leur transformateur d'isolement	$2 U_{d10} + 1\,000\text{ V}$
Cathode	$2 U_{d10} + 1\,000\text{ V}$
Auxiliaires qui sont en service normal au potentiel de la cathode y compris leur transformateur d'isolement	$2 U_{d10} + 1\,000\text{ V}$
Parties isolées de tous les auxiliaires qui sont en service normal au potentiel de la terre	1 500 V

Note. — Dans les formules ci-dessus, U_{s0} et U_{d10} sont les tensions définies aux paragraphes 5.2.4 et 8.1.

19.2.1. *Test voltages to the tank of the valve (steel-tank valves only):*

Main anodes	$3 U_{s0} + 5\,000\text{ V}$
Excitation anodes, ignition device, control grids and other auxiliary electrodes	1 500 V
Insulated parts of all auxiliaries which in normal operation are at tank potential	1 500 V
Insulated parts of all auxiliaries which in normal operation are at cathode potential	1 500 V

Cathode insulated from the tank:

— with the valve filled with air at atmospheric pressure.	3 000 V
— with the valve under normal service conditions of vacuum	500 V

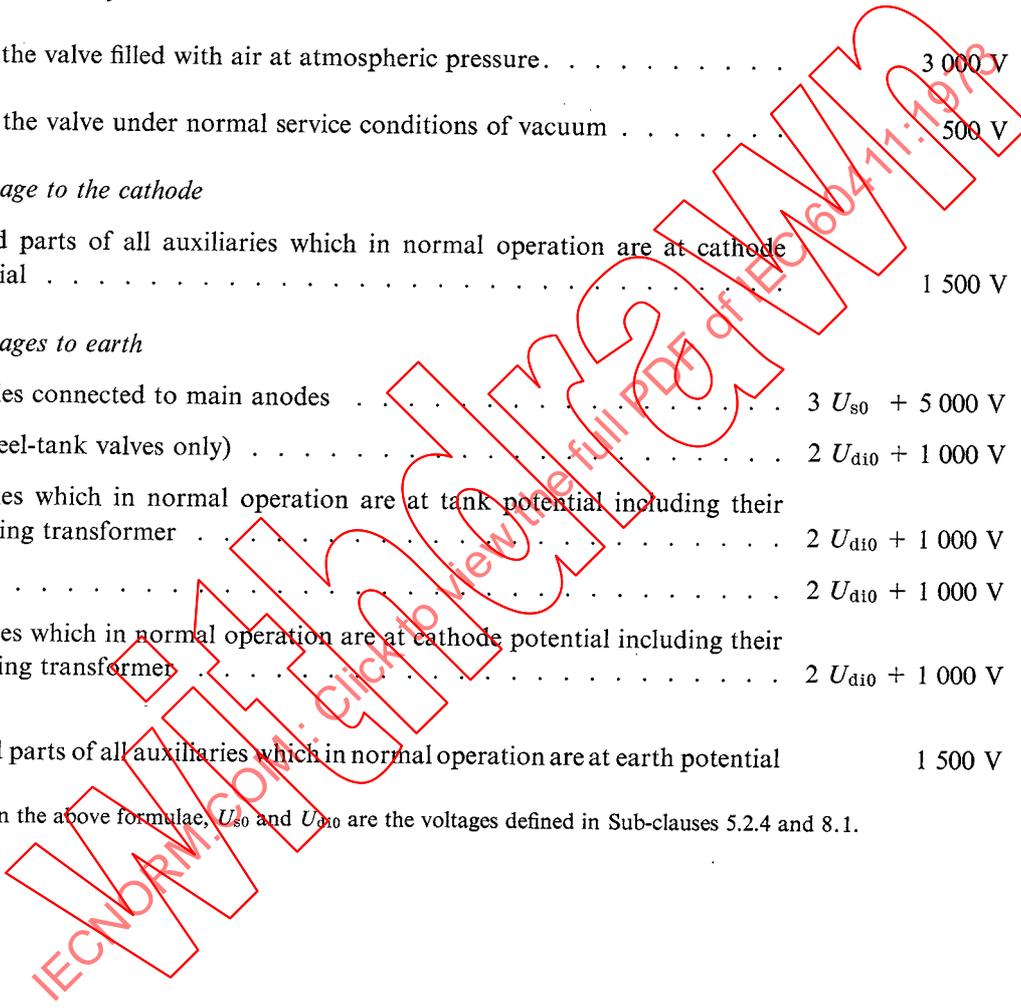
19.2.2 *Test voltage to the cathode*

Insulated parts of all auxiliaries which in normal operation are at cathode potential	1 500 V
---	---------

19.2.3 *Test voltages to earth*

Auxiliaries connected to main anodes	$3 U_{s0} + 5\,000\text{ V}$
Tank (steel-tank valves only)	$2 U_{d10} + 1\,000\text{ V}$
Auxiliaries which in normal operation are at tank potential including their insulating transformer	$2 U_{d10} + 1\,000\text{ V}$
Cathode	$2 U_{d10} + 1\,000\text{ V}$
Auxiliaries which in normal operation are at cathode potential including their insulating transformer	$2 U_{d10} + 1\,000\text{ V}$
Insulated parts of all auxiliaries which in normal operation are at earth potential	1 500 V

Note. — In the above formulae, U_{s0} and U_{d10} are the voltages defined in Sub-clauses 5.2.4 and 8.1.



CHAPITRE III: DIODES ET ÉLÉMENTS À SEMICONDUCTEURS

20. Généralités

Le présent chapitre se rapporte aux diodes et éléments fournis séparément à des fins devant être déterminées par le client ou pour être utilisés dans un convertisseur spécifié.

Ce chapitre se rapporte également aux diodes et éléments qui sont des éléments constitutifs d'un convertisseur fourni en conformité avec la présente recommandation.

Note. — Les blocs redresseurs et les convertisseurs complets font l'objet du chapitre V.

SECTION SIX — PRESCRIPTIONS SPÉCIALES

21. Caractéristiques et valeurs nominales

Les caractéristiques nominales des diodes et éléments redresseurs utilisés dans les convertisseurs de puissance doivent, pour ce qui a trait à leur capacité de charge, être fixées par le constructeur dans les conditions définies aux paragraphes 21.1 à 21.5.

Les contraintes correspondant aux diverses conditions nominales seront appliquées simultanément dans la mesure où elles sont compatibles entre elles.

21.1 *Mode de refroidissement spécifié*

Deux classes de diodes de redressement ou d'éléments peuvent satisfaire à la présente recommandation :

21.1.1 *Diodes ou éléments munis d'organes de refroidissement*

Diodes ou éléments fournis avec leurs propres dispositifs de dissipation de chaleur, tels que diodes comportant des ailettes incorporées ou des éléments munis d'ailettes :

Pour cette classe, la nature et l'état du fluide de refroidissement doivent être spécifiés par le constructeur (par exemple, refroidissement naturel de l'air, refroidissement par ventilation forcée, convection naturelle de l'huile, etc.).

21.1.2 *Diodes ou éléments sans organe de refroidissement*

Diodes, devant être fixées ou vissées, fournies pour être utilisées avec les dispositifs de dissipation de chaleur propres à l'acheteur (par exemple, dispositif refroidi par ailettes ou par fluide et auquel la diode est fixée).

Pour cette classe, l'utilisateur doit s'assurer que la température limite de fonctionnement spécifiée pour la diode n'est pas dépassée.

21.2 *Conditions spécifiées de refroidissement*

Pour les diodes et éléments mentionnés au paragraphe 21.1.1, il y a lieu de spécifier les conditions de refroidissement, à savoir :

CHAPTER III: SEMICONDUCTOR DIODES AND DIODE STACKS

20. General

This chapter refers to diodes and stacks supplied separately for use to be determined by the purchaser or for use in specified convertor equipment.

This chapter also refers to diodes and diode stacks which are components of a convertor supplied in accordance with this recommendation.

Note. — Diode assemblies and convertor equipments are covered by Chapter V.

SECTION SIX — SPECIAL RULES

21. Rated values and characteristics

Those rating characteristics of rectifier diodes and diode stacks for use in power convertors which relate to loading capacity must be fixed by the manufacturer in accordance with Sub-clauses 21.1 to 21.5.

Simultaneous application of all rated values is inferred wherever these are consistent with each other.

21.1 Specified cooling method

Two classes of diodes or diode stacks may be applied to this recommendation:

21.1.1 Diodes or diode stacks with cooling body

Diodes or diode stacks supplied with their own heat dissipating arrangements such as diodes with integral fins or finned stacks.

For this class, the type and condition of the cooling medium is to be specified by the manufacturer (e.g. natural air cooling, forced air cooling, natural oil convection, etc.).

21.1.2 Diodes without cooling body

Diodes, such as stud or base mounted, supplied for use with the purchaser's heat dissipating arrangements (e.g. a fin, or a fluid-cooled chamber to which the diode is attached).

For this class, the user must ensure that the specified limiting temperature value of the diodes is not exceeded.

21.2 Specified cooling conditions

For diodes and diode stacks as defined in Sub-clause 21.1.1, the following conditions are to be specified:

- 21.2.1 Température ambiante et altitude, dans le cas de refroidissement naturel.
- 21.2.2 Température de l'air de refroidissement, vitesse ou débit et altitude dans le cas de refroidissement par ventilation forcée.
- 21.2.3 Nature du fluide de refroidissement ou de transfert de chaleur, sa température et sa vitesse ou son débit, dans le cas du refroidissement par liquide.

21.3 *Températures limites*

Pour les diodes définies aux paragraphes 21.1.1 et 21.1.2, on doit spécifier les températures limites ci-après :

21.3.1 *Température maximale au point de référence*

Température maximale au point de mesure spécifié de la diode, dans les conditions de régime établi spécifiées.

21.3.2 *Température virtuelle maximale de la jonction*

21.3.3 *Température limites de stockage*

21.4 *Caractéristiques thermiques*

21.4.1 *Diodes ou éléments munis d'organes de refroidissement*

Pour les diodes ou éléments définis au paragraphe 21.1.1, on doit spécifier les caractéristiques thermiques suivantes :

Résistance thermique maximale entre la jonction de la diode et le fluide de refroidissement (dans le cas des éléments, la valeur maximale de toutes les diodes doit être spécifiée).

Impédance thermique transitoire maximale entre la jonction et le fluide de refroidissement.

Note. — L'impédance thermique transitoire est donnée de préférence par une courbe, comme représenté à la figure 3, page 46.

21.4.2 *Diodes ou éléments sans organe de refroidissement*

Pour les diodes ou éléments définis au paragraphe 21.1.2, on doit spécifier les conditions thermiques suivantes :

Résistance thermique maximale entre la jonction et un point spécifié de la surface de la diode, voisin de la partie filetée ou de l'embase.

Résistance thermique maximale entre le même point spécifié et la surface de l'organe de refroidissement sur lequel la diode est montée de façon spécifiée.

Impédance thermique transitoire maximale entre la jonction et le même point spécifié.

Note. — L'impédance thermique transitoire est donnée de préférence par une courbe, comme représenté à la figure 3.

- 21.2.1 The cooling air temperature and altitude for natural cooling.
- 21.2.2 The cooling air temperature, velocity or quantity per second and altitude for forced air cooling.
- 21.2.3 The cooling or heat transfer medium, the temperature of the cooling medium and the velocity or quantity per second for liquid cooling.

21.3 *Limiting temperature values*

For diodes as defined in Sub-clauses 21.1.1 and 21.1.2, the following temperature values are to be specified:

21.3.1 *Maximum reference point temperature*

The maximum permissible temperature at a specified measuring point on the diode at specified steady state load conditions.

21.3.2 *Maximum virtual junction temperature*

21.3.3 *Limits of storage temperature*

21.4 *Thermal characteristics*

21.4.1 *For diodes or diode stacks with cooling body*

For diodes and diode stacks as defined in Sub-clause 21.1.1, the following thermal characteristics shall be specified:

Maximum thermal resistance between the junction of the diode and the cooling medium (in the case of stacks, the maximum value of all included diodes shall be specified).

Maximum transient thermal impedance between the junction and the cooling medium.

Note. — Transient thermal impedance is preferably given in the form of a diagram, as shown in Figure 3, page 47.

21.4.2 *For diodes without cooling body*

For diodes as defined in Sub-clause 21.1.2, the following thermal characteristics are to be specified:

Maximum thermal resistance between the junction and a specified point on the diode surface near to the stud or base.

Maximum thermal resistance between the same specified point and the surface of a cooling body to which the diode is attached in a specified way.

Maximum transient thermal impedance between the junction and the same specified point.

Note. — Transient thermal impedance is preferably given in the form of a diagram, as shown in Figure 3.

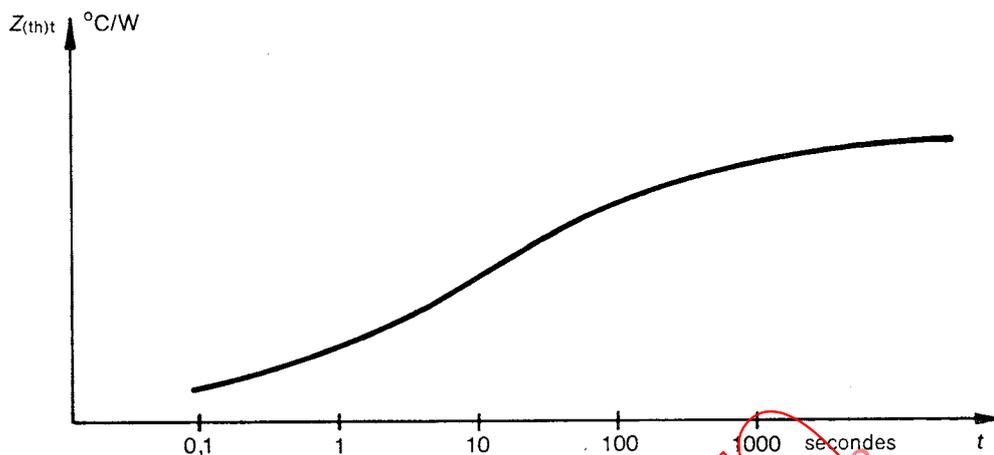


FIGURE 3

21.5 *Caractéristiques électriques limites*

Sauf spécification contraire, les caractéristiques limites énumérées dans ce paragraphe s'entendent pour la température virtuelle maximale de jonction. D'autres précisions, telles que durée admissible, fréquence de répétition, fréquence maximale ou minimale, etc., applicables aux caractéristiques normales devront être données.

21.5.1 *Tension inverse maximale admissible de pointe répétitive*

21.5.2 *Tension inverse maximale admissible de pointe non répétitive*

21.5.3 *Courant direct moyen maximal*

La valeur doit être imposée pour les conditions nominales de refroidissement (paragraphe 21.2) dans le cas des diodes fournies avec refroidisseurs ou pour des valeurs limites spécifiées de température (paragraphe 21.3). C'est le courant direct moyen qu'une diode peut conduire continuellement en montage monophasé, à 180° de conduction et sur charge résistive.

Sur demande de l'utilisateur, le constructeur doit indiquer les facteurs de correction applicables aux charges prévues.

21.5.4 *Courant direct de surcharge prévisible*

Dans le cas où des renseignements sont donnés sur le courant direct de surcharge prévisible, il y a lieu aussi d'indiquer la température virtuelle maximale de jonction et l'impédance thermique transitoire maximale. En outre, les valeurs nominales du courant de surcharge peuvent être données par des courbes.

21.5.5 *Courant direct maximal de surcharge accidentelle*

La valeur du courant direct de surcharge accidentelle doit être donnée pour deux plages de temps et sous la forme suivante :

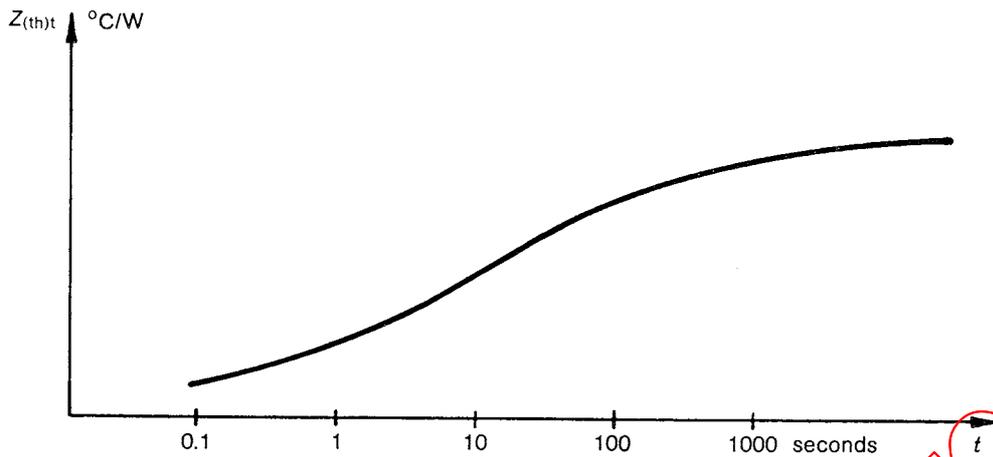


FIGURE 3

21.5 *Limiting electrical values*

All limiting values listed in this Sub-clause shall be referred to the rated maximum virtual junction temperature if not otherwise specifically mentioned. The maximum and/or minimum frequency as well as all other qualifications, e.g. permissible duration, repetition frequency, etc., applicable to given values shall be stated.

21.5.1 *Maximum permissible repetitive peak reverse voltage*

21.5.2 *Maximum permissible non-repetitive peak reverse voltage*

21.5.3 *Maximum mean forward current*

The value shall be assigned for specified cooling conditions (Sub-clause 21.2) in the case of diodes supplied with cooling bodies or for specified limiting temperature values (Sub-clause 21.3). It is the mean forward current which a rectifier diode is capable of carrying continuously in a single-phase connection with 180° conduction angle and resistive load.

At the user's request, the manufacturer shall state the correction factors applying to the loads required.

21.5.4 *Overload forward current*

If information regarding permissible overload current is given, the rated maximum virtual junction temperature and the maximum transient thermal impedance must also be stated. In addition, rated values on overload current may be given by means of diagrams.

21.5.5 *Maximum surge forward current*

Rated values for surge forward current shall be given for two time regions:

- a) Pour des temps inférieurs à une demi-onde (à 50 Hz ou 60 Hz) jusqu'à environ 1 ms, les valeurs doivent être données en fonction de $\int i^2 dt$ nominale maximale. Elles peuvent être données par une courbe ou par des valeurs singulières. On n'admet aucune application immédiate de tension inverse.
- b) Valeurs maximales du courant de surcharge accidentelle en fonction du temps jusqu'à 10 cycles au minimum. La fréquence, le temps de conduction, la forme d'onde du courant et la tenue en tension inverse incluant le taux de variation de la tension doivent être spécifiés après et entre les intervalles de surcharge.

Dans tous les cas, on partira de la température virtuelle maximale de jonction, sauf spécification contraire.

22. Marquage

Chacune des diodes ou éléments qui constituent l'organe remplaçable le plus petit doit porter, de façon claire et indélébile, les indications suivantes:

- 22.1 Nom ou marque d'identification du constructeur.
- 22.2 Type selon le constructeur ou le fournisseur.
- 22.3 Chaque diode doit être marquée de manière à permettre la distinction entre bornes d'anode et de cathode.
- 22.4 Chaque élément ou assemblage doit porter de clairs repérages des bornes à courant alternatif ainsi qu'un marquage distinct des bornes à courant continu.

SÉCTION SEPT — ESSAIS DES DIODES ET ÉLÉMENTS

23. Généralités — Liste des essais

- 23.1 Les essais de type doivent être exécutés conformément au tableau II ci-après.
Ces essais doivent être faits dans les conditions limites spécifiées, utilisées par le constructeur comme base pour la fixation des valeurs et caractéristiques nominales.
- 23.2 Les essais de série indiqués dans le tableau II sont considérés comme un minimum. En général, il est prévu que le constructeur soumettra toute la production aux essais de série minimaux indiqués ci-dessous. Cependant, après accord entre utilisateur et constructeur, lesdits essais pourront être exécutés seulement sur une fraction de la fourniture en utilisant une méthode statistique de prélèvement.
Après chacun des essais de type, les diodes doivent satisfaire aux exigences des essais de série.
- 23.3 Les essais de type et de série exécutés par le fabricant de diodes n'ont pas à être répétés par le constructeur de l'équipement. Les résultats des essais de type doivent être mis à la disposition du constructeur de l'équipement et, par son intermédiaire, à celle de l'utilisateur final, sur demande de ce dernier.

- a) For times smaller than one half-cycle (at 50 Hz or 60 Hz) down to approximately 1 ms, the values shall be given in terms of maximum rated $\int i^2 dt$. They may be given by means of a curve or by single values. No immediate subsequent application of reverse blocking voltage is assumed.
- b) Maximum values of surge forward current versus time up to at least 10 cycles. The frequency, the conducting period length, the current wave-shape and the reverse blocking voltage capability, including the rate of rise of voltage for the intervals after and between the surges, shall be specified.

In either case, a previous application of rated maximum virtual junction temperature shall be assumed if not otherwise specifically mentioned.

22. Marking

Each diode or diode stack, whichever constitutes the smallest replaceable item, shall be clearly and indelibly marked with the following information:

- 22.1 Manufacturer's name or identification.
- 22.2 Manufacturer's or supplier's type.
- 22.3 Each rectifier diode shall be marked to permit the distinction between anode and cathode.
- 22.4 Each diode stack shall be provided with a clear indication of the a.c. terminals and a distinct marking of the d.c. terminals.

SECTION SEVEN — TESTS FOR DIODES AND DIODE STACKS

23. General — List of tests

- 23.1 Type tests shall be carried out in accordance with the following Table II.
These tests shall be made under the limiting specified conditions used by the manufacturer as a basis of assigning rated values and characteristics.
- 23.2 The routine tests stated in Table II are required as a minimum. In general, it is expected that the device manufacturer will subject the whole order to the minimum routine tests as listed below. If agreed between user and manufacturer, these same tests may however be performed on a proportion of the order by a statistical sampling procedure.

After each type test, the diodes shall fulfil the requirements of the routine tests.

- 23.3 Type tests and routine tests carried out by the diode manufacturer need not be repeated by the equipment manufacturer. The results of the type tests shall be made available to the equipment manufacturer, and through him to the ultimate user on request.

Le fabricant de diodes doit, si demande lui en est faite, présenter au constructeur de l'équipement et, par son intermédiaire, à l'utilisateur final, des certificats prouvant que les essais de série spécifiés dans la présente recommandation ont été exécutés.

TABLEAU II

Essais des diodes et éléments

Nature de l'essai	Numéro de l'article	
	Essais de type	Essais de série
Courant direct de surcharge	—	24
Caractéristique directe	25.1	—
Tension directe	—	25.2
Caractéristique inverse	26	—
Courant inverse	—	27
Tension inverse	—	28
Charge inverse de recouvrement	29	—
Résistance thermique et impédance thermique transitoire	30	—
Essai de cycle thermique	31	—
Essai en charge	32	—
Essai mécanique (facultatif)	33	—
Essai d'étanchéité (facultatif)	—	34
Essai d'isolement ¹⁾	—	35
Essai d'échauffement ¹⁾	36	—

¹⁾ A exécuter seulement sur les éléments livrés séparément.

24. Essai de courant de surcharge prévisible à l'état passant (essai de série)

Cet essai est réalisé en faisant circuler un nombre spécifié de demi-ondes sinusoïdales de 50/60 Hz de courant de surcharge prévisible dans le dispositif en mesure, et en appliquant des demi-ondes 50/60 Hz de tension inverse spécifiée entre les impulsions de courant. La tension inverse en demi-onde peut être appliquée pendant un temps spécifié avant et après l'intervalle d'essai du courant de surcharge prévisible.

Les conditions d'essai suivantes seront spécifiées :

- 1) Valeur de crête de la demi-onde sinusoïdale du courant de surcharge prévisible;
- 2) Valeur de crête de la demi-onde sinusoïdale de la tension en inverse qui doit être égale à la tension inverse nominale répétitive;
- 3) Nombre de demi-ondes de courant de surcharge prévisible;
- 4) Temps d'application de la tension inverse avant et après les impulsions de courant;
- 5) Température virtuelle de jonction du dispositif en essai.

Un circuit de mesure est montré à la figure 4, page 52.

The diode manufacturer, if requested to do so, shall provide certification to the equipment manufacturer, and through him to the ultimate user, that the routine tests specified in this document have been carried out.

TABLE II

Tests for diodes and diode stacks

Nature of test	Clause number	
	Type tests	Routine tests
Surge forward current	—	24
Forward characteristics	25.1	—
Forward voltage	—	25.2
Reverse characteristic	26	—
Reverse current	—	27
Reverse voltage	—	28
Reverse recovery charge	29	—
Thermal resistance and transient thermal impedance	30	—
Thermal cycling test	31	—
Load test	32	—
Mechanical test (optional)	33	—
Sealing test (optional)	—	34
Insulation test ¹⁾	—	35
Temperature rise test ¹⁾	36	—

¹⁾ Only for diode stacks supplied separately.

24. **Surge forward current test (routine test)**

This test is performed by passing a specified number of 50/60 Hz half sine-waves of surge current through the test device with specified 50/60 Hz half-cycle reverse voltage applied between the current pulses. Half-cycle reverse voltage may be applied for a specified time before and after the surge current test interval.

The test conditions to be specified are:

- 1) Peak half sine-wave surge current;
- 2) Peak half sine-wave reverse voltage equal to rated repetitive peak reverse voltage;
- 3) Number of half-cycles of surge current;
- 4) Duration of reverse voltage before and after current surges;
- 5) Virtual junction temperature of test device;

A suitable test circuit is shown in Figure 4, page 53.

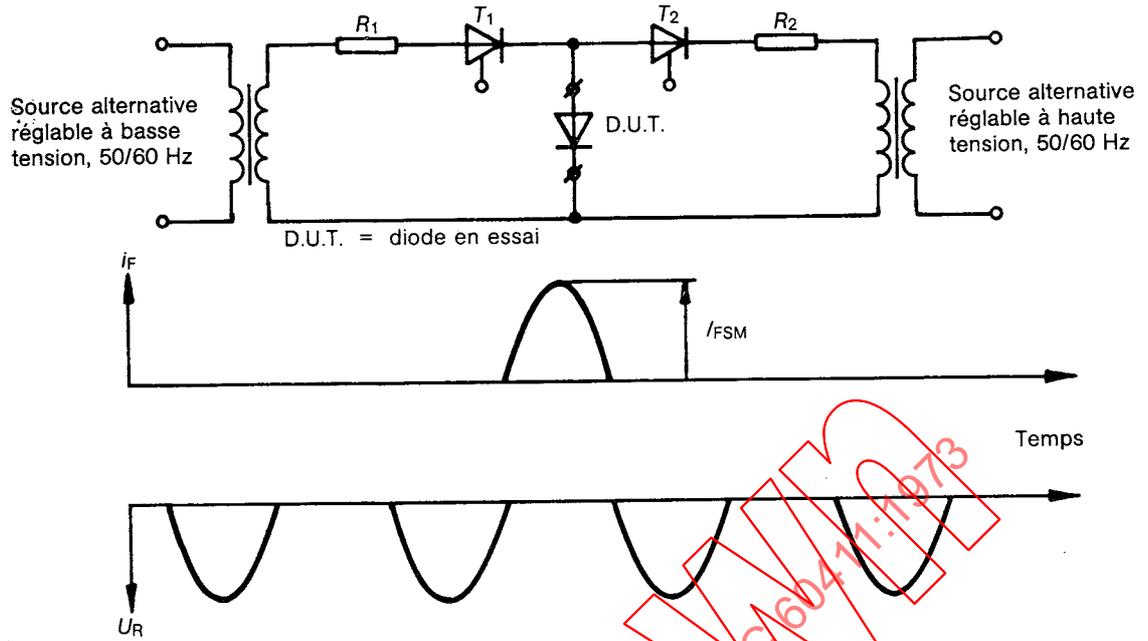


FIGURE 4

Le thyristor T_1 est amorcé au commencement de la demi-onde de la source à courant alternatif afin de produire un demi-cycle de courant de surcharge prévisible. Le thyristor T_2 est amorcé un peu après le commencement de la demi-onde suivante de la source à courant alternatif afin d'appliquer une tension inverse demi-onde au dispositif en essai. Le retard d'amorçage est tel que le thyristor T_1 est dans l'état bloqué avant qu'une tension inverse soit appliquée.

25. **Essai de détermination de la caractéristique directe et essai de tension directe (essais de type et de série)**

25.1 *Tension directe — méthode en courant alternatif (utilisée de préférence pour les essais de type)*

La tension directe doit être mesurée dans un circuit donnant une forme d'onde de courant direct correspondant à une connexion monophasée avec charge résistive.

La température virtuelle de jonction doit être celle spécifiée par le constructeur.

Un circuit de mesure est représenté à la figure 5.

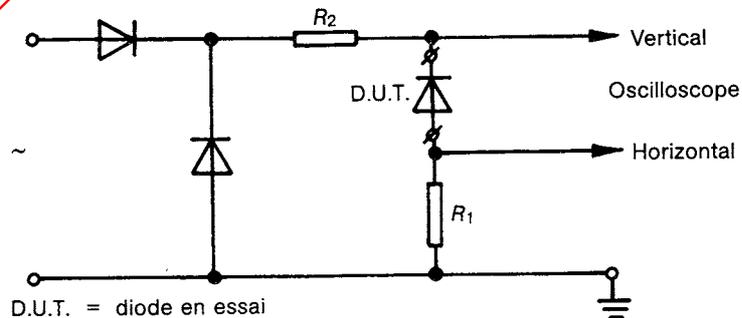


FIGURE 5

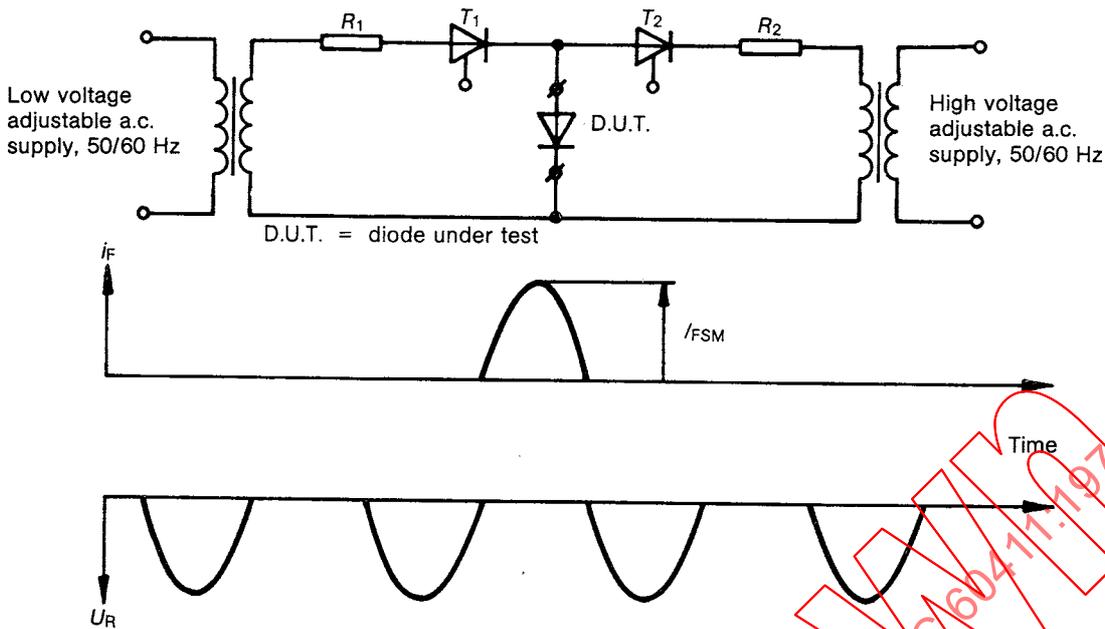


FIGURE 4

Thyristor T_1 is triggered at the beginning of the proper half-cycle of the a.c. supply to produce a half-cycle of surge current. Thyristor T_2 is triggered just slightly after the start of the next half-cycle of the a.c. supply in order to apply half-cycle reverse voltage to the test device. The trigger delay is to ensure that thyristor T_1 will be off before reverse voltage is applied.

25. **Forward characteristic and forward voltage test (type and routine tests)**

25.1 *Forward voltage a.c. method (preferably used for type tests)*

The forward voltage shall be measured in a connection giving a forward current wave shape corresponding to a single-phase connection with resistive load.

The virtual junction temperature of the diode shall be as specified by the manufacturer.

A measuring circuit is given in Figure 5.

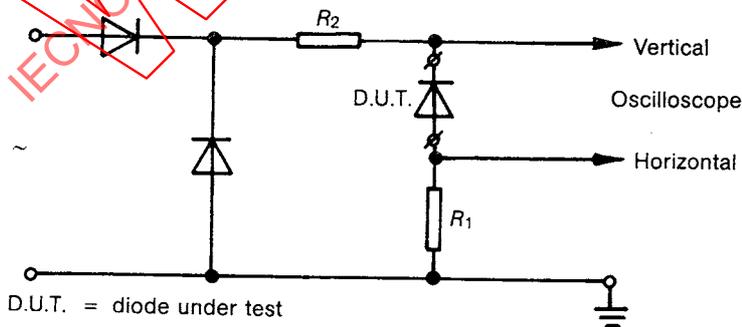


FIGURE 5

25.2 Tension directe — méthode par impulsions (utilisée de préférence pour les essais de série)

Cette méthode permet de mesurer la tension directe dans des conditions d'échauffement interne négligeables ou à un niveau de courant susceptible d'endommager la diode s'il était maintenu en permanence.

Un circuit de mesure est donné à la figure 6.

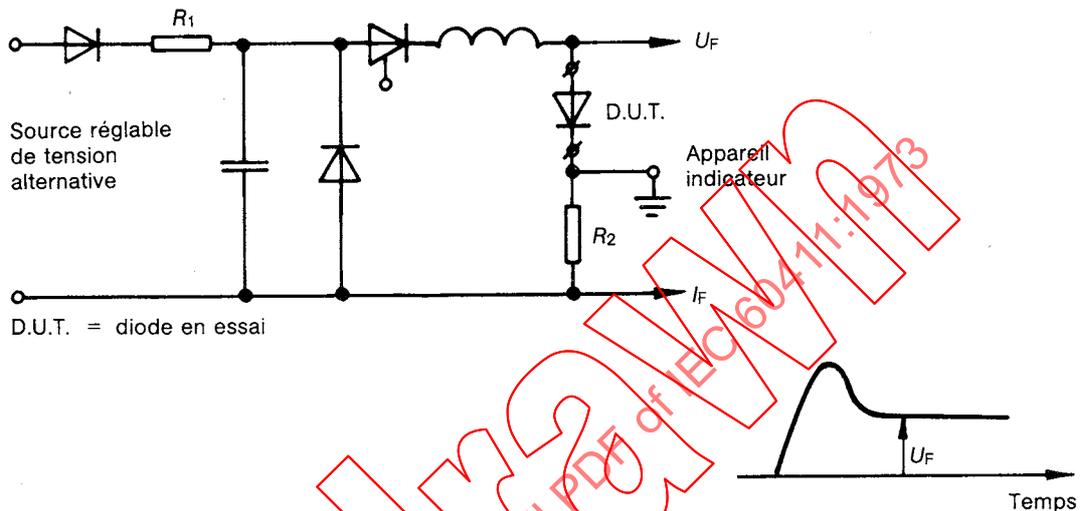


FIGURE 6

Le cycle de travail de l'impulsion de courant, la fréquence de répétition et la température virtuelle de jonction doivent être spécifiés.

L'essai est effectué en mesurant la tension de crête à l'état passant correspondant au courant de crête à l'état passant. La largeur de l'impulsion du courant d'essai doit être assez grande pour que le dispositif essayé soit amené au régime permanent. (Une largeur d'impulsion de 3 à 4 milli-secondes est généralement suffisante.) Le cycle de travail et la vitesse de répétition doivent être tels que l'échauffement interne du dispositif soit négligeable.

La capacité est chargée à la tension de crête de l'alimentation alternative. Pendant la demi-période suivante de la tension d'alimentation, le thyristor est amorcé, ce qui a pour effet de décharger la capacité à travers l'inductance et le dispositif en essai. On peut connaître le courant d'essai en mesurant la tension aux bornes d'une résistance R_2 non inductive de faible valeur.

26. Essai de caractéristique inverse (essai de type)

La caractéristique inverse doit être mesurée à vide dans un circuit donnant une tension inverse correspondant à un montage monophasé.

Les mesures doivent être effectuées à la valeur maximale de la tension inverse nominale et à une valeur élevée de température virtuelle spécifiée de jonction.

Un circuit de mesure de la caractéristique inverse est donné à la figure 7, page 56.

25.2 Forward voltage — pulse method (preferably used for routine test)

This method allows a measurement of the forward voltage under the condition of negligible internal heating or at a current level that would damage the diode if maintained continuously.

A measuring circuit is given in Figure 6.

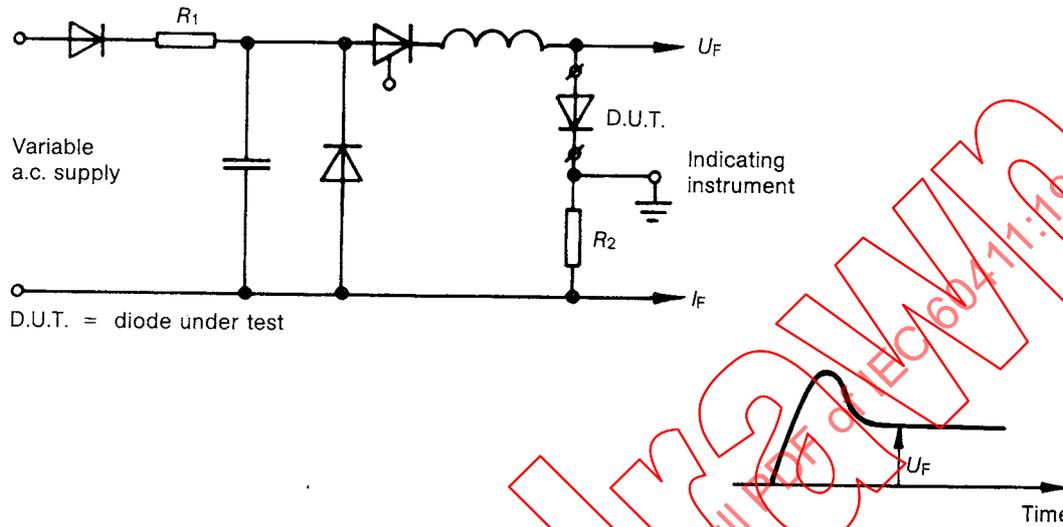


FIGURE 6

The duty cycle of the current pulse, the repetition frequency and the virtual junction temperature shall be as specified.

The test is performed by measuring the peak forward voltage corresponding to the peak forward current. The test current pulse width must be wide enough to ensure that the tested device has obtained its steady state. (Pulse width of 3–4 milliseconds is generally sufficient). The duty cycle and repetition rate are to be such that internal device heating is negligible.

The capacitor is charged to the peak of the a.c. supply voltage. On the next half-cycle of the supply voltage, the thyristor is triggered which results in the capacitor discharging through the choke and tested device. The test current may be sensed across a small value non-inductive resistor R_2 .

26. Reverse characteristic test (type test)

The reverse characteristic shall be measured in a connection giving a reverse voltage corresponding to a single-phase connection at no-load.

The measurements shall be carried out at maximum value of rated reverse voltage and at a specified high virtual junction temperature.

A circuit to measure the reverse characteristic is given in Figure 7, page 57.

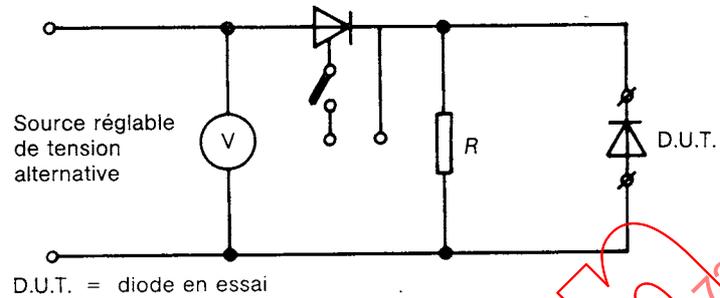


FIGURE 8

29. Essai de recouvrement de charge inverse (essai de type)

Un circuit pour mesurer les caractéristiques de recouvrement de charge inverse est représenté à la figure 9, ainsi que la forme d'onde du courant d'essai. Le temps de recouvrement, la charge de recouvrement ainsi que le courant de recouvrement peuvent être mesurés avec ce circuit.

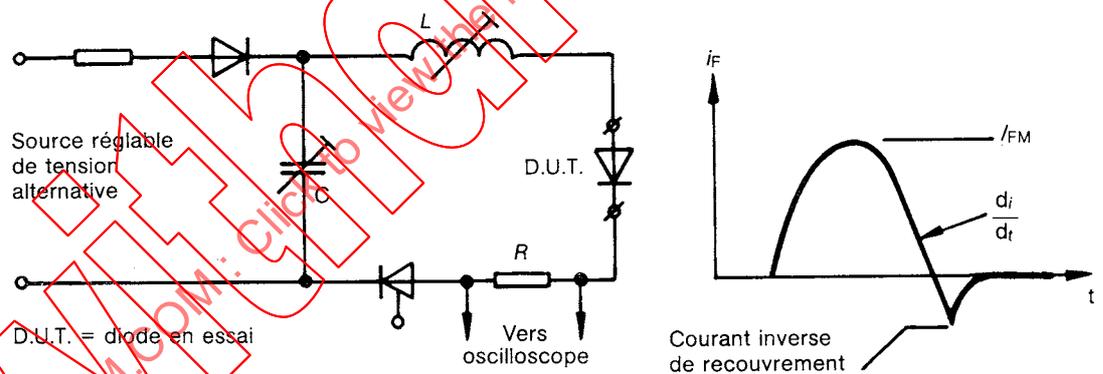


FIGURE 9

La forme d'onde du courant d'essai est produite en chargeant une capacité C pendant une demi-période de la tension d'alimentation et, ensuite, en amorçant dans la demi-période suivante le thyristor pour décharger C au travers de l'inductance L et du dispositif en essai.

Une résistance non inductive R de mesure de courant de valeur très faible ainsi que les valeurs de L et C déterminent les caractéristiques du circuit d'essai.

Les conditions d'essai sont:

- a) Courant direct de pointe I_{FM} ;
- b) Vitesse d'inversion du courant à l'état passant (di/dt) mesurée depuis 50% I_{FM} jusqu'à $i_F = 0$;

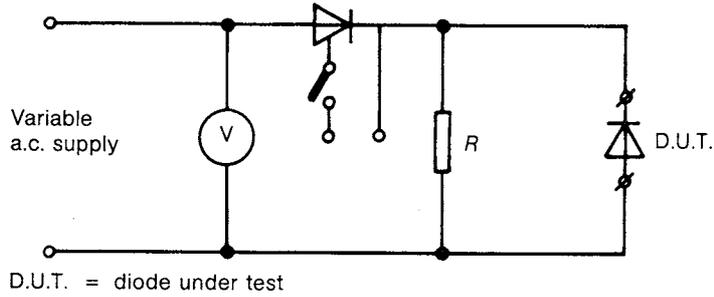


FIGURE 8

29. **Reverse recovery charge test (type test)**

A suitable test circuit for measuring reverse recovery characteristics is shown in Figure 9 along with the test current waveform. Recovery time and recovery charge as well as recovery current can be measured by means of this circuit.

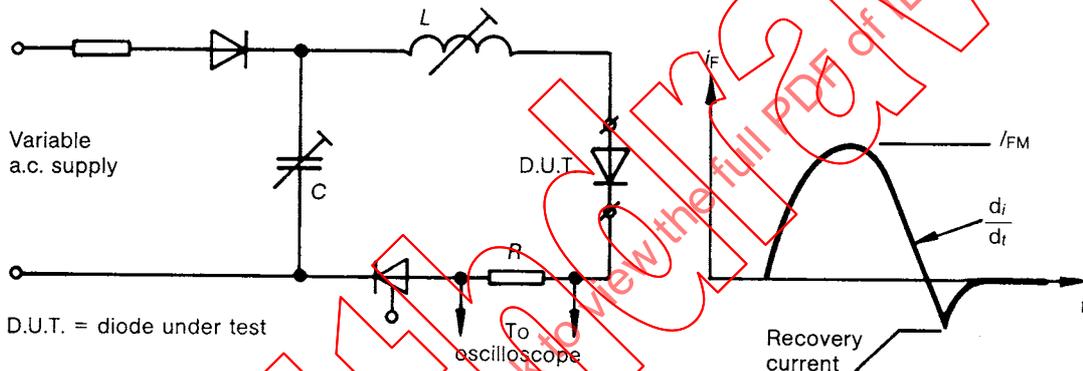


FIGURE 9

The test current waveform is produced by charging capacitor C during one half-cycle of the input voltage and then on the next half-cycle triggering the thyristor to discharging C through inductor L and the test device.

Non-inductive current sensing resistor R is made extremely small so that the values of L and C determine the characteristics of the test current.

The test conditions are:

- a) Peak forward current I_{FM} ;
- b) Rate of reversal of forward current (di/dt) measured from 50% I_{FM} to $i_F=0$;

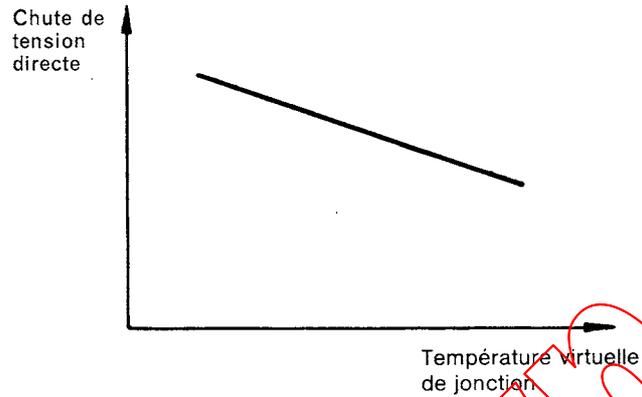


FIGURE 10

On peut employer un circuit de mesure tel que celui de la figure 11 pour obtenir les données requises pour le calcul de la courbe caractéristique de l'impédance thermique transitoire. Après avoir fait circuler le courant de chauffage et après avoir attendu que l'équilibre thermique soit atteint, on mesure et on note la puissance dissipée dans le dispositif. On coupe alors la source de courant de chauffage et on note la chute de tension directe correspondant au courant de mesure, en fonction du temps, comme indiqué sur la figure 12, page 64; cela peut être effectué en photographiant la trace de l'oscilloscope. La mesure peut être répétée pour différentes vitesses de balayage de l'oscilloscope, afin de mesurer convenablement la chute de tension directe de la diode pour tout le domaine de temps. On doit contrôler la température du point de référence en fonction du temps. Comme ce changement est relativement petit et lent, un dispositif de mesure à thermistor ou à thermocouple devrait pouvoir convenir.

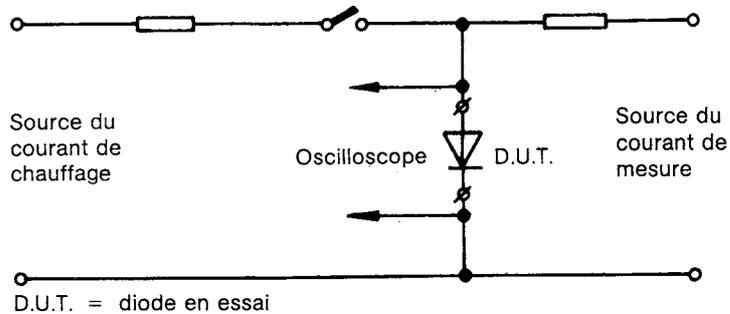


FIGURE 11

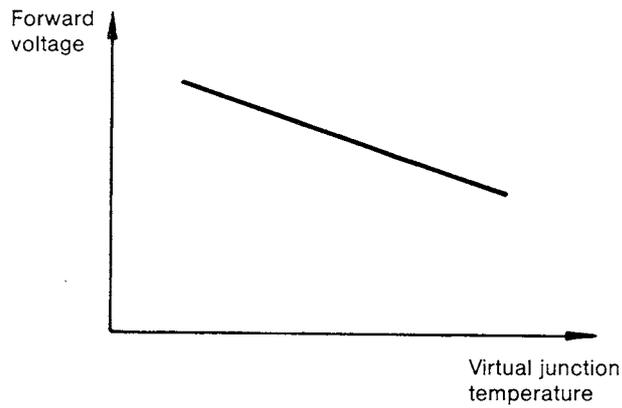


FIGURE 10

A measuring circuit as shown in Figure 11 may be used to obtain the data required for calculating the transient thermal impedance characteristic curve. After applying the heating current and waiting until thermal equilibrium is established, the power dissipated in the device is measured and recorded. The heating current supply is then interrupted, and the forward voltage of the diode corresponding to the measuring current supply is recorded as a function of time, as shown in Figure 12, page 65. This may be accomplished by photographing the oscilloscope trace. The measurement may be repeated at different oscilloscope sweep rates in order adequately to measure the forward voltage of the diode over the entire time range. Reference point temperature shall be monitored as a function of time. Since this change is relatively small and slow, a thermistor or thermocouple measuring system should be adequate.

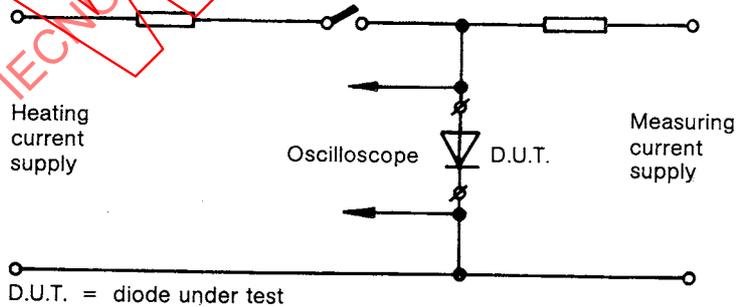


FIGURE 11

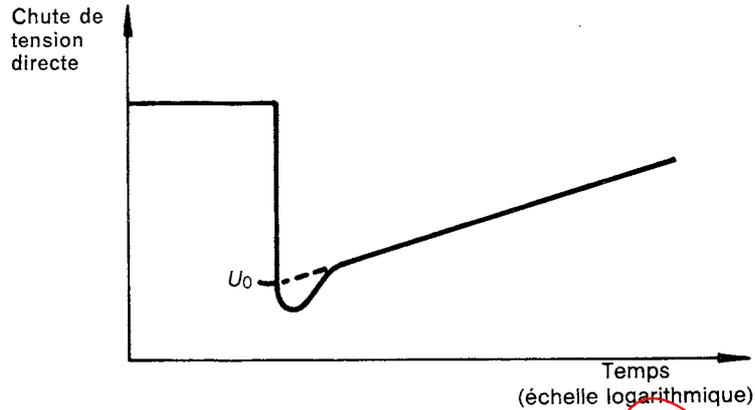


FIGURE 12

La courbe de la chute de tension directe en fonction du temps peut être transformée en courbe de la température virtuelle de jonction en fonction du temps, au moyen de la courbe d'étalonnage. L'impédance thermique transitoire est alors calculée comme suit :

$$Z_{(th)t}[t] = \frac{(A-B) - (A'-B')}{P}$$

où A = température virtuelle de jonction au moment de l'interruption du courant de chauffage.

A' = température virtuelle de jonction au temps t secondes après l'interruption du courant de chauffage.

P = puissance dissipée dans le dispositif.

B = température du point de référence au moment de l'interruption du courant de chauffage.

B' = température du point de référence au temps t secondes après l'interruption du courant de chauffage.

$Z_{(th)t}[t]$ = impédance thermique transitoire au temps t .

30.4 Précautions

Les difficultés de cette méthode de mesure sont dues à l'ambiguïté existant dans la détermination de la valeur de la température virtuelle de jonction au moment de l'interruption du courant.

Des tensions transitoires non thermiques se produisent par suite des porteurs de charge excédentaires qui sont présents après l'interruption du courant de chauffage. Cette difficulté peut être évitée en extrapolant la courbe de la chute de tension directe en fonction du temps, depuis un instant pour lequel on sait qu'il y a équilibre des charges dans le dispositif jusqu'à l'instant zéro. Cet instant (pour lequel il y a équilibre) peut être estimé à partir d'observations de la durée de vie (des porteurs) ou en effectuant les mesures à différents niveaux de puissance, et en notant le temps le plus court pour lequel la température virtuelle de jonction est une fonction linéaire de la dissipation de puissance. La partie en pointillé sur la courbe de la chute de tension directe de la figure 12 illustre l'extrapolation jusqu'au point marqué U_0 .

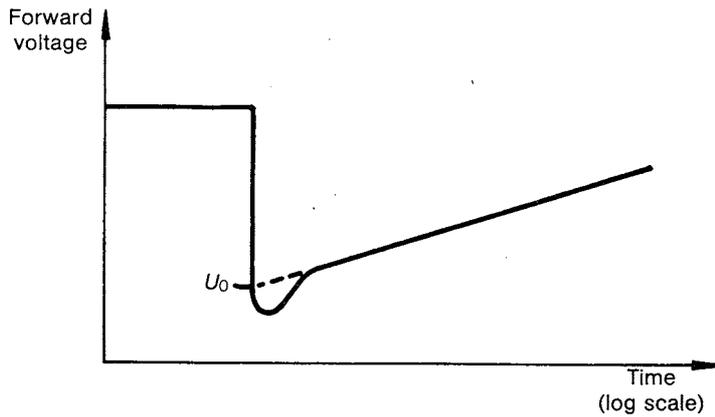


FIGURE 12

The curve of forward voltage as a function of time can be converted to virtual junction temperature versus time by means of the calibration curve. Transient thermal impedance is calculated as follows:

$$Z_{(th)t}[t] = \frac{(A - B) - (A' - B')}{P}$$

where A = virtual junction temperature at the time of heating current interruption.

A' = virtual junction temperature at time t seconds after heating current interruption.

P = power dissipated in the device.

B = reference point temperature at the time of heating current interruption.

B' = reference point temperature at time t seconds after heating current interruption.

$Z_{(th)t}[t]$ = transient thermal impedance at time t .

30.4 Precautions

Difficulties with this measurement method are due to ambiguity in determining the value of virtual junction temperature at the time of current interruption.

Non-thermal voltage transients occur due to the excess charge carriers present after the heating current is interrupted. This difficulty can be avoided by extrapolating the forward voltage versus time curve back to zero time from a time at which the device is known to be in charge equilibrium. This time can be estimated from life-time observation or by performing the measurements at different power levels and noting the shortest time for which the virtual junction temperature is a linear function of power dissipation. The dotted portion of the forward voltage curve in Figure 12 illustrates the extrapolation to the point shown as U_0 .

Une autre source de transitoires non thermiques dans la caractéristique de la chute de tension directe a son origine dans la chute brusque du champ magnétique autour du dispositif quand on coupe le courant de chauffage.

31. Essai de cycle thermique (essai de type)

Le constructeur est tenu de fournir la preuve – soit par un essai de type, soit par d'autres moyens acceptables pour l'utilisateur – que les diodes sont capables de supporter, sans dommage, ni changement notable de la résistance thermique, ni accroissement sensible de la chute de tension directe ou du courant inverse, le cycle thermique de très longue durée correspondant aux besoins du service de traction; dans ce cycle thermique, la température varie selon une excursion (c'est-à-dire entre les températures maximale et minimale du cycle) au moins aussi grande que celle rencontrée dans le cycle de charge pour n'importe quelle condition de service conforme aux stipulations de la présente recommandation. Un circuit d'essai est donné à la figure 13.

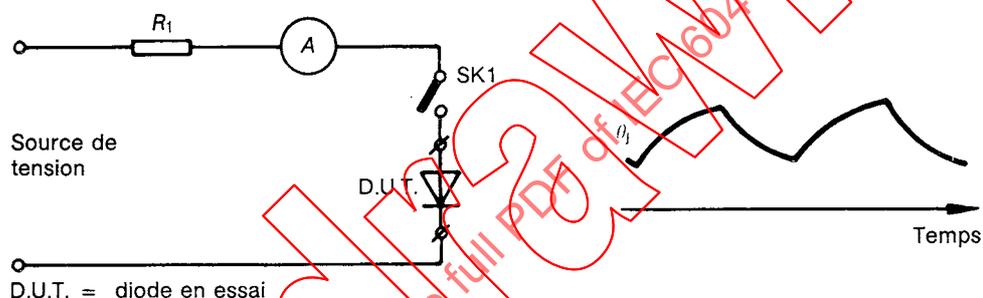


FIGURE 13

La diode doit être chauffée par un courant spécifié, pas plus grand que le courant direct moyen maximal, jusqu'à ce que la température maximale de jonction spécifiée soit atteinte. L'interrupteur SK1 est ensuite ouvert et la diode est refroidie jusqu'à une température spécifiée ne dépassant pas 50°C.

Le temps de chauffage et de refroidissement dépend de la méthode de refroidissement, et sera spécifié. L'essai doit être effectué suivant un nombre de cycles spécifié.

Tous les paramètres qui peuvent être affectés par l'essai doivent être mesurés avant et après l'essai pour s'assurer qu'aucun changement appréciable ne s'est produit pendant le cycle thermique.

32. Essai en charge (essai de type)

Cet essai a pour but de vérifier qu'une diode type peut supporter indéfiniment la charge maximale spécifiée.

L'essai en charge, d'une durée de 1000 h, doit être effectué en faisant passer le courant sinusoïdal demi-onde 50/60 Hz spécifié dans la diode essayée et en appliquant la tension sinusoïdale demi-onde inverse spécifiée durant les demi-périodes de non conduction. Le montage d'essai recommandé est donné à la figure 14, page 68.

Another source of non-thermal transients in the forward voltage characteristic is due to the collapse of the magnetic field around the device when the heating current is interrupted.

31. **Thermal cycling test (type test)**

The manufacturer shall provide evidence by a type test or by other means acceptable to the purchaser to show that the diode will be able to withstand, without injury or significant change of thermal resistance or significant increase of forward voltage drop or of reverse current, long-term thermal cycling adequate to meet the needs of railway service. In this thermal cycling, the temperature is varied through an excursion (i.e. difference between cyclic maximum and minimum temperatures) at least as great as can occur in the load cycle in any condition of operation in service which complies with the requirements of this recommendation. A test circuit is given in Figure 13.

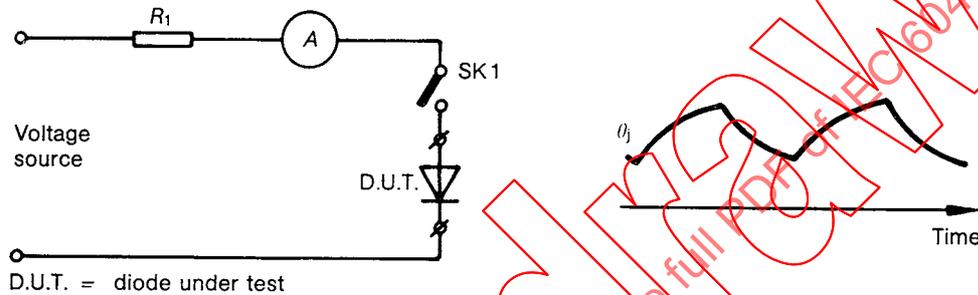


FIGURE 13

The diode shall be heated by a specified current not less than the maximum mean forward current until the maximum specified virtual junction temperature has been reached. Then the switch $SK 1$ is opened and the diode is cooled to a specified low temperature, not exceeding 50°C .

The duration of the heating and cooling cycle depends on the cooling method and shall be specified. The test shall be carried out for a specified number of cycles.

All parameters that may be affected by the test shall be measured before and after the test to check that no appreciable change has occurred during the thermal cycling.

32. **Load test (type test)**

This test shall be carried out to verify that a diode type can withstand indefinitely the specified maximum loading.

The load test shall be carried out for a period of 1000 h. This test is performed by passing specified 50/60 Hz half-sine wave current through the test device, with specified 50/60 Hz half-sine wave voltage applied on alternate half-cycles. The recommended test circuit is that given in Figure 14, page 69.

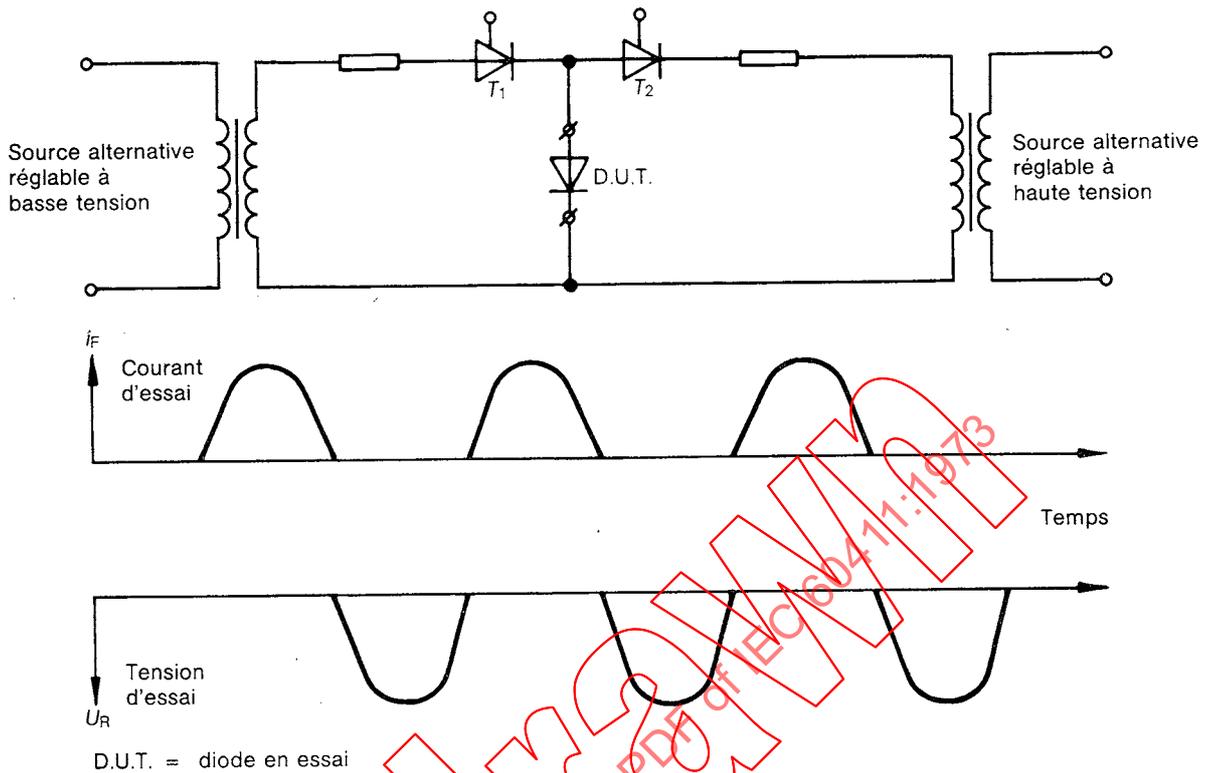


FIGURE 14

Le thyristor T_1 est amorcé au commencement de la demi-onde correcte de la source du courant alternatif afin d'établir le courant d'essai. Le thyristor T_2 est amorcé un peu après le commencement de la demi-onde suivante de la source du courant alternatif afin d'établir la tension d'essai. Le retard d'amorçage est tel que le thyristor T_1 est dans l'état bloqué avant qu'une tension inverse soit appliquée.

Les conditions de mesure à spécifier sont les suivantes:

- 1) Amplitude du courant d'essai
- 2) Amplitude de la tension d'essai
- 3) Température d'un point de référence du dispositif en essai.

33. **Essai mécanique (essai de type facultatif)**

Les modalités de l'essai mécanique et éventuellement de l'essai de corrosion doivent faire l'objet d'un accord entre utilisateur et constructeur.

34. **Essai d'étanchéité (essai de série facultatif)**

Sous réserve d'accord entre utilisateur et constructeur, la diode terminée, sans peinture ni vernis, doit être soumise à un essai utilisant une méthode agréée pour vérifier qu'aucune fuite de gaz décelable ne peut avoir lieu entre l'atmosphère et l'intérieur de la diode.

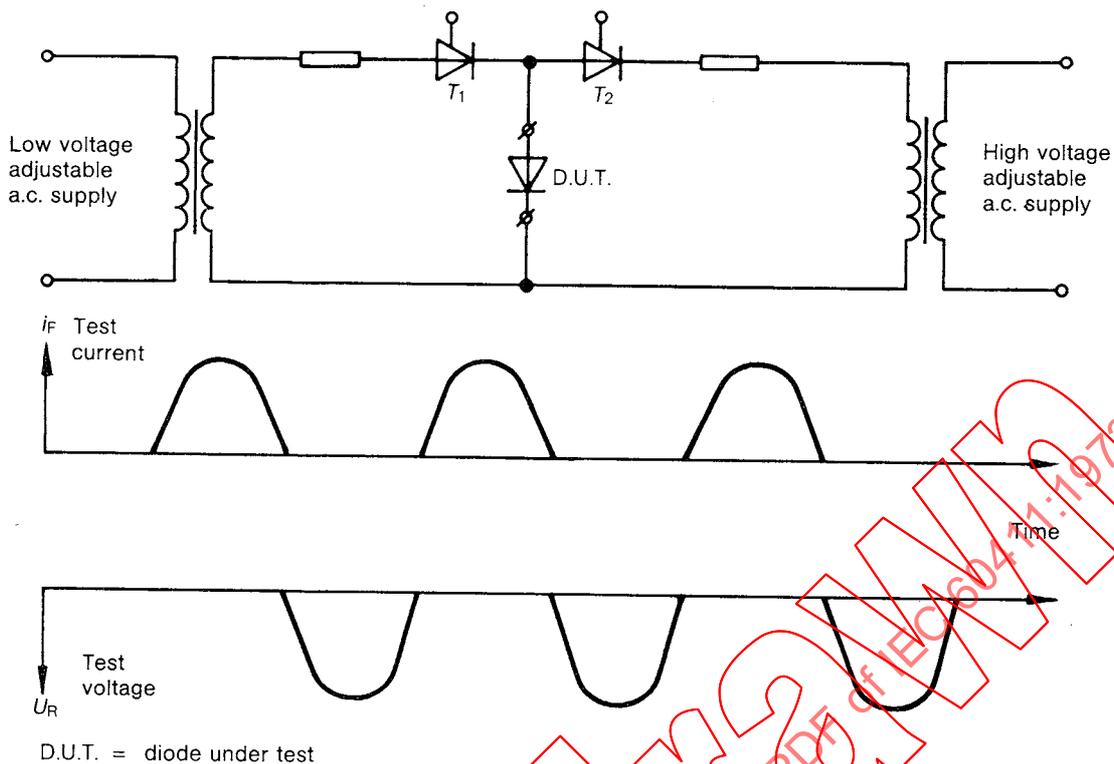


FIGURE 14

Thyristor T_1 is triggered at the beginning of the proper half-cycle of the a.c. supply in order to initiate the test current. Thyristor T_2 is triggered just slightly after the start of the next half-cycle of the a.c. supply in order to initiate the test voltage. The trigger delay is to ensure that thyristor T_1 will be off before the test voltage is applied.

The test conditions to be specified are:

- 1) Test current magnitude
- 2) Test voltage magnitude
- 3) Reference point temperature of test device.

33. **Mechanical test (optional type test)**

The nature of the mechanical and/or corrosion test shall be agreed between user and manufacturer.

34. **Sealing test (optional routine test)**

Subject to agreement between user and manufacturer, the completed diode without coating of paint or varnish shall be subjected to an approved test to show that no detectable leakage of gas can take place between the atmosphere and the interior of the diode.

35. **Essai d'isolement (essai de série pour les éléments seulement)**

Lorsque l'élément est muni d'un dispositif de fixation et en est isolé, l'isolement doit être essayé comme suit :

Avant d'appliquer la tension d'essai, on doit relier ensemble toutes les bornes de toutes les diodes ou groupements de diodes en série de façon à s'assurer que la haute tension n'est pas appliquée aux bornes des cellules.

L'isolation entre les bornes court-circuitées et les parties métalliques du dispositif de fixation doit supporter, sans dommage, une tension alternative d'essai pendant 1 min (à 50 Hz ou 60 Hz).

Sauf spécification contraire lors de la passation de la commande, la valeur efficace de la tension d'essai doit être de :

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

en prenant la plus élevée de ces deux valeurs. U_m est la valeur maximale de la tension de crête supposée entre une paire quelconque de bornes.

La tension d'essai doit être appliquée progressivement en partant de 50% de sa valeur et en l'élevant à sa pleine valeur en un temps non inférieur à 10 s.

L'essai doit être effectué à la température ambiante.

Pour les éléments fortement sollicités du point de vue électrique, ou quand il y a lieu de prévoir des surtensions de manœuvre considérables, la tension d'essai peut être augmentée par accord contractuel entre utilisateur et constructeur.

36. **Essai d'échauffement (essai de type pour les éléments seulement)**

L'élément doit être essayé dans les conditions spécifiées de refroidissement (paragraphe 21.2) avec un courant d'essai tel que les pertes obtenues soient les mêmes qu'en service normal. A cet effet, on court-circuite les bornes à courant continu de l'élément et on l'alimente par une source à courant alternatif de basse tension, ou on fait passer un courant continu à travers les diodes.

L'échauffement au point de mesure prescrit (paragraphe 21.3.1) doit avoir une valeur telle qu'on ne dépasse pas les températures limites spécifiées pour un fonctionnement dans les conditions nominales de refroidissement.

35. **Insulation test (routine test for stacks only)**

When the stack is provided with a mounting device and is insulated from it, the insulation shall be tested in the following manner:

Before applying the test voltage, all of the terminals of all diodes or series groups of diodes shall be joined together to ensure that the high voltage is not applied across the diodes.

The insulation between the short-circuited terminals and the metallic parts of the mounting device shall satisfactorily withstand an a.c. test voltage (50 Hz or 60 Hz) for 1 min.

Unless otherwise specified in the contract, the r.m.s. value of the test voltage shall be:

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

whichever is the larger. U_m is the highest crest voltage to be expected between any pair of terminals.

The test voltage shall be applied gradually, starting at 50% and increasing to full value in not less than 10 s.

The test shall be performed at room temperature.

For stacks to be used in electrically exposed conditions, or where considerable switching over-voltages are to be expected, the test voltage may be increased by contractual agreement between user and manufacturer.

36. **Temperature rise test (type test for stacks only)**

The stack shall be tested under specified cooling conditions (Sub-clause 21.2) at a test current such that the same loss will be developed during the test as in normal service. This may be achieved by short-circuiting the d.c. terminals of the stack and connecting a low-voltage a.c. supply to the stack input terminals, or by passing direct current through the diodes.

The temperature rise at the prescribed measuring point (Sub-clause 21.3.1) shall have such a value that none of the limiting temperature values are exceeded when operating under rated cooling conditions.

CHAPITRE IV: TRANSFORMATEURS ET BOBINES D'INDUCTANCE POUR CONVERTISSEURS

37. Généralités

Les règles du présent chapitre se réfèrent seulement aux caractéristiques par lesquelles les transformateurs et les inductances de convertisseurs diffèrent des transformateurs et des inductances de traction ordinaires. Sur tous les autres points, les règles spécifiées dans la Publication 310 de la CEI: Règles applicables aux transformateurs de traction et aux inductances de traction, doivent être appliquées aux transformateurs et aux inductances de convertisseurs.

Pour le régime continu du transformateur, voir le paragraphe 5.2 de la présente publication.

SECTION HUIT — ESSAIS DES TRANSFORMATEURS

38. Généralités

Les essais et mesures à effectuer sur les transformateurs de convertisseurs ainsi que leurs modalités d'exécution sont ceux prévus dans la Publication citée à l'article 37, sous réserve des modifications ou compléments indiqués dans les articles 39 à 42 de la présente publication.

39. Mesure des tensions de court-circuit et des pertes dues à la charge (essai de type)

Les essais de type et de série effectués comme indiqué dans la publication citée à l'article 37 doivent être complétés, le cas échéant, par les essais de type 39.1 et 39.2 ci-après:

- 39.1 Dans le cas de plusieurs enroulements indépendants côté soupape, les tensions de court-circuit et les pertes doivent être mesurées entre chaque paire d'enroulements côté soupapes;
- 39.2 Dans le cas de montages à une voie, les tensions de court-circuit et les pertes doivent être mesurées aux bornes de l'enroulement côté ligne, en établissant successivement le court-circuit entre bornes 0 et 1, puis entre bornes 0 et 2 de l'enroulement côté soupape (voir figure 1, page 16).

Ces mesures doivent être faites seulement sur la prise principale.

40. Détermination des pertes totales (essai de type)

Les calculs doivent être exécutés conformément aux prescriptions de la publication citée à l'article 37.

Dans le cas de montages à une voie, les pertes doivent être prises égales à la demi-somme des puissances relevées lors de l'essai de type faisant l'objet du paragraphe 39.2.

41. Essais d'échauffement (essais de type)

Les essais d'échauffement des transformateurs sont effectués sans redresseur, en courant alternatif pratiquement sinusoïdal à la fréquence nominale.

CHAPTER IV — CONVERTOR TRANSFORMERS AND REACTORS

37. **General**

These rules relate only to those characteristics wherein convertor transformers and reactors differ from ordinary traction transformers and reactors. In other respects, the rules specified in IEC Publication 310, Rules for Traction Transformers and Reactors, shall apply also to convertor transformers and reactors.

For transformer continuous rating, see Sub-clause 5.2 of this publication.

SECTION EIGHT — TRANSFORMER TESTS

38. **General**

The tests and measurements and their methods of performance to be applied to convertor transformers are those specified in the publication mentioned in Clause 37, except for the modifications or additions given in Clauses 39 to 42 of this publication.

39. **Measurement of impedance voltages and load losses (type test)**

The scope of the type and routine tests carried out as stated in the publication mentioned in Clause 37 shall be enlarged where necessary by the following type tests (39.1 and 39.2):

- 39.1 In the case of several independent valve windings, impedance voltages and losses shall be measured between each pair of valve windings;
- 39.2 In the case of single way connection, the impedance voltages and losses shall be measured at the terminals of the line winding, the short-circuit being established successively between terminals 0 and 1, then between terminals 0 and 2 of the valve winding (see Figure 1, page 17).

These measurements shall be taken at the principal tap only.

40. **Determination of total losses (type test)**

Calculations shall be made according to the requirements of the publication mentioned in Clause 37.

In the case of single way connection, the losses shall be taken as half the sum of the losses recorded during the type test specified in Sub-clause 39.2.

41. **Temperature rise tests (type tests)**

Transformer temperature rise tests are carried out without the rectifier, with an approximately sinusoidal a.c. at rated frequency.

Les essais doivent être effectués comme indiqué dans la publication citée à l'article 37.

Toutefois, dans le cas des montages à une voie, une correction convenable doit être appliquée pour tenir compte du rapport réel entre valeurs efficaces des courants côté soupape et côté ligne.

42. **Essais d'isolement (essais de série)**

Ces essais doivent être effectués conformément aux prescriptions de la publication citée à l'article 37 (Essais diélectriques).

Toutefois, la tension d'essai à appliquer aux enroulements côté soupape doit être celle donnée dans le tableau III.

TABLEAU III

	Montage	
	Une voie	Deux voies
Convertisseurs à vapeur de mercure	$3 U_{s0} + 5000 \text{ V}$	$3 U_{v0} + 5000 \text{ V}$
Convertisseurs à semiconducteurs	$2,25 U_{s0} + 2000 \text{ V}$	$2,25 U_{v0} + 2000 \text{ V}$
<i>U_{s0} et U_{v0} étant les tensions définies au paragraphe 5.2.4.</i>		

SECTION NEUF — ESSAIS DES INDUCTANCES

43. **Généralités**

Les essais et mesures à effectuer sur les inductances ainsi que leurs modalités d'exécution sont ceux prévus dans la Publication citée à l'article 37, sous réserve des modifications et compléments indiqués dans les articles 44 à 46 de la présente publication.

44. **Mesure de l'inductance (essai de type)**

Les essais de type et de série effectués comme indiqué dans la publication citée à l'article 37 doivent, dans le cas des inductances de lissage à noyau de fer, être complétés par l'essai de type ci-après.

La méthode de mesure de l'inductance doit tenir compte du courant variable superposé au courant continu. Cette méthode doit être déterminée par accord entre utilisateur et constructeur. L'inductance doit être mesurée en fonction de la valeur moyenne du courant, dans tout le domaine d'utilisation de l'inductance.

Sur l'inductance ayant satisfait à l'essai de type ci-dessus, on doit relever l'impédance et l'inductance en courant alternatif, à une fréquence industrielle convenue, pour plusieurs valeurs du courant telles que la tension ne puisse atteindre des valeurs dangereuses. L'utilisateur et le constructeur se mettront alors d'accord sur le choix d'un point de la courbe impédance/courant ainsi obtenue; ce point sera adopté comme base pour les essais de série ultérieurs.

Tests shall be carried out as specified in the publication mentioned in Clause 37.

However, in the case of single way connection, an appropriate correction shall be applied in order to take into account the actual ratio between r.m.s. values of the currents on the valve side and on the line side.

42. **Insulation tests (routine tests)**

These tests shall be carried out in accordance with the requirements of the publication mentioned in Clause 37 (Dielectric tests).

However, the test voltage to be applied to the valve side windings shall be that given in Table III.

TABLE III

	Connections	
	Single way	Double way
Mercury-arc convertors	$3 U_{s0} + 5000 \text{ V}$	$3 U_{v0} + 5000 \text{ V}$
Semiconductor convertors	$2.25 U_{s0} + 2000 \text{ V}$	$2.25 U_{v0} + 2000 \text{ V}$

where U_{s0} and U_{v0} are voltages defined in Sub-clause 5.2.4

SECTION NINE — TESTS ON REACTORS

43. **General**

The tests and measurements, and their methods of performance, to be applied to reactors are those specified in the publication mentioned in Clause 37 except for the modifications or additions given in Clauses 44 to 46 of this publication.

44. **Measurement of inductance (type test)**

Type and routine tests carried out as specified in the publication mentioned in Clause 37 shall be completed, in the case of smoothing reactors with iron cores, by the following type tests:

The method of measurement of inductance shall take into account the varying currents superimposed on the direct current, and shall be agreed between user and manufacturer. Inductance measurements shall be given as a function of the arithmetic mean value of the current over the whole range of application of the reactor.

On the reactor which has passed successfully the above type test, impedance and inductance with alternating current at an agreed industrial frequency shall be measured for different values of the current such that the voltages do not reach dangerous values. The user and the manufacturer shall agree on the choice of a certain point on the impedance/current curve so plotted; this point shall be adopted as a basis for the subsequent routine tests.

45. **Essais d'échauffement (essais de type)**

Les essais d'échauffement d'une inductance sont effectués conformément aux prescriptions de la publication citée à l'article 37. S'il s'agit d'inductances de lissage, l'essai doit être effectué en courant ondulé au régime garanti ou spécifié.

46. **Essais d'isolement (essais de série)**

Ces essais doivent être effectués conformément aux prescriptions de la publication citée à l'article 37 (Essais diélectriques). Toutefois, pour les inductances de répartition de charge entre anodes des convertisseurs à vapeur de mercure, la tension d'essai doit être prise égale à la tension d'essai des enroulements côté soupapes des transformateurs (voir article 42).

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60477:1973
Withdrawn

45. **Temperature rise tests (type tests)**

Temperature rise tests on reactors shall be carried out as stated in the publication mentioned in Clause 37. In the case of smoothing reactors, the test shall be carried out with pulsating current at the guaranteed or specified rating.

46. **Insulation tests (routine tests)**

These tests shall be carried out as stated in the publication mentioned in Clause 37 (Dielectric tests). However, for the anode load balancing reactors of mercury-arc convertors, the test voltage shall be taken equal to the test voltage for the valve windings of the transformer (see Clause 42).

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60477:1973
Withdrawn

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

SECTION DIX — PRESCRIPTIONS SPÉCIALES

47. **Classes de service**

Il n'est pas prévu de classes de service types pour les convertisseurs de puissance des véhicules moteurs. Les surcharges requises pour ces convertisseurs sont fixées par accord entre utilisateur et constructeur (voir paragraphes 5.2.1, 5.3.4 et 5.3.5).

48. **Pertes et rendement**

48.1 *Généralités*

Le rendement à considérer pour un convertisseur est le facteur de conversion (paragraphe 6.2). Dans les applications à la traction, on peut en effet considérer que la puissance des composantes alternatives des courants et tensions dans les circuits côté continu ne contribue pas à la puissance utile.

Le facteur de conversion doit être déterminé par la méthode de mesure directe pour des conditions de charge spécifiées.

Dans certains cas (voir notes 1 et 2), le rendement en puissance (paragraphe 6.1) doit être donné, en plus du facteur de conversion. La méthode prescrite pour la détermination du rendement est celle de la sommation des pertes et de la puissance active des composantes alternatives de la tension et du courant côté continu qu'on appliquera comme suit:

Les pertes totales à considérer comprennent les pertes dans tous les organes du convertisseur qui sont en service en permanence (transformateur, inductances, soupapes, diodes) ainsi que la puissance consommée par les appareils supplémentaires qui en font partie. Si certains de ces appareils incorporés au convertisseur n'entrent pas en ligne de compte dans le calcul, les puissances qu'ils absorbent doivent être indiquées séparément.

Notes 1. — Pour les circuits côté continu munis d'inductances pour le lissage du courant, la puissance des composantes alternatives peut être négligée et la méthode des pertes séparées peut être appliquée directement.

2. — Pour les circuits à courant continu sans inductance de lissage, le rendement en puissance doit aussi être donné.

48.2 *Pertes à inclure*

48.2.1 Pertes dues à la chute de tension dans l'arc (article 15) ou pertes internes dans le bloc redresseur telles que pertes dans les diodes et leurs connexions, pertes dans les coupe-circuit, les diviseurs de tension, les dispositifs d'équilibrage des courants, les circuits amortisseurs résistance-condensateur et les dispositifs limiteurs de tension.

48.2.2 Pertes dans les organes du convertisseur côté alternatif soit: transformateur, inductances diverses, transducteurs, etc.