

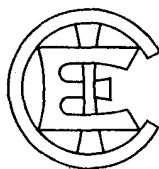
COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 700
Première édition — First edition
1981

**Essais des valves à semiconducteurs pour le transport
d'énergie en courant continu à haute tension**

**Testing of semiconductor valves for high-voltage
d.c. power transmission**



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

Révision de la présente publication

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

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

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

Terminologie

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.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit repris du V.E.I., soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, symboles littéraux et signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;
- la Publication 117 de la CEI: Symboles graphiques recommandés.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 117 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

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

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

Revision of this publication

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

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

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

Terminology

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.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the I.E.V. or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to:

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology;
- IEC Publication 117: Recommended graphical symbols.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 117, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Other IEC publications prepared by the same Technical Committee

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

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

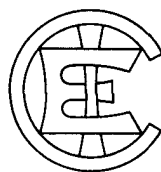
Publication 700
Première édition — First edition
1981

**Essais des valves à semiconducteurs pour le transport
d'énergie en courant continu à haute tension**

**Testing of semiconductor valves for high-voltage
d.c. power transmission**

Mots clés: transport d'énergie en courant continu
à haute tension; convertisseurs réversibles;
diodes semiconductrices; thyristors;
essais; définitions.

Key words: high-voltage direct-current;
transmission; reversible converters;
semiconductor diodes; thyristors;
testing; definitions.



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

SECTION UN — DOMAINE D'APPLICATION ET RENVOI À D'AUTRES PUBLICATIONS DE LA CEI

Articles

1. Domaine d'application	8
2. Renvoi à d'autres publications de la CEI	8

SECTION DEUX — DÉFINITIONS

3. Termes relatifs à la coordination de l'isolement	8
3.1 Surtension	8
3.2 Surtension maximale conventionnelle	10
3.3 Tension de tenue d'essai	10
3.4 Facteur de tension de tenue d'essai	10
4. Termes relatifs à la construction de la valve	10
4.1 Module de valve	10
4.2 Base de valve	10
4.3 Thyristors redondants	10
4.4 Facteur de redondance des thyristors	12

SECTION TROIS — CLASSIFICATION ET EXECUTION DES ESSAIS

5. Essais de type	12
6. Essais de production	12
6.1 Essais individuels	12
6.2 Essais par prélèvements	12
7. Exécution des essais	12

SECTION QUATRE — ESSAIS DE TYPE

8. Généralités	14
8.1 Valve pour essai de type	16
8.2 Module pour essai de type	16
8.3 Conditions de température	16
8.4 Coefficient de sécurité d'essai	16
8.5 Critères de réussite d'un essai de type	18
9. Essais d'isolement sur la base de valve	18
9.1 Essai en tension continue sur la base de valve	20
9.2 Essai en tension alternative sur la base de valve	20
9.3 Essai de la base de valve aux chocs de manœuvres	22
9.4 Essai de la base de valve aux chocs de foudre	22
10. Essais de tension entre bornes de valve	22
10.1 Essai en tension continue de la valve	24
10.2 Essai en tension alternative de la valve	24
10.3 Essais aux chocs de la valve	26
11. Essais d'allumage et d'extinction périodiques	30
11.1 Modalités	30
11.2 Valeurs d'essai	30
12. Essai d'allumage non périodique	32
12.1 Modalités et conditions d'essai	32
13. Essai en courant continu intermittent	32
13.1 Modalités et conditions d'essai	34
13.2 Valeurs d'essai	34
14. Essai au courant de défaut	34
14.1 Modalités	36
14.2 Valeurs d'essai	36
15. Essai de l'insensibilité aux parasites électromagnétiques de la commande d'un ensemble de valves	36
16. Vérification des auxiliaires	36
17. Essai d'échauffement	38
17.1 Modalités	38

CONTENTS

FOREWORD	Page 7
PREFACE	7

SECTION ONE — SCOPE AND REFERENCES TO OTHER IEC PUBLICATIONS

Clause	
1. Scope	9
2. Reference to other IEC publications	9

SECTION TWO — DEFINITIONS

3. Insulation co-ordination terms	9
3.1 Overvoltage	9
3.2 Conventional maximum overvoltage	11
3.3 Test withstand voltage	11
3.4 Test withstand voltage factor	11
4. Valve construction terms	11
4.1 Valve module	11
4.2 Valve base	11
4.3 Redundant thyristors	11
4.4 Redundant thyristor factor	13

SECTION THREE — CLASSIFICATION AND PERFORMANCE OF TESTS

5. Type tests	13
6. Production tests	13
6.1 Routine tests	13
6.2 Sample tests	13
7. Performance of tests	13

SECTION FOUR — TYPE TESTS

8. General	15
8.1 Valve for type testing	17
8.2 Module for type testing	17
8.3 Temperature conditions	17
8.4 Test safety factor	17
8.5 Criteria for successful type testing	19
9. Insulation tests on valve base	19
9.1 Valve base d.c. voltage test	21
9.2 Valve base a.c. voltage test	21
9.3 Valve base switching impulse test	23
9.4 Valve base lightning impulse test	23
10. Voltage tests between valve terminals	23
10.1 Valve d.c. voltage test	25
10.2 Valve a.c. voltage test	25
10.3 Valve impulse tests	27
11. Periodic firing and extinction tests	31
11.1 Procedure	31
11.2 Test values	31
12. Non-periodic firing test	33
12.1 Procedure and test conditions	33
13. Intermittent direct current test	33
13.1 Procedure and test conditions	35
13.2 Test values	35
14. Fault current test	35
14.1 Procedure	37
14.2 Test values	37
15. Valve unit control-insensitivity test to electromagnetic interference (EMI)	37
16. Checking of auxiliaries	37
17. Temperature-rise test	39
17.1 Procedure	39

Articles	SECTION CINQ — ESSAIS DE PRODUCTION	Pages
18.	Généralités	38
19.	Objectifs des essais de production	40
19.1	Contrôle des connexions	40
19.2	Vérification du circuit de répartition de tension	40
19.3	Vérification des auxiliaires	40
19.4	Contrôle d'allumage	40
19.5	Contrôle de la tenue en tension	40
19.6	Vérification de la tenue au courant de défaut	40
19.7	Contrôle d'amorçage/d'extinction	40
	SECTION SIX — DÉTERMINATION DES PERTES	
20.	Essais pour la détermination des pertes	42
	ANNEXE A — Choix des coefficients de sécurité d'essai	44

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60700:1981

Clause	SECTION FIVE — PRODUCTION TESTS	Page
18.	General	39
19.	Production test objectives	41
19.1	Connection check	41
19.2	Voltage grading circuit check	41
19.3	Check of auxiliaries	41
19.4	Firing check	41
19.5	Voltage withstand check	41
19.6	Fault current capability check	41
19.7	Turn-on/turn-off check	41
	 SECTION SIX — LOSS DETERMINATION	
20.	Tests for loss determination	43
	 APPENDIX A — Choice of test safety factors	45

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60700:1981

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ESSAIS DES VALVES À SEMICONDUCTEURS
POUR LE TRANSPORT D'ÉNERGIE EN COURANT CONTINU
À HAUTE TENSION**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I 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 C E I exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la C E I, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la C E I et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 22F: Convertisseurs à haute tension pour la transmission en courant continu, du Comité d'Etudes N° 22 de la C E I: Electronique de puissance.

Des projets furent discutés lors des réunions tenues à Tokyo en 1975 et à Varsovie en 1978. A la suite de cette dernière réunion, le projet, document 22F(Bureau Central)7, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juillet 1979.

Les Comités nationaux des pays ci-après se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d')
Allemagne
Belgique
Danemark
Egypte
Espagne
Etats-Unis d'Amérique
France
Italie
Japon

Norvège
Nouvelle-Zélande
Pays-Bas
Royaume-Uni
Suède
Suisse
Tchécoslovaquie
Turquie
Union des Républiques
Socialistes Soviétiques

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**TESTING OF SEMICONDUCTOR VALVES FOR HIGH-VOLTAGE
D.C. POWER TRANSMISSION**

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 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 recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by Sub-Committee 22F: Converters for High-voltage D.C. Power Transmission, of IEC Technical Committee No. 22: Power Electronics.

Drafts were discussed at meetings held in Tokyo in 1975 and in Warsaw in 1978. As a result of this latter meeting, the draft, Document 22F(Central Office)7, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in July 1979.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Belgium
Czechoslovakia
Denmark
Egypt
France
Germany
Italy
Japan
Netherlands
New Zealand

Norway
South Africa (Republic of)
Spain
Sweden
Switzerland
Turkey
Union of Soviet
Socialist Republics
United Kingdom
United States of America

ESSAIS DES VALVES À SEMICONDUCTEURS POUR LE TRANSPORT D'ÉNERGIE EN COURANT CONTINU À HAUTE TENSION

SECTION UN — DOMAINE D'APPLICATION ET RENVOI À D'AUTRES PUBLICATIONS DE LA CEI

1. Domaine d'application

La présente norme s'applique aux valves à thyristors utilisées pour réaliser les bras du convertisseur d'une unité de conversion faisant partie d'un système de transport d'énergie ou de couplage en courant continu à haute tension.

Elle est limitée aux essais de type et de production. Les essais sur site et les essais qui peuvent être nécessaires en cours de développement ne sont pas dans le domaine d'application de cette norme.

2. Renvoi à d'autres publications de la CEI

- Publications n^{os}
- 60-1: Techniques des essais à haute tension, Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais.
 - 60-2: Deuxième partie: Modalités d'essais.
 - 71-1: Coordination de l'isolement, Première partie: Termes, définitions, principes et règles.
 - 71-2: Deuxième partie: Guide d'application.
 - 99: Parafoudres.
 - 146: Convertisseurs à semiconducteurs.
 - 147-0: Valeurs limites et caractéristiques essentielles des dispositifs à semiconducteurs et principes généraux des méthodes de mesure, Partie zéro: Généralités et terminologie.
 - 147-1: Première partie: Valeurs limites et caractéristiques essentielles.
 - 147-2: Deuxième partie: Principes généraux des méthodes de mesure.
 - 633: Terminologie pour le transport d'énergie en courant continu à haute tension.

SECTION DEUX — DÉFINITIONS

3. Termes relatifs à la coordination de l'isolement

3.1 Surtension

Toute tension dépendant du temps entre une borne et la terre ou entre deux bornes ayant une ou des valeurs de crête dépassant la valeur de crête de la tension maximale de fonctionnement correspondante.

TESTING OF SEMICONDUCTOR VALVES FOR HIGH-VOLTAGE D.C. POWER TRANSMISSION

SECTION ONE — SCOPE AND REFERENCES TO OTHER IEC PUBLICATIONS

1. Scope

This standard applies to thyristor valves used to implement the converter arms of a converter unit forming part of a high-voltage d.c. power transmission or coupling system.

It is restricted to type and production tests. Site tests and tests which may be required in the course of development are not within the scope of this standard.

2. Reference to other IEC publications

- Publications Nos. 60-1: High-voltage Test Techniques, Part 1: General Definitions and Test Requirements.
60-2: Part 2: Test Procedures.
71-1: Insulation Co-ordination, Part 1: Terms, Definitions, Principles and Rules.
71-2: Part 2: Application Guide.
99: Lightning Arresters.
146: Semiconductor Convertors.
147-0: Essential Ratings and Characteristics of Semiconductor Devices and General Principles of Measuring Methods, Part 0: General and Terminology.
147-1: Part 1: Essential Ratings and Characteristics.
147-2: Part 2: General Principles of Measuring Methods.
633: Terminology for High-voltage Direct Current Transmission.

SECTION TWO — DEFINITIONS

3. Insulation co-ordination terms

3.1 Overvoltage

Any time-dependent voltage between one terminal and earth or between two terminals with a peak value or values exceeding the peak value of the corresponding maximum operating voltage.

3.2 Surtension maximale conventionnelle

Surtension considérée comme la surtension maximale dans la procédure conventionnelle de coordination de l'isolement.

Notes 1. — La procédure conventionnelle de coordination de l'isolement est définie dans la Publication 71-1 de la C E I où elle est une variante à la procédure statistique.

2. — Si la surtension maximale conventionnelle est directement limitée par un parafoudre, cette surtension est la même que le niveau de protection du parafoudre défini dans la Publication 71-2 de la C E I.

3.3 Tension de tenue d'essai

Valeur de crête d'une tension d'essai non répétitive à laquelle une valve neuve en bon état dans son intégralité ne présentera aucune décharge disruptive, ni un nombre excessif de composants en défaut quand elle est soumise à un nombre spécifié d'applications de la tension d'essai, dans les conditions spécifiées.

Note. — Un défaut de composants dans les limites spécifiées au paragraphe 8.5 est autorisé.

3.4 Facteur de tension de tenue d'essai

Rapport de la tension de tenue d'essai à la surtension maximale conventionnelle.

Note. — Le facteur de tension de tenue d'essai ne correspond pas exactement au facteur de sécurité conventionnel défini dans la Publication 71-1 de la C E I parce que les thyristors et certains autres composants peuvent être détruits ou se dégrader pendant le service sans détériorer le fonctionnement de la valve, mais de tels incidents peuvent être détectés et les équipements en défaut peuvent être remplacés pendant les interruptions pour remettre toute la valve en parfait état.

4. Termes relatifs à la construction de la valve

4.1 Module de valve

Le plus petit assemblage, comprenant un nombre de thyristors et leurs auxiliaires immédiats pour l'allumage et pour la protection, les composants diviseurs de tension et les inductances de valve, à partir duquel la valve est construite et qui a les mêmes aptitudes électriques que la valve totale mais seulement une partie de la capacité de blocage de tension de la valve (voir aussi paragraphe 8.2).

4.2 Base de valve

Partie de la valve qui supporte mécaniquement et isole électriquement de la terre la partie active de la valve qui abrite les modules de la valve.

4.3 Thyristors redondants

Un certain nombre de thyristors en série qui, pour une cause quelconque, peuvent être court-circuités extérieurement ou intérieurement pendant l'exploitation sans détériorer le fonctionnement de la valve.

Note. — Pour une valve donnée, le nombre permis de thyristors court-circuités dépend généralement de l'intervalle d'entretien et d'autres paramètres (voir annexe A). Ce nombre peut aussi dépendre de la localisation des thyristors dans la valve et des conditions de fonctionnement.

3.2 Conventional maximum overvoltage

An overvoltage which is considered as the maximum overvoltage in the conventional procedure of insulation co-ordination.

Notes 1. — The conventional procedure of insulation co-ordination is defined in IEC Publication 71-1, where it is the alternative to the statistical procedure.

2. — If the conventional maximum overvoltage is directly limited by a surge arrester, this overvoltage is the same as the protection level of the surge arrester, as defined in IEC Publication 71-2.

3.3 Test withstand voltage

The peak value of a non-repetitive test voltage at which a new valve, with unimpaired integrity, shall not show any disruptive discharge, nor suffer excessive component failure, when subjected to a specified number of applications of the test voltage, under specified conditions.

Note. — Component failure within the limits specified under Sub-clause 8.5 shall be permitted.

3.4 Test withstand voltage factor

The ratio of the test withstand voltage to the conventional maximum overvoltage.

Note. — The test withstand voltage factor does not correspond exactly to the conventional safety factor, as defined by IEC Publication 71-1, because thyristors and certain other components may fail or degrade during service without impairing operation of the valve. However, such events can be detected and the faulty items replaced at intervals to fully restore the integrity of the valve.

4. Valve construction terms

4.1 Valve module

The smallest assembly, comprising a number of thyristors and their immediate auxiliaries for firing and protection, voltage dividing components, and distributed valve reactors, from which the valve is built up, and which exhibits the same electrical properties as the complete valve, but only a portion of the full voltage blocking capability of the valve (see also Sub-clause 8.2).

4.2 Valve base

That part of the valve which mechanically supports and electrically insulates from earth the active part of the valve which houses the valve modules.

4.3 Redundant thyristors

A number of thyristors in the series string which due to any cause may be short-circuited externally or internally during service without impairing operation of the valve.

Note. — For a given valve the permissible number of short-circuited thyristors generally depends on the maintenance interval and other design parameters (see Appendix A). This number may also depend upon the location of thyristors in the valve and upon the operating conditions.

4.4 *Facteur de redondance des thyristors*

Rapport du nombre de thyristors en série au même nombre moins celui des thyristors redondants.

SECTION TROIS — CLASSIFICATION ET EXÉCUTION DES ESSAIS

5. **Essais de type**

Essais qui sont exécutés pour vérifier que le modèle de la valve correspond aux prescriptions spécifiées.

6. **Essais de production**

Essais qui sont effectués pour vérifier la fabrication de façon que les aptitudes d'une valve correspondent à celles qui sont spécifiées.

6.1 *Essais individuels*

Essais de production qui sont effectués sur toutes les valves, tous les modules ou composants.

6.2 *Essais par prélèvements*

Essais de production qui sont effectués sur un petit nombre de valves, modules ou composants obtenus au hasard dans un lot.

7. **Exécution des essais**

7.1 Chaque modèle de valve devant être fourni suivant le contrat est soumis aux essais de type prévus dans cette norme pour assurer que le modèle de la valve respecte le contrat.

Certains essais de type peuvent être exécutés soit sur une valve complète ou sur modules, comme indiqué dans le tableau I. Pour les essais de type sur modules, où la dispersion des caractéristiques des composants est un élément essentiel qui doit être considéré, le nombre total de modules soumis à de tels essais de type est en principe approximativement le même que le nombre de modules dans une valve. Pour d'autres essais de type sur modules du tableau I où la dispersion des caractéristiques des composants n'est pas un élément essentiel, l'essai d'un plus petit nombre de modules peut être suffisant. Dans les deux cas, le nombre de modules essayés doit être accepté par l'acheteur et le fournisseur.

Si l'on peut démontrer que la valve est similaire à une valve précédemment essayée, le fournisseur peut, sous réserve d'agrément dans le contrat, soumettre un rapport certifié d'un essai de type quelconque précédent, au moins égal aux prescriptions spécifiées dans le contrat, à la place de l'essai de type.

4.4 *Redundant thyristor factor*

The ratio of the number of thyristors in the series string to the same number, minus the number of redundant thyristors.

SECTION THREE — CLASSIFICATION AND PERFORMANCE OF TESTS

5. **Type tests**

Those tests which are carried out to verify that the valve design will meet the requirements specified.

6. **Production tests**

Those tests which are carried out to verify proper manufacture, so that the properties of a valve correspond to those specified.

6.1 *Routine tests*

Those production tests which are carried out on all valves, modules or components.

6.2 *Sample tests*

Those production tests which are carried out on a small number of valves, modules or components taken at random from a batch.

7. **Performance of tests**

- 7.1 Each design of valve to be supplied under the contract shall be subjected to the type tests provided for in this standard to ensure that the valve design complies with the contract.

Certain type tests may be performed either on a complete valve or on modules, as indicated in Table I. For those type tests on modules, where the spread in component characteristics is an essential feature that must be considered, the total number of modules subjected to such type tests shall generally be approximately the same as the number of modules in a valve. For those type tests on modules in Table I where the spread in component characteristics is not an essential feature that must be considered, testing of a smaller number of modules may be sufficient. In either case, the number of modules tested must be agreed upon between purchaser and supplier.

Provided that the valve is demonstrably similar to one previously tested, the supplier may, subject to agreement in the contract, submit a certified report of any previous type test at least equal to the requirements specified in the contract in lieu of the type test.

TABLEAU I

Liste des essais de type

Essai de type	Article ou paragraphe	Essai à effectuer sur
Essai en tension continue de la base de valve	9.1	Valve
Essai en tension alternative de la base de valve	9.2	Valve
Essai aux chocs de manœuvres de la base de valve	9.3	Valve
Essai aux chocs de foudre de la base de valve	9.4	Valve
Essai en tension continue de la valve	10.1	Valve
Essai en tension alternative de la valve	10.2	Valve
Essais aux chocs de la valve	10.3	Valve
Essais d'allumage et d'extinction périodiques	11	Valve ou modules
Essai d'allumage non périodique	12	Valve ou modules
Essai en courant continu intermittent	13	Valve ou modules
Essai au courant de défaut	14	Modules
Essai de l'insensibilité aux parasites électromagnétiques de la commande d'un ensemble de valves	15	Valve ou modules
Vérification des auxiliaires	16	Valve ou modules
Essai d'échauffement	17	Valve ou modules

- 7.2 Les valves, modules et/ou composants doivent être soumis à des essais de production prévus dans la norme pour vérifier une fabrication correcte.
- 7.3 Les essais que comprend cette norme sont normalement exécutés dans l'usine du fabricant ou dans des laboratoires d'essai ou dans des instituts spéciaux d'essai. S'il n'est pas possible d'y effectuer certains essais, un accord peut alors être conclu entre le fournisseur et l'acheteur pour les effectuer sur place.
- 7.4 Si l'acheteur ou son représentant désire assister aux essais en usine, il doit le spécifier.
- 7.5 Si cela est prévu dans le contrat, le fournisseur doit fournir les certificats des résultats d'essai de type et/ou de production.
- Note.* — Il est vraisemblable que des essais supplémentaires seront réalisés par le fabricant au cours du développement, spécialement dans le cas de nouveaux modèles de valve. Ces essais et divers essais d'investigation qui sont exécutés soit dans l'usine du fabricant, soit sur des installations existantes ou ailleurs, sont en dehors du domaine d'application de cette norme.
- 7.6 Les essais doivent être réalisés en accord avec les Publications 60-1 et 60-2 de la CEI lorsque cela est applicable.

SECTION QUATRE — ESSAIS DE TYPE

8. Généralités

Les essais définis dans cette norme sont nécessaires pour les ensembles à valve unique et pour les valves uniques quand elles font partie d'ensembles à valves multiples.

TABLE I
List of type tests

Type test	Clause or sub-clause	Test to be performed on
Valve base d.c. voltage test	9.1	Valve
Valve base a.c. voltage test	9.2	Valve
Valve base switching impulse test	9.3	Valve
Valve base lightning impulse test	9.4	Valve
Valve d.c. voltage test	10.1	Valve
Valve a.c. voltage test	10.2	Valve
Valve impulse tests	10.3	Valve
Periodic firing and extinction tests	11	Valve or modules
Non-periodic firing test	12	Valve or modules
Intermittent direct current test	13	Valve or modules
Fault current test	14	Modules
Valve unit control-insensitivity test to EMI	15	Valve or modules
Checking of auxiliaries	16	Valve or modules
Temperature-rise test	17	Valve or modules

7.2 The valves, modules and/or components of them shall be subjected to the production tests provided for in this standard to ensure proper manufacture.

7.3 The tests covered by this standard are normally to be carried out in the manufacturer's works or in testing laboratories or special testing stations. If it is impracticable to perform certain tests there, an agreement may be reached between supplier and purchaser to conduct those tests on site.

7.4 When the purchaser or his representative desires to witness factory tests, he shall so specify.

7.5 When specified in the contract, the supplier shall provide certified test results of type and/or production tests.

Note. — It is expected that, especially in the case of new designs of valve, additional tests will be performed by the manufacturer in the course of development. These and other investigatory tests, whether performed at the manufacturer's works, on actual installations, or elsewhere, are outside the scope of this standard.

7.6 The tests shall be performed in accordance with IEC Publications 60-1 and 60-2, where applicable.

SECTION FOUR — TYPE TESTS

8. General

The tests described in this standard are those necessary for single valve units, and for single valves when part of multiple valve units.

L'ordre dans lequel les essais de type sont donnés dans cette norme (voir tableau I) ne correspond pas nécessairement à celui dans lequel l'essai sera effectué.

Dans plusieurs modèles, l'ensemble de valves comprend les modules de valve (paragraphe 4.1) disposés dans une structure portante ou matériau isolant. Les modules sont habituellement groupés dans une section de la valve caractérisée par des niveaux d'isolement relativement bas entre modules. Cette partie active de la valve peut alors être supportée et isolée de la terre par la base de la valve (paragraphe 4.2).

Note. — Certains de ces éléments ne peuvent exister que dans un sens théorique dans certains modèles de valve et cela peut être adapté par des modifications convenues à la spécification. Par exemple, dans une valve de type à cuve sous tension, l'isolement de la base de valve peut ne pas faire partie de la valve du point de vue de ses essais.

Pour l'exécution des essais, voir aussi l'article 7, et pour les critères de réussite d'un essai de type, voir aussi le paragraphe 8.5.

8.1 *Valve pour essai de type*

Lorsqu'il est spécifié d'effectuer un essai sur une valve complète, il est entendu que la valve est montée complète avec, autant que possible, tous les composants auxiliaires. En particulier, les fluides d'isolation et de refroidissement doivent être présents dans des conditions qui représentent les conditions d'exploitation d'aussi près qu'il est nécessaire pour l'essai en question.

8.2 *Module pour essai de type*

Lorsqu'il est spécifié d'effectuer un essai sur modules, un module essayé est un module de valve, une partie ou plus d'un module de valve dans un schéma approprié aux prescriptions d'essai, compte tenu des caractéristiques particulières du type de valve.

Note. — Dans le cas d'un module de valve qui comprend plusieurs thyristors en série, l'essai sur une partie moins importante que le module complet peut suffire. Lorsque le module comprend un thyristor unique, il peut être nécessaire dans certains essais d'utiliser plusieurs modules connectés en série.

8.3 *Conditions de température*

Les tests doivent être effectués à la température ambiante, sauf spécification contraire.

Note. — Il est entendu que différentes caractéristiques de thyristors dépendent de la température et qu'il importe de tenir compte des variations qu'elles subissent au cours des essais de développement. Toutefois, les essais de type et de production s'effectuent généralement dans les conditions de température ambiante, à l'exception des essais qui reproduisent fidèlement les conditions normales d'exploitation, auquel cas les effets de température sont plus importants et l'échauffement de jonction du thyristor peut être obtenu assez facilement.

8.4 *Coefficient de sécurité d'essai*

Les valeurs de tension d'essai spécifiées pour les essais de type sur une valve complète ou sur un module sont déterminées en partie par les coefficients de sécurité d'essai. Le facteur de tension de tenue d'essai, défini au paragraphe 3.4, est un cas spécial d'un tel coefficient de sécurité. Les valeurs numériques spécifiées dans cette norme pour ces coefficients sont valables quand le facteur de redondance des thyristors n'excède pas 1,03 (le niveau le plus bas si deux

The order in which the type tests are given in this standard (see Table I) does not necessarily correspond to the order in which the tests shall be performed.

In many designs, the valve unit will comprise valve modules (Sub-clause 4.1) arranged in a supporting structure of insulating material. The modules will usually be grouped together in a section of the valve characterized by relatively low insulation levels between modules. This active part of the valve may then be supported and insulated from earth by the valve base (Sub-clause 4.2).

Note. — Some of these features may exist in only a notional sense in certain designs of valve, and this may have to be accommodated by agreed changes to the specification. For example, in a live-tank type valve, the valve base insulation may not be part of the valve from the point of view of its testing.

For the performance of tests, see also Clause 7 and for the criteria for successful type testing, see also Sub-clause 8.5.

8.1 *Valve for type testing*

For those tests where it is specified that the test shall be on a complete valve, it is intended that the valve shall be erected complete with all ancillary components as far as possible. In particular, the cooling and insulating fluids shall be present in conditions which reasonably represent the service conditions in so far as is necessary for the test in question.

8.2 *Module for type testing*

For those tests where it is specified that the test may be performed upon a module, the module tested shall be a valve module, a part of or more than one valve module in a connection appropriate to the test requirements, and taking full account of the particular design characteristics of the valve.

Note. — In the case of a valve module which comprises many thyristors in series, less than the complete module may suffice. Where the module consists of a single thyristor, it may be necessary in some tests to use several modules in series connection.

8.3 *Temperature conditions*

The tests shall be performed at the prevailing ambient temperature, unless otherwise specified.

Note. — It is realized that several thyristor characteristics are temperature-dependent and due attention must be given to those variations during the development tests. However, type and production tests may normally be performed under ambient temperature conditions, except for tests reflecting closely the normal service conditions when temperature effects are more important and the thyristor junction temperature rise is relatively easy to obtain.

8.4 *Test safety factor*

The values of the test voltages specified for type tests on a complete valve or module are determined partly by test safety factors. The test withstand voltage factor, as defined in Sub-clause 3.4, is a special case of such a safety factor. The numerical values specified in this standard for these factors are valid when the redundant thyristor factor does not exceed 1.03 (the lower level, if two different levels are used, see Appendix A, Clause A1). For valves

niveaux différents sont utilisés, voir annexe A, article A1). Pour les valves conçues avec un facteur de redondance des thyristors plus grand que 1,03, il peut être nécessaire d'augmenter le coefficient de sécurité d'essai ou le facteur de tension de tenue d'essai.

Note. — Habituellement, l'augmentation du facteur de redondance des thyristors n'est reflétée que partiellement par une augmentation de la sécurité de l'essai ou du facteur de tension de tenue d'essai (voir annexe A, article A5). Cependant, le coefficient de sécurité doit toujours être plus grand que la valeur maximale du facteur de redondance des thyristors.

8.5 Critères de réussite d'un essai de type

C'est un élément essentiel des valves à thyristors que les composants en défaut puissent être remplacés pendant les opérations d'entretien prévues et, à cette fin, une valve complète prévoira normalement la mise en place d'un certain nombre de thyristors de redondance (voir paragraphe 4.3).

Les essais de type sur une valve ou sur des modules consistent à les soumettre, généralement dans un temps court, à des contraintes multiples qui correspondent surtout aux pires conditions qui seront appliquées à la valve, pendant quelques instants au plus de la vie de la valve; en conséquence, un nombre limité de défauts sur les thyristors et sur les composants auxiliaires sont permis pendant l'essai de type (voir note du paragraphe 3.4).

La valve ou les modules doivent être contrôlés avant chaque essai de type, mais après tous les essais d'étalonnage préalables, et de nouveau après chaque essai de type pour déterminer les thyristors ou composants auxiliaires défectueux ou non pendant l'essai. Les thyristors ou composants auxiliaires défectueux à la fin d'un essai de type doivent être remis en état avant de poursuivre l'essai de la valve.

Il est recommandé que le même critère soit utilisé pour les essais individuels de type sur les valves et sur les modules en fonction du nombre de thyristors et de composants auxiliaires pouvant être détruits, pourvu que le nombre de modules essayés soit approximativement le même que celui des modules d'une valve. Il est aussi recommandé que les défauts provoquant la défaillance d'environ 1 % des thyristors connectés en série, mais pas celle de moins d'un thyristor, ou leur mise en court-circuit par défauts de composants auxiliaires, soient permis dans tout essai de type sous réserve d'un total limitatif de 3 % pour tous les essais de type énumérés au tableau I.

Pour les essais de type sur modules, énumérés au tableau I, dans lesquels les objectifs de l'essai peuvent être atteints par l'essai d'un plus petit nombre de modules, le critère d'essai doit être convenu entre acheteur et fournisseur.

Il convient que le nombre spécifique de défauts de thyristors permis fasse l'objet d'un accord entre acheteur et fournisseur. Un plus grand nombre de défauts que celui qui est recommandé ci-dessus peut convenir dans certains cas, par exemple si des essais supplémentaires sont effectués.

Ni la perforation de l'équipement électrique commun associé à la valve, ni la décharge disruptive d'un matériau diélectrique faisant partie de la structure métallique, des conduits de refroidissement, des guides de lumière et d'autres parties isolantes des systèmes de transmission et de distribution d'impulsions n'est autorisée.

9. Essais d'isolement sur la base de valve

Les essais spécifiés dans cet article (voir tableau I) ne sont applicables qu'aux modèles de valve dont la base existe sous une forme distincte.

designed with a redundant thyristor factor larger than 1.03 it may be necessary to increase the test safety factor or test withstand voltage factor.

Note. — Usually, the increase in the redundant thyristor factor will be only partially reflected in an increased test safety or test withstand voltage factor (see Appendix A, Clause A5). However, the safety factor should always be larger than the maximum value of the redundant thyristor factor.

8.5 *Criteria for successful type testing*

It is an essential feature of thyristor valves that failed components may be replaced during scheduled maintenance operations and to allow for this, a complete valve will normally include the provision of a number of redundant thyristors (see Sub-clause 4.3).

Type tests on a valve or on modules generally subject them within a short time to multiple stresses that correspond mostly to the worst stresses that will be applied to the valve not more than a few times during the life of the valve, and therefore a limited number of thyristor and auxiliary component failures shall be permitted during type testing (see note to Sub-clause 3.4).

The valve or modules shall be checked before each type test, after any preliminary calibration tests, and again after each type test to determine whether or not any thyristors or auxiliary components have failed during the test. Failed thyristors or auxiliary components found at the end of a type test shall be remedied before further testing of the valve.

It is recommended that the same criteria be used for individual type tests on valves and on modules in respect of the number of thyristors and auxiliary components that shall be permitted to fail, provided that the number of modules tested is approximately the same as the number of modules in a valve. It is also recommended that failures causing up to about 1% of the series connected thyristors but not less than one thyristor to fail or be short-circuited by auxiliary component failures shall be permitted in any type test, subject to a limiting total for all type tests, which are listed in Table I, not exceeding 3% failed series connected thyristors or thyristors short-circuited by auxiliary component failures.

For type tests on modules listed in Table I where the objectives of the tests can be met by testing a smaller number of modules, the test criteria must be agreed upon between purchaser and supplier.

The specific number of thyristor failures permitted should be agreed upon between purchaser and supplier. A greater number of failures than recommended above may be appropriate in some cases, for example, if additional tests are performed.

No breakdown of common electrical equipment associated with the valve, nor disruptive discharge in dielectric material forming part of the metal structure, cooling ducts, light guides and other insulating parts of the pulse transmission and distribution systems, shall be permitted.

9. **Insulation tests on valve base**

The tests specified in this clause (see Table I) are applicable directly only to those designs of valve where the valve base exists in a discrete form.

Une isolation discrète similaire peut être considérée entre les valves d'un ensemble à valves multiples. L'essai d'isolement entre valves d'un ensemble à valves multiples n'est cependant pas dans le domaine d'application de cette norme.

Les objectifs principaux de ces essais sont les suivants:

- a) vérifier l'absence de décharge disruptive dans l'isolement de la base de la valve, les conduits de refroidissement, les guides de lumière et autres parties isolantes des systèmes de transmission et de distribution d'impulsions à la tension d'essai maximale;
- b) vérifier que les tensions d'extinction et d'apparition de décharge partielle sont au-dessus de la tension maximale de fonctionnement apparaissant sur la base de la valve.

Les valeurs d'essai sont déterminées sur la base des conditions de service les plus sévères.

Notes 1. — Si on estime que les essais spécifiés par cet article ne conviennent pas en raison du modèle de la valve en question, on prendra en considération des essais en variante par lesquels les principaux objectifs ci-dessus pourront être atteints. Il convient que de tels essais en variante soient convenus entre acheteur et fournisseur.

2. — En fonction de l'application, il peut être possible d'éliminer certains des essais sur la base de la valve, indiqués ci-après, sous réserve d'accord entre acheteur et fournisseur.

9.1 Essai en tension continue sur la base de valve

Les deux principales bornes de la valve sont connectées ensemble et la tension continue est appliquée entre les deux principales bornes ainsi réunies et la terre. A partir d'une tension pas plus élevée que 50% de la tension maximale d'essai, la tension est augmentée jusqu'à la tension d'essai spécifiée, maintenue constante pendant 30 min, puis réduite à zéro. Si un effluve visible ou audible se produit au-dessous ou au niveau de la tension d'essai spécifiée, les tensions d'apparition et d'extinction sont mesurées.

A la tension maximale de fonctionnement, aucun effluve audible ou visible n'est autorisé.

L'essai est ensuite répété avec une tension de polarité opposée.

La tension d'essai à courant continu de la base de valve est déterminée d'après ce qui suit:

$$U_{tdb} = \pm U_{dmb} \cdot k_1$$

où:

U_{dmb} = tension maximale à courant continu apparaissant sur la base de la valve

k_1 = un coefficient de sécurité d'essai

$k_1 = 1,5$

9.2 Essai de tension alternative sur la base de valve

Les deux bornes principales de la valve sont connectées ensemble et la tension d'essai à courant alternatif est appliquée entre la terre et les deux bornes principales ainsi raccordées. A partir d'une tension pas plus élevée que 50% de la tension maximale d'essai, la tension est augmentée jusqu'à la tension d'essai spécifiée, maintenue constante pendant 1 min, puis réduite à zéro. Si une décharge partielle se produit au-dessous ou au niveau de la tension d'essai spécifiée, les tensions d'apparition et d'extinction sont mesurées.

Note. — Pour certains types d'isolement, par exemple papier et huile, un essai de plus longue durée à une tension plus faible combinée avec des mesures de décharge partielle peut donner des informations complémentaires concernant le comportement à long terme du matériau isolant.

Similar discrete insulation may be identifiable between valves of a multiple valve unit. The testing of the insulation between valves of a multiple valve unit is however not within the scope of this standard.

The principal objectives of these tests are:

- a) to test for absence of disruptive discharge in the insulation of the valve base, cooling ducts, light guides and other insulating parts of the pulse transmission and distribution systems at the maximum test voltage;
- b) to verify that the partial discharge inception and extinction voltages are above the maximum operating voltage appearing on the valve base.

The test values shall be determined on the basis of the most onerous service conditions.

Notes 1. — If the tests specified by this clause are deemed to be inappropriate by virtue of the valve design in question, consideration should be given to alternative tests by which the above principal objectives may be met. Such alternative tests should be agreed upon between purchaser and supplier.

2. — Depending upon the application, it may be possible to eliminate some of the following tests on the valve base, subject to agreement between purchaser and supplier.

9.1 Valve base d.c. voltage test

The two main terminals of the valve shall be connected together and the d.c. voltage then applied between the two main terminals thus connected and earth. Starting from a voltage not higher than 50% of the maximum test voltage, the voltage shall be raised to the specified test voltage, kept constant for 30 min, and then reduced to zero. If visible or audible corona occurs below or at the specified test voltage, the inception and extinction voltages shall be measured.

At the maximum operating voltage no audible or visible corona is permitted.

The test shall then be repeated with the voltage of opposite polarity.

The valve base d.c. test voltage shall be determined in accordance with the following:

$$U_{tdb} = \pm U_{dmb} \cdot k_1$$

where:

U_{dmb} = maximum operating d.c. voltage appearing on the valve base

k_1 = a test safety factor

k_1 = 1.5

9.2 Valve base a.c. voltage test

The two main terminals of the valve shall be connected together and the a.c. test voltage then applied between the two main terminals thus connected and earth. Starting from a voltage not higher than 50% of the maximum test voltage, the voltage shall be raised to the specified test voltage, kept constant for 1 min, and then reduced to zero. If partial discharge occurs below or at the specified test voltage, the inception and extinction voltages shall be measured.

Note. — For certain types of insulation, e.g. paper and oil, a longer duration test at a lower voltage combined with partial discharge measurements may give additional information regarding the long-term behaviour of the insulation material.

La tension d'essai alternative de la base de valve est déterminée d'après ce qui suit:

$$U_{\text{tab}} = \frac{U_{\text{mb}}}{\sqrt{2}} \cdot k_2$$

où:

U_{mb} = valeur de crête de la tension maximale répétitive apparaissant à travers la base de valve, incluant la surtension de commutation

k_2 = un coefficient de sécurité d'essai

k_2 = 1,3

9.3 Essai de la base de valve aux chocs de manœuvres

L'essai en tension aux chocs de manœuvres comprend trois applications de polarité positive et trois applications de polarité négative entre la terre et les bornes principales réunies de la valve.

La forme d'onde de tension aux chocs de manœuvres normalisée est utilisée, c'est-à-dire 250/2 500 μs , comme spécifié dans la Publication 60-2 de la C E I.

La tension d'essai est normalement choisie en accord avec la coordination d'isolement de la sous-station de CCHT.

9.4 Essai de la base de valve aux chocs de foudre

Pour cet essai, une capacité parasite externe à la valve est disposée de façon à simuler les conditions les plus sévères dans la mesure où elles influencent la distribution de la tension à travers la base de la valve.

L'essai comprend trois applications de polarité positive et trois applications de polarité négative entre la terre et les bornes principales de la valve réunies.

La forme d'onde de tension aux chocs de foudre normalisée est utilisée, c'est-à-dire 1,2/50 μs , comme spécifié dans la Publication 60-2 de la C E I.

La tension d'essai est normalement choisie en accord avec la coordination d'isolement de la sous-station de CCHT.

10. Essais de tension entre bornes de valve

Les principaux objectifs des essais de tension entre bornes de valve sont les suivants:

- a) déterminer le nombre de composants électriques tombant en défaut dans la rangée de thyristors et dans le circuit associé durant l'essai, le cas échéant;
- b) vérifier l'absence de décharge disruptive dans l'isolement de la structure de la valve, les conduits de refroidissement, les guides de lumière et autres parties isolantes des systèmes de transmission et de distribution d'impulsions à la tension maximale d'essai;
- c) vérifier que les tensions d'apparition et d'extinction des décharges partielles sont au-dessus de la tension maximale répétitive de fonctionnement;

Similar discrete insulation may be identifiable between valves of a multiple valve unit. The testing of the insulation between valves of a multiple valve unit is however not within the scope of this standard.

The principal objectives of these tests are:

- a) to test for absence of disruptive discharge in the insulation of the valve base, cooling ducts, light guides and other insulating parts of the pulse transmission and distribution systems at the maximum test voltage;
- b) to verify that the partial discharge inception and extinction voltages are above the maximum operating voltage appearing on the valve base.

The test values shall be determined on the basis of the most onerous service conditions.

Notes 1. — If the tests specified by this clause are deemed to be inappropriate by virtue of the valve design in question, consideration should be given to alternative tests by which the above principal objectives may be met. Such alternative tests should be agreed upon between purchaser and supplier.

2. — Depending upon the application, it may be possible to eliminate some of the following tests on the valve base, subject to agreement between purchaser and supplier.

9.1 Valve base d.c. voltage test

The two main terminals of the valve shall be connected together and the d.c. voltage then applied between the two main terminals thus connected and earth. Starting from a voltage not higher than 50% of the maximum test voltage, the voltage shall be raised to the specified test voltage, kept constant for 30 min, and then reduced to zero. If visible or audible corona occurs below or at the specified test voltage, the inception and extinction voltages shall be measured.

At the maximum operating voltage no audible or visible corona is permitted.

The test shall then be repeated with the voltage of opposite polarity.

The valve base d.c. test voltage shall be determined in accordance with the following:

$$U_{tdb} = \pm U_{dmb} \cdot k_1$$

where:

U_{dmb} = maximum operating d.c. voltage appearing on the valve base

k_1 = a test safety factor

k_1 = 1.5

9.2 Valve base a.c. voltage test

The two main terminals of the valve shall be connected together and the a.c. test voltage then applied between the two main terminals thus connected and earth. Starting from a voltage not higher than 50% of the maximum test voltage, the voltage shall be raised to the specified test voltage, kept constant for 1 min, and then reduced to zero. If partial discharge occurs below or at the specified test voltage, the inception and extinction voltages shall be measured.

Note. — For certain types of insulation, e.g. paper and oil, a longer duration test at a lower voltage combined with partial discharge measurements may give additional information regarding the long-term behaviour of the insulation material.

La tension d'essai alternative de la base de valve est déterminée d'après ce qui suit:

$$U_{\text{tab}} = \frac{U_{\text{mb}}}{\sqrt{2}} \cdot k_2$$

où:

U_{mb} = valeur de crête de la tension maximale répétitive apparaissant à travers la base de valve, incluant la surtension de commutation

k_2 = un coefficient de sécurité d'essai

$k_2 = 1,3$

9.3 Essai de la base de valve aux chocs de manœuvres

L'essai en tension aux chocs de manœuvres comprend trois applications de polarité positive et trois applications de polarité négative entre la terre et les bornes principales réunies de la valve.

La forme d'onde de tension aux chocs de manœuvres normalisée est utilisée, c'est-à-dire 250/2 500 μs , comme spécifié dans la Publication 60-2 de la C E I.

La tension d'essai est normalement choisie en accord avec la coordination d'isolement de la sous-station de CCHT.

9.4 Essai de la base de valve aux chocs de foudre

Pour cet essai, une capacité parasite externe à la valve est disposée de façon à simuler les conditions les plus sévères dans la mesure où elles influencent la distribution de la tension à travers la base de la valve.

L'essai comprend trois applications de polarité positive et trois applications de polarité négative entre la terre et les bornes principales de la valve réunies.

La forme d'onde de tension aux chocs de foudre normalisée est utilisée, c'est-à-dire 1,2/50 μs , comme spécifié dans la Publication 60-2 de la C E I.

La tension d'essai est normalement choisie en accord avec la coordination d'isolement de la sous-station de CCHT.

10. Essais de tension entre bornes de valve

Les principaux objectifs des essais de tension entre bornes de valve sont les suivants:

- déterminer le nombre de composants électriques tombant en défaut dans la rangée de thyristors et dans le circuit associé durant l'essai, le cas échéant;
- vérifier l'absence de décharge disruptive dans l'isolement de la structure de la valve, les conduits de refroidissement, les guides de lumière et autres parties isolantes des systèmes de transmission et de distribution d'impulsions à la tension maximale d'essai;
- vérifier que les tensions d'apparition et d'extinction des décharges partielles sont au-dessus de la tension maximale répétitive de fonctionnement;

The valve base a.c. test voltage shall be determined in accordance with the following:

$$U_{\text{tab}} = \frac{U_{\text{mb}}}{\sqrt{2}} \cdot k_2$$

where:

U_{mb} = peak value of maximum repetitive operating voltage appearing across the valve base, including commutation overshoot

k_2 = a test safety factor

k_2 = 1.3

9.3 Valve base switching impulse test

The test shall comprise three applications of positive polarity and three applications of negative polarity switching impulse voltages between the commoned main terminals of the valve and earth.

The standard switching impulse voltage waveshape shall be used, viz 250/2 500 μs , as specified in IEC Publication 60-2.

The test voltage should be selected in accordance with insulation co-ordination of the HVDC substation.

9.4 Valve base lightning impulse test

For the purpose of this test, stray capacitance, external to the valve, shall be arranged so as to simulate the most onerous conditions in so far as they influence the voltage distribution across the base of the valve.

The test shall comprise three applications of positive polarity and three applications of negative polarity lightning impulse voltages between the commoned main terminals of the valve and earth.

The standard lightning impulse voltage waveshape shall be used, viz 1.2/50 μs , as specified in IEC Publication 60-2.

The test voltage should be selected in accordance with insulation co-ordination of the HVDC substation.

10. Voltage tests between valve terminals

The principal objectives of the voltage tests between valve terminals are:

- a) to determine how many electrical components in the thyristor string and associated circuitry fail during the test, if any;
- b) to test for the absence of disruptive discharge in the insulation of the valve structure, cooling ducts, light guides and other insulating parts of the pulse distribution and transmission systems at the maximum test voltage;
- c) to verify that the partial discharge inception and extinction voltages are above the maximum repetitive operating voltage;

- d) démontrer en partie l'immunité d'une unité de contrôle de valve aux parasites électromagnétiques provenant de la valve et de l'extérieur de la valve, à moins que l'immunité de la valve puisse être adéquatement démontrée par un autre essai.

Note. — Suivant le modèle de valve, il peut être possible d'omettre certains essais de tension, sous réserve d'accord entre l'acheteur et le fournisseur: par exemple les prescriptions d'essai de tension à courant continu d'une valve.

10.1 Essai en tension continue de la valve

La source de tension continue d'essai est connectée de façon que la polarité positive soit appliquée entre une borne principale de la valve et la terre, l'autre borne principale de la valve étant mise à la terre. À partir d'une tension pas plus élevée que 50% de la tension d'essai de 1 min, la tension est augmentée jusqu'à la tension d'essai spécifiée de 1 min, maintenue constante pendant 1 min puis diminuée jusqu'à zéro. Si des effluves sonores ou visibles se produisent au-dessous ou au niveau de la tension d'essai spécifiée de 1 min, les tensions d'apparition et d'extinction doivent être mesurées.

L'essai est ensuite répété avec la polarité négative appliquée entre la même borne principale de la valve et la terre.

La tension d'essai en courant continu de la valve U_{ldv} est déterminée d'après ce qui suit:

$$U_{ldv} = \pm U_{dN} \cdot k_3$$

où:

U_{dN} = tension continue assignée du pont

k_3 = coefficient de sécurité d'essai

$k_3 = 1,6$

Suivant le modèle de valve, particulièrement lorsque l'isolation à travers la valve est critique, un essai d'une durée de 30 min avec un contrôle de décharge partielle peut donner des informations complémentaires. Dans ce cas, la tension d'essai est convenue entre l'acheteur et le fournisseur.

Note. — Il convient de considérer que la tension d'essai en courant continu dépend non seulement de la tension à courant continu qui peut se présenter en service normal ($U_{dN}/2$), mais aussi tient compte des caractéristiques de l'isolement et des tensions continues éventuelles apparaissant à travers la valve pendant certaines conditions de défaut.

Le niveau de la tension d'essai et la durée de l'essai peuvent être modifiés pour refléter les contraintes effectives qui peuvent être imposées à la valve suivant son schéma de protection.

10.2 Essai en tension alternative de la valve

La source de tension alternative doit être connectée entre une borne principale de la valve et la terre, l'autre borne principale de la valve étant mise à la terre. À partir d'une tension pas plus élevée que 50% de la tension maximale d'essai, la tension est augmentée jusqu'à la tension d'essai spécifiée de 15 s, maintenue constante pendant 15 s, et ensuite réduite à zéro. Si une décharge partielle se produit au-dessous ou au niveau de la tension d'essai spécifiée de 15 s, les tensions d'apparition et d'extinction ainsi que le niveau de décharge partielle à la tension d'essai de 15 s sont mesurés.

La tension d'essai de tenue alternative de la valve U_{lav} est déterminée d'après ce qui suit:

$$U_{lav} = U_{vOm} \cdot k_r \cdot k_c \cdot k_4$$

- d) to demonstrate, in part, the immunity of the valve unit control to electromagnetic interference arising from within the valve and from outside the valve, unless the immunity can be adequately demonstrated by another test.

Note. — Dependent upon the design of the valve, it may be possible to omit certain insulation tests, subject to agreement between purchaser and supplier, for example, the requirements for a valve d.c. voltage test may be waived.

10.1 Valve d.c. voltage test

The d.c. test voltage source is connected so that the positive polarity is applied between one main terminal of the valve and earth with the other main terminal of the valve earthed. Starting from a voltage not higher than 50% of the 1 min test voltage, the voltage shall be raised to the specified 1 min test voltage, kept constant for 1 min, and then reduced to zero. If visible or audible corona occurs below or at the specified 1 min test voltage, the inception and extinction voltages shall be measured.

The test shall then be repeated with the negative polarity applied between the same main terminal of the valve and earth.

The valve d.c. voltage U_{tdv} shall be determined in accordance with the following:

$$U_{\text{tdv}} = \pm U_{\text{dN}} \cdot k_3$$

where:

U_{dN} = rated bridge voltage

k_3 = a test safety factor

k_3 = 1.6

Dependent upon the valve design, particularly when the insulation across the valve is critical, a 30 min duration test with a check of partial discharge may give additional information. In this case, the test voltage shall be agreed upon between purchaser and supplier.

Note. — It should be realized that the d.c. test voltage is based not only on the d.c. voltage that may appear under normal service conditions ($U_{\text{dN}}/2$) but also takes into account the characteristics of the insulation and possible d.c. voltages appearing across the valve during certain fault conditions.

The test voltage level and duration of the test may be altered to reflect the actual stresses that may be imposed on the valve, depending on the protection scheme of the valve.

10.2 Valve a.c. voltage test

The a.c. voltage source is to be connected between one main terminal of the valve and earth with the other main terminal of the valve earthed. Starting from a voltage not higher than 50% of the maximum test voltage, the voltage shall be raised to the specified 15 s test voltage, kept constant for 15 s, and then reduced to zero. If partial discharge occurs below or at the specified 15 s test voltage, the inception and extinction voltages and also the partial discharge level at the 15 s test voltage shall be measured.

The valve a.c. test withstand voltage U_{tav} shall be determined in accordance with the following:

$$U_{\text{tav}} = U_{\text{vOm}} \cdot k_r \cdot k_c \cdot k_4$$

où :

- U_{vOm} = tension entre phases à vide la plus élevée sur le côté valve du transformateur
 k_r = coefficient de surtension temporaire du réseau alternatif, incluant la surtension dynamique due au délestage
 k_c = coefficient de surtension de commutation
 k_4 = coefficient de sécurité d'essai. Ce coefficient ne doit en aucun cas être plus petit que le facteur de redondance des thyristors (voir paragraphe 8.4)
 $k_4 = 1,15$

- Notes 1. — Le choix de k_r et k_c se fera de façon que le produit $\sqrt{2} U_{vOm} \cdot k_r \cdot k_c$ soit égal à la tension de crête à travers la valve durant le fonctionnement dans les conditions de surtension dynamique spécifiée.
2. — Bien que la crête de tension d'essai sinusoïdale prescrite corresponde à la tension de crête apparaissant à travers la valve dans les conditions de service, le produit tension-temps de la tension d'essai sera beaucoup plus grand que le produit tension-temps réel. Ce plus grand produit tension-temps peut, suivant le modèle de valve, surcharger certains composants de façon irréaliste.

Suivant le modèle de valve, particulièrement lorsque l'isolation à travers la valve est critique, un essai d'une durée de 30 min avec un contrôle de la décharge partielle peut donner des informations complémentaires. Dans ce cas, la tension d'essai est convenue entre acheteur et fournisseur.

10.3 Essais aux chocs de la valve

Il est de pratique générale d'essayer l'équipement électrique avec des tensions en onde de choc normalisées. Cette pratique peut aussi être possible pour certains modèles de valves. Toutefois, pour d'autres modèles de valves, le respect des formes normalisées de chocs de foudre et de manœuvres peut soumettre la valve à des contraintes plus grandes que celles qui peuvent arriver en service, et en conséquence la conformité peut entraîner une pénalité de coût.

Les formes d'ondes normalisées peuvent ne pas convenir à tous les cas. Premièrement, l'impédance relativement faible de la valve peut empêcher des surtensions à front raide d'apparaître à travers la valve en service. Cette faible impédance peut rendre irréalisable ou impossible l'application d'un choc de foudre normalisé aux bornes de la valve ainsi que le maintien d'une impédance caractéristique du générateur suffisamment élevée pour limiter les contraintes d'allumage à des valeurs réalistes.

Deuxièmement, on doit considérer que si la valve utilise l'allumage de protection, les formes d'onde spécifiées ne seront pas maintenues à travers la valve pendant l'essai si l'allumage de protection se produit.

Si, sous réserve d'accord entre acheteur et fournisseur, des ondes de choc non normalisées sont utilisées, celles-ci seront déterminées par le calcul ou par des études sur modèle utilisant les paramètres appropriés et applicables à la sous-station de CCHT réelle et incluant l'impédance de la valve. Les paramètres du générateur d'impulsions doivent être choisis pour produire cette forme d'onde dans la mesure où cela est réalisable.

Pour les valves qui ont des dispositifs limiteurs de tension intégrés, il peut ne pas être possible de suivre les modalités décrites dans cette norme. Dans ce cas, les essais aux chocs sont convenus entre acheteur et fournisseur.

A moins que l'immunité aux parasites électromagnétiques de la commande d'un ensemble de valves ne soit vérifiée correctement dans un autre essai, les circuits d'allumage à gâchette sont excités avant l'application du choc et la capacité de fonctionnement des circuits d'allumage est démontrée immédiatement après l'application du choc.

where:

U_{vOm} = highest no-load phase-to-phase voltage on the valve side of the transformer

k_r = temporary overvoltage factor of the a.c. system, including dynamic overvoltage due to load rejection

k_c = commutation overshoot factor

k_4 = a test safety factor. In no case shall this factor be smaller than the redundant thyristor factor (see Sub-clause 8.4)

$k_4 = 1.15$

Notes 1. — Selection of k_r and k_c should be such that the product $\sqrt{2} U_{vOm} \cdot k_r \cdot k_c$ is equal to the peak voltage across the valve during operation under specified dynamic overvoltage conditions.

2. — Although the peak of the prescribed sinusoidal test voltage corresponds to the peak voltage appearing across the valve under service conditions, the volt-time product of the test voltage will be much greater than the actual volt-time product. This greater volt-time product may, depending on the design of the valve, overstress certain components unrealistically.

Dependent upon the valve design, particularly where the insulation across the valve is critical, a 30 min duration test with a check of partial discharge may give additional information. In this case the test voltage shall be agreed upon between purchaser and supplier.

10.3 Valve impulse tests

It is common practice to test electrical equipment with standard impulse waveshape voltages. This may also be feasible for some valve designs. However, for other valve designs, adherence to the standard switching and lightning impulse shapes may result in the valve being subjected to greater stresses during tests than can arise in service and consequently compliance may incur a cost penalty.

The standard waveshapes may not be generally appropriate. Firstly, the relatively low impedance of the valve may prevent voltage surges having steep fronts from appearing across the valve in service. This low impedance may make it impracticable or impossible to apply a standard lightning impulse across the valve and still maintain a sufficiently high surge generator impedance to limit firing stresses to realistic values.

Secondly, it must be realized that, if the valve utilizes protective firing, the specified waveshapes will not be maintained across the valve during testing if protective firing occurs.

If, subject to agreement between purchaser and supplier, non-standard impulse waveshapes are to be used, the waveshapes shall be determined by calculation or model studies, using the appropriate parameters applicable to the real HVDC substation, including the valve impedance. The impulse generator parameters must then be selected to produce this waveshape in so far as is practicable.

For valves which have voltage limiting means integral with the valve, it might not be possible to follow the procedures described in this standard. In such a case, the impulse tests shall be agreed upon between purchaser and supplier.

Unless the immunity of the valve unit control to electromagnetic interference is tested adequately in another test, the gate firing circuits shall be energized prior to the application of the impulse, and the capability of the firing circuits shall be demonstrated immediately after the application of the impulse.

a) *Essai de la valve aux chocs de manœuvres*

L'essai comprend trois applications de polarité positive et trois applications de polarité négative de la tension d'essai aux chocs de manœuvres d'amplitude spécifiée et de forme déterminée par l'opération précédente.

Si la valve comprend un allumage de protection contre les surtensions dans le sens direct, trois applications supplémentaires de chocs de manœuvres positifs, d'amplitude spécifiée telle que la valve ne s'amorce pas, doivent être effectuées.

L'essai est effectué sur une valve complète. La tension U_{tsv} de tenue d'essai aux chocs de manœuvres de la valve est déterminée d'après ce qui suit:

$$U_{tsv} = \pm U_{cms} \cdot k_5$$

où:

U_{cms} = surtension maximale conventionnelle au choc de manœuvre

k_5 = coefficient de sécurité d'essai. Ce coefficient ne doit en aucun cas être plus petit que le facteur de redondance des thyristors (voir paragraphe 8.4)

$k_5 = 1,15$

b) *Essai de la valve aux chocs de foudre*

Pour cet essai, une capacité parasite externe à la valve est disposée de façon à simuler les conditions les plus sévères dans la mesure où elles influencent la distribution de la tension et la dissipation d'énergie susceptibles d'apparaître en service.

L'essai comprend trois applications de polarité positive et trois applications de polarité négative d'un choc de foudre d'une amplitude spécifiée et d'une forme déterminée par l'opération précédente.

Si la valve comprend un allumage de protection contre les surtensions dans le sens direct, trois applications supplémentaires de chocs de foudre positifs, d'amplitude spécifiée telle que la valve ne s'amorce pas, doivent être effectuées.

L'essai est effectué sur une valve complète.

La tension U_{tlv} de tenue d'essai aux chocs de foudre de la valve est déterminée d'après ce qui suit:

$$U_{tlv} = \pm U_{cml} \cdot k_6$$

où:

U_{cml} = surtension maximale conventionnelle du choc de foudre

k_6 = coefficient de sécurité d'essai. Ce coefficient ne doit être en aucun cas plus petit que le facteur de redondance des thyristors (voir paragraphe 8.4)

$k_6 = 1,15 - 1,2$

Note. — La valeur la plus faible de k_6 peut convenir aux types de station de conversion où la tension aux bornes de la valve est limitée par un parafoudre connecté directement aux bornes de la valve.

Si l'on s'attend à rencontrer en service des surtensions avec des fronts d'onde vraiment plus courts que $1,2 \mu s$, l'acheteur et le fournisseur peuvent convenir d'un essai équivalent et approprié à la place de l'essai au choc normal défini ci-dessus.

Pour démontrer que les thyristors ont aussi un dU/dt adéquat, à la température maximale de jonction en fonctionnement permanent, l'essai aux chocs de foudre sur une valve complète à la température ambiante peut, sous réserve d'accord entre acheteur et fournisseur, être complété par un essai aux chocs de foudre sur module(s) avec un nombre représentatif de thyristors connectés en série et réchauffés à la température maximale de jonction en fonctionnement permanent.

a) Valve switching impulse test

The test shall comprise three applications of positive polarity and three applications of negative polarity switching impulse voltages of specified amplitude and of a shape decided by the foregoing procedure.

If the valve incorporates protective firing against overvoltages in the forward direction, three further applications of positive switching impulses of a specified amplitude, such that the valve does not fire, must be made.

The test shall be performed on a complete valve. The valve switching impulse test withstand voltage U_{tsv} shall be determined in accordance with the following:

$$U_{tsv} = \pm U_{cms} \cdot k_5$$

where:

U_{cms} = conventional maximum switching impulse overvoltage

k_5 = a test safety factor. In no case shall this factor be smaller than the redundant thyristor factor (see Sub-clause 8.4)

$k_5 = 1.15$

b) Valve lightning impulse test

For the purpose of this test, stray capacitance external to the valve shall be arranged so as to simulate the most onerous conditions, in so far as they influence voltage distribution and energy dissipation likely to arise in service.

The test shall comprise three applications of positive polarity and three applications of negative polarity of a lightning impulse of specified amplitude and of a shape decided by the foregoing procedure.

If the valve incorporates protective firing against overvoltages in the forward direction, three further applications of positive lightning impulse of a specified amplitude, such that the valve does not fire, must be made.

The test shall be performed on a complete valve.

The valve lightning impulse test withstand voltage U_{tlv} shall be determined in accordance with the following:

$$U_{tlv} = \pm U_{cml} \cdot k_6$$

where:

U_{cml} = conventional maximum lightning impulse overvoltage

k_6 = a test safety factor. In no case shall this factor be smaller than the redundant thyristor factor (see Sub-clause 8.4)

$k_6 = 1.15 - 1.2$

Note. — The lower value of k_6 may be appropriate for those designs of converter station where the voltage across the valve is limited by a surge arrester connected directly across the valve.

If overvoltages with wavefronts substantially shorter than $1.2 \mu s$ are expected to occur in service, the purchaser and the supplier may agree on an appropriate equivalent test in place of the standard impulse test described above.

To demonstrate that the thyristors also have adequate dU/dt capability at the maximum continuous operating junction temperature, the lightning impulse test on a complete valve at the ambient temperature may, subject to agreement between purchaser and supplier, be augmented by a lightning impulse test on a module or modules with a representative number of series connected thyristors preheated to the maximum continuous operating junction temperature.

11. Essais d'allumage et d'extinction périodiques

Les objectifs principaux des essais d'allumage et d'extinction périodiques sont:

- a) de vérifier l'adéquation des thyristors et des circuits associés au courant, à la tension et aux contraintes de température sur les thyristors à la mise en service dans les conditions de contraintes répétitives les plus mauvaises, et
- b) de démontrer qu'aucun défaut de commutation ne se présente à la tension minimale répétitive et à l'angle d'extinction, sous la température maximale.

Les essais peuvent être réalisés soit sur une valve complète, soit sur des modules. Le choix dépend principalement du modèle de valve et des facilités d'essai disponibles.

11.1 Modalités

Soumettre la valve ou les modules à des formes d'onde de courant et de tension aussi proches que possible de celles qui sont supportées par la valve pendant l'allumage et l'extinction dans les conditions de fonctionnement spécifiées les plus critiques. L'intervalle de temps d'intérêt primordial pour l'allumage est constitué par les premières 10 μ s à 20 μ s, tandis que, pour l'extinction, l'intervalle intéressant se situe entre 1 ms avant et 2 ms après l'extinction du courant.

Les conditions les plus critiques sont les suivantes:

- a) allumage à $\alpha = 90^\circ$ et tension alternative maximale sur l'enroulement côté valve pour la durée spécifiée à la température maximale de jonction en fonctionnement permanent;
- b) allumage à l'angle de retard maximal permanent spécifié et sous la tension alternative correspondante spécifiée et dans les conditions qui donnent la température maximale de jonction en fonctionnement permanent;
- c) allumage à l'angle de retard minimal permanent spécifié et sous la tension alternative minimale correspondante pendant des défauts du système pour lesquels la transmission d'énergie doit continuer;
- d) extinction aux tensions alternatives minimales et maximales spécifiées sur les enroulements côté valve et à l'angle minimal d'extinction dans des conditions qui donnent la température maximale de jonction en fonctionnement permanent.

La durée de l'essai dans la condition a) est la durée spécifiée et permise pour le fonctionnement, dans la condition b) 30 min et dans les conditions d) 15 min dans chaque mode. La durée de l'essai dans la condition c) est le temps spécifié d'élimination d'un défaut sur le réseau alternatif.

Les essais doivent être effectués en utilisant des circuits d'essai convenables, donnant des contraintes équivalentes à la condition de service appropriée, tels que deux ponts hexaphasés en montage dos à dos ou un circuit d'essai synthétique approprié.

11.2 Valeurs d'essai

La tension d'essai U_{tpv} correspondant à la valeur entre phases à vide dans le schéma du convertisseur en pont, dans les conditions d'essai convenables, est déterminée d'après ce qui suit:

- a) Pour les cas $\alpha = 90^\circ$ et $\gamma = \gamma_{\min}$ (tension alternative max.)

$$U_{tpv} = U_{vOm} \cdot k_n \cdot k_r \cdot k_7$$

11. Periodic firing and extinction tests

The principal objectives of the periodic firing and extinction tests are:

- a) to check the adequacy of the thyristors and associated electrical circuits with regard to current, voltage and temperature stresses on the thyristors at turn-on under the worst repetitive stress conditions, and
- b) to demonstrate that no commutation failures occur at minimum repetitive voltage and extinction angle, at maximum temperature.

The tests may be performed on either the complete valve or on modules. The choice depends mainly upon the valve design and the test facilities available.

11.1 Procedure

Subject the valve or module to current and voltage waveshapes which are as close as possible to those experienced by the valve during firing and extinction for the most critical operating conditions specified. The time interval of principal interest for firing is the first 10 μ s to 20 μ s, while for extinction the interval of interest is between 1 ms before and 2 ms after current extinction.

The most critical conditions are:

- a) firing at $\alpha = 90^\circ$ and maximum a.c. voltage at the valve winding for the specified duration at the maximum continuous operating junction temperature;
- b) firing at the specified maximum continuous delay angle and the corresponding a.c. voltage specified and under conditions which give the maximum continuous operating junction temperature;
- c) firing at the specified minimum continuous delay angle and the corresponding minimum a.c. voltage during system faults for which the power transmission shall continue;
- d) extinction at the specified minimum and maximum a.c. voltages at the valve windings and the minimum extinction angle under conditions which give the maximum continuous operating junction temperature.

The duration of the test for condition a) shall be the specified permitted time duration for operation, for condition b) 30 min and for conditions d) 15 min in each mode. The duration of the test for condition c) shall be the specified a.c. system fault clearance time.

The tests shall be performed using suitable test circuits giving stresses equivalent to the appropriate service condition such as two 6-pulse bridges in back-to-back connection or an appropriate synthetic test circuit.

11.2 Test values

The test voltage U_{ipv} corresponding to the no-load phase-to-phase value in the bridge converter connection, under the appropriate test conditions, shall be determined in accordance with the following:

- a) For the cases $\alpha = 90^\circ$ and $\gamma = \gamma_{min}$ (max. a.c. voltage)

$$U_{ipv} = U_{vOm} \cdot k_n \cdot k_r \cdot k_7$$

b) Pour les cas $\alpha = \alpha_{\max}$ et $\gamma = \gamma_{\min}$ (tension alternative max.)

$$U_{\text{tpv}} = U_{\text{vOm}} \cdot k_n \cdot k_7$$

où:

U_{vOm} = tension entre phases à vide la plus élevée sur le côté valve du transformateur

k_n = nombre de thyristors connectés en série dans les conditions d'essai, divisé par le nombre total de thyristors connectés en série dans une valve complète

k_r = facteur de surtension temporaire dans le réseau alternatif incluant la surtension dynamique due au délestage

k_7 = coefficient de sécurité d'essai. Ce coefficient ne doit en aucun cas être plus petit que le facteur de redondance des thyristors (voir paragraphe 8.4)

$k_7 = 1,05$

c) Pour les cas $\alpha = \alpha_{\min}$ et $\gamma = \gamma_{\min}$ (tension alternative min.)

$$U_{\text{tpv}} = U_{\text{vON}} \cdot k_n \cdot k_u \cdot k_8$$

où:

U_{vON} = tension assignée entre phases à vide sur le côté valve du transformateur

k_n = nombre de thyristors connectés en série dans les conditions d'essai, divisé par le nombre total de thyristors connectés en série dans une valve complète

k_u = facteur de sous-tension temporaire de la composante fondamentale du système alternatif

k_8 = coefficient de sécurité d'essai

$k_8 = 0,9$

12. Essai d'allumage non périodique

Les objectifs principaux de l'essai d'allumage non périodique sont de vérifier l'adéquation des thyristors et des circuits associés au courant et aux contraintes de tension sur les thyristors à la mise en service dans les conditions de contrainte non répétitive.

L'essai peut être effectué soit sur une valve complète, soit sur des modules.

Si l'essai est effectué sur des modules, il faut démontrer que ces essais sur modules sont équivalents aux essais sur valve complète.

12.1 Modalités et conditions d'essai

L'essai comprend trois applications de la tension aux chocs de manœuvres de polarité positive, d'amplitude prévisible spécifiée et de forme d'onde déterminée en accord avec le point a) du paragraphe 10.3. A chaque application, la valve ou module est allumé aussi près que possible de la crête de l'onde de tension.

Si la valve ou module comporte un allumage de protection contre les surtensions dans le sens direct, l'amplitude prévisible du choc de manœuvres doit être spécifiée de façon que la valve ou module ne s'allume pas sous l'action de l'allumage de protection.

13. Essai en courant continu intermittent

Les objectifs principaux de l'essai sont de démontrer que la valve fonctionnera avec un courant intermittent dans les conditions spécifiées ou déclarées et qu'elle ne sera pas de ce fait surchargée.

b) For the cases $\alpha = \alpha_{\max}$ and $\gamma = \gamma_{\min}$ (max. a.c. voltage)

$$U_{\text{tpv}} = U_{\text{vOm}} \cdot k_n \cdot k_7$$

where:

U_{vOm} = highest no-load phase-to-phase voltage on the valve side of the transformer

k_n = number of thyristors connected in series under test conditions, divided by the total number of thyristors connected in series in a complete valve

k_r = temporary overvoltage factor of the a.c. system, including dynamic overvoltage, due to load rejection

k_7 = a test safety factor. In no case shall this factor be smaller than the redundant thyristor factor (see Sub-clause 8.4)

$k_7 = 1.05$

c) For the cases $\alpha = \alpha_{\min}$ and $\gamma = \gamma_{\min}$ (min. a.c. voltage)

$$U_{\text{tpv}} = U_{\text{vON}} \cdot k_n \cdot k_u \cdot k_8$$

where:

U_{vON} = rated no-load phase-to-phase voltage on the valve side of the transformer

k_n = number of thyristors connected in series under test conditions, divided by the total number of thyristors connected in series in a complete valve

k_u = temporary fundamental component undervoltage factor of the a.c. system

k_8 = a test safety factor

$k_8 = 0.9$

12. Non-periodic firing test

The principal objectives of the non-periodic firing test are to check the adequacy of the thyristors and the associated electrical circuits with regard to current and voltage stresses on the thyristors at turn-on under non-repetitive stress conditions.

The test may be performed on either a complete valve, or on modules.

If the test is performed on modules, it shall be demonstrated that these module tests are equivalent to tests on a complete valve.

12.1 Procedure and test conditions

The test shall comprise three applications of positive polarity switching impulse voltage of specified prospective amplitude and waveshape determined in accordance with Item a) of Sub-clause 10.3. For each application, the valve or module shall be fired as close as possible to the crest of the voltage wave.

If the valve or module incorporates protective firing against overvoltages in the forward direction, the prospective amplitude of the switching impulse shall be specified so that the valve or module does not fire due to the action of protective firing.

13. Intermittent direct current test

The principal objectives of the test are to demonstrate that the valve will operate with intermittent current under specified or declared conditions and that it will not thereby be overstressed.

L'essai peut être effectué soit sur une valve complète, soit sur modules. Le choix dépend principalement du modèle de valve et des facilités d'essai disponibles.

Note. — Les conditions spécifiées ou déclarées doivent tenir compte du fait que les conditions de fonctionnement sous faible courant dépendent des spécifications du système. Les contraintes sur la valve pendant le fonctionnement à courant continu intermittent dépendent des qualités de fonctionnement de la commande, et cela doit être spécifié.

13.1 Modalités et conditions d'essai

Soumettre la valve ou le module au courant continu dans la gamme entière entre le courant de transition auquel le courant continu devient intermittent et zéro, avec le courant et avec des formes d'onde de tension aussi proches que possible de celles qui sont rencontrées par la valve pour chaque condition critique pour ce qui est de l'amplitude et de la durée.

Les conditions critiques sont susceptibles d'inclure:

- a) des courants légèrement au-dessous du courant de transition, pour lesquels l'intervalle de retenue est très court;
- b) le courant au voisinage de zéro, pour lequel des crêtes de tension plus élevées que celles de la tension inverse normale peuvent se produire.

L'essai doit être effectué en utilisant des circuits d'essai convenables, donnant des contraintes équivalant à la condition de service appropriée, tels que deux ponts hexaphasés en montage dos à dos ou un circuit d'essai synthétique approprié.

13.2 Valeurs d'essai

La tension d'essai U_{tiv} correspondant à la valeur entre phases à vide dans le schéma du convertisseur en pont, dans les conditions d'essai appropriées, est déterminée d'après ce qui suit:

$$U_{tiv} = U_{vOm} \cdot k_n \cdot k_r \cdot k_g$$

où:

U_{vOm} = tension entre phases à vide la plus élevée sur le côté valve du transformateur

k_n = nombre de thyristors connectés en série dans les conditions d'essai, divisé par le nombre total de thyristors connectés en série dans une valve complète

k_r = facteur de surtension temporaire du réseau alternatif incluant la surtension dynamique due au délestage

k_g = coefficient de sécurité d'essai. Ce facteur ne doit en aucun cas être plus petit que le facteur de redondance des thyristors (voir paragraphe 8.4)

$k_g = 1,05$

14. Essai au courant de défaut

Les objectifs principaux de l'essai sont de démontrer la bonne conception des thyristors, la bonne conception du refroidisseur des thyristors du point de vue thermique et la bonne répartition du courant, si des thyristors connectés en parallèle sont utilisés, pour les contraintes apparaissant pendant un court-circuit dans les conditions les plus sévères spécifiées.

Les essais sont effectués sur modules.

The test may be performed on either a complete valve or on modules. The choice depends mainly on the valve design and the test facilities available.

Note. — The specified or declared conditions shall take account of the fact that the operating conditions at low current depend upon the system requirements. The valve stresses during the intermittent direct current operation will depend upon the control performance and this shall be specified.

13.1 Procedure and test conditions

Subject the valve or module to direct current in the whole range between the transition current, where the direct current becomes intermittent, and zero, with the current and voltage waveforms as close as possible to those experienced by the valve for each critical condition both in respect of amplitude and time duration.

Critical conditions are likely to include:

- a) currents slightly below the transition current where the hold-off interval is very small;
- b) current near zero where higher than normal reverse voltage peaks can occur.

The test shall be performed using suitable test circuits giving stresses equivalent to the appropriate service condition such as two 6-pulse bridges in back-to-back connection or an appropriate synthetic test circuit.

13.2 Test values

The test voltage U_{inv} corresponding to the no-load phase-to-phase value in the bridge converter connection, under the appropriate test conditions, shall be determined according to the following:

$$U_{inv} = U_{vOm} \cdot k_n \cdot k_r \cdot k_g$$

where:

- U_{vOm} = highest no-load phase-to-phase voltage on the valve side of the transformer
- k_n = number of thyristors connected in series under test conditions, divided by the total number of thyristors connected in series in a complete valve
- k_r = temporary overvoltage factor of the a.c. system, including dynamic overvoltage due to load rejection
- k_g = a test safety factor. In no case shall this factor be smaller than the redundant thyristor factor (see Sub-clause 8.4)
- k_g = 1.05

14. Fault current test

The principal objectives of the test are to demonstrate proper design of the thyristors, proper thermal design of the thyristor heat sink assembly and proper current sharing, if parallel connected thyristors are used, for the stresses occurring during short-circuit under the most onerous specified conditions.

Tests shall be performed on modules.

14.1 Modalités

Soumettre la valve à une arche de courant et à la tension de blocage consécutif, chacun ayant une forme d'onde aussi proche que possible du courant de défaut dans la condition la plus sévère spécifiée.

Dans la plupart des conceptions de réseau, la condition de défaut en courant la plus sévère pour la valve se présente lors du court-circuit d'un bras du redresseur dans les conditions de fonctionnement suivantes: tension maximale d'enroulement de valve, capacité maximale en court-circuit du réseau alternatif et angle de retard minimal avec tension de blocage consécutif correspondant à la surtension de délestage du réseau et angle de retard minimal.

Les conditions de charge avant défaut et la température du fluide de refroidissement durant l'essai doivent être spécifiées.

L'essai est effectué en utilisant des circuits d'essai convenables, donnant les contraintes équivalant à la condition de service appropriée, tels que deux ponts hexaphases en montage dos à dos ou un circuit d'essai synthétique approprié.

14.2 Valeurs d'essai

La tension directe de blocage correspondant à la valeur U_{tfv} entre phases à vide dans le schéma du convertisseur en pont, dans les conditions d'essai appropriées, est déterminée d'après ce qui suit:

$$U_{tfv} = U_{vOm} \cdot k_n \cdot k_r \cdot k_{10}$$

où:

U_{vOm} = tension entre phases la plus élevée à vide du côté valve du transformateur

k_n = nombre de thyristors connectés en série dans les conditions d'essai, divisé par le nombre total de thyristors connectés en série dans une valve complète

k_r = facteur de surtension temporaire du réseau alternatif, incluant la surtension dynamique due au délestage

k_{10} = coefficient de sécurité d'essai. Ce coefficient ne doit en aucun cas être plus petit que le facteur de redondance des thyristors (voir paragraphe 8.4)

$k_{10} = 1,05$

15. Essai de l'insensibilité aux parasites électromagnétiques de la commande d'un ensemble de valves

L'objectif principal de cet essai est de démontrer l'immunité de la commande d'un ensemble à valves aux parasites électromagnétiques provenant de la valve et de l'extérieur de la valve.

La méthode d'essai doit être choisie en prenant en considération le modèle réel de valve. Les exemples de formes de perturbations doivent être considérés comme incluant l'allumage d'une valve adjacente, l'amorçage d'un parafoudre adjacent à la valve et l'application de surtensions de foudre et de manœuvre à la valve en service.

Généralement, l'immunité à certaines au moins de ces sources de perturbations peut être vérifiée pendant les autres essais.

Les essais peuvent être effectués sur la valve complète ou sur des modules, suivant le modèle.

16. Vérification des auxiliaires

L'objectif principal du contrôle est de démontrer que les auxiliaires faisant partie de l'ensemble de valves exécutent la fonction voulue.

14.1 Procedure

Subject the module to one loop of current and subsequent blocking voltage, each having a waveform as close as possible to the most severe fault current condition specified.

In most system designs, the most severe fault current condition for the valve occurs with a short circuit across one rectifier arm, while operating at maximum valve winding voltage, maximum a.c. system fault current level and minimum delay angle, with the subsequent blocking voltage corresponding to the load rejection system voltage at the relevant short-circuit level and minimum delay angle.

The pre-fault load conditions and cooling medium temperature during the test shall be specified.

The test shall be performed using suitable test circuits giving stresses equivalent to the appropriate service condition such as two 6-pulse bridges in back-to-back connection or an appropriate synthetic test circuit.

14.2 Test values

The forward blocking voltage, corresponding to the no-load phase-to-phase value U_{tfv} in the bridge converter connection, under the appropriate test conditions, shall be determined in accordance with the following:

$$U_{tfv} = U_{vOm} \cdot k_n \cdot k_r \cdot k_{10}$$

where:

U_{vOm} = highest no-load phase-to-phase voltage on the valve side of the transformer

k_n = number of thyristors connected in series under test conditions divided by the total number of thyristors connected in series in a complete valve

k_r = temporary overvoltage factor of the a.c. system, including dynamic overvoltage due to load rejection

k_{10} = a test safety factor. In no case shall this factor be smaller than the redundant thyristor factor (see Sub-clause 8.4)

$k_{10} = 1.05$

15. Valve unit control-insensitivity test to electromagnetic interference (EMI)

The principal objective of the test is to demonstrate the immunity of the valve unit control to EMI from within the valve and from outside the valve.

The test procedure shall be chosen having regard to the actual design of the valve. Examples of forms of EMI to be considered include firing of an adjacent valve, spark-over of an arrester adjacent to the valve and application of lightning and switching surges to the valve in service.

Generally, immunity to at least some of these sources of interference can be checked during other tests.

The tests may be performed on the complete valve or modules, depending upon the design.

16. Checking of auxiliaries

The principal objective of the check is to demonstrate that auxiliaries forming part of the valve unit perform the intended function.

La méthode d'essai doit être choisie en prenant en considération le modèle réel de valve. Généralement, certains contrôles de fonctionnement des auxiliaires peuvent être faits pendant les autres essais.

Les essais peuvent être effectués sur une valve complète, sur des modules ou sur des parties représentatives de l'un des deux.

17. Essai d'échauffement

Les objectifs principaux de l'essai d'échauffement sont de démontrer que les échauffements des composants les plus critiques par dissipation de chaleur sont dans les limites spécifiées, et de vérifier qu'aucun composant ou matériau n'est soumis à des températures excessives.

L'essai peut être effectué sur une valve complète, sur des modules ou sur des parties représentatives de l'un des deux.

17.1 Modalités

Soumettre la valve, le module ou les composants critiques par dissipation de chaleur aux tensions et aux courants qui produisent les mêmes pertes dans ces composants que dans les conditions de fonctionnement spécifiées, et déterminer la température pour les conditions de refroidissement les plus sévères.

L'échauffement de l'assemblage des radiateurs des thyristors est mesuré à un point de référence convenable pour permettre de calculer la température efficace (voir Publication 146 de la CEI).

SECTION CINQ — ESSAIS DE PRODUCTION

18. Généralités

Il est prudent de limiter l'exécution des essais coûteux à ceux qui sont nécessaires. Cet article définit ceux des aspects dont la vérification représente le minimum essentiel dans un régime d'essai de production, en soulignant les objectifs d'essai.

L'uniformité des essais de production spécifiés entre fournisseurs différents n'est pas nécessaire, mais la spécification du régime d'essai de la production tiendra plutôt compte des caractéristiques spéciales du modèle de valve et des composants, du degré et de la mesure dans laquelle les composants sont préalablement essayés avant l'assemblage, ainsi que des techniques et méthodes particulières de fabrication.

Le fournisseur doit, dans tous les cas, décrire en détail les méthodes d'essai et les circuits d'essai associés par lesquels il se propose d'atteindre les objectifs d'essais de production spécifiés. Sur la base de telles propositions, la spécification d'essai de production devra être convenue entre fournisseur et acheteur.

Certains essais de production seront effectués à titre d'essais individuels et les autres d'essais par prélèvements. Les essais devant atteindre les objectifs donnés aux paragraphes 19.1 à 19.5 inclus sont susceptibles d'être effectués comme essais individuels (paragraphe 6.1). D'autre part, les essais devant atteindre les objectifs des paragraphes 19.6 et 19.7 peuvent être soit des essais

The test procedure shall be chosen having regard to the actual design of the valve. Generally, certain checks of performance of the auxiliaries may be made during other tests.

Tests may be performed on a complete valve, modules or the relevant parts of either.

17. Temperature-rise test

The principal objectives of the temperature-rise test are to demonstrate that temperature rises of the most critical heat producing components are within specified limits, and to verify that no components or materials are subjected to excessive temperatures.

The test may be performed on the complete valve, modules or the relevant parts of either.

17.1 Procedure

Subject the valve, module or critical heat producing components to voltages and currents which result in the same losses in those components, as under the specified operating conditions and determine the temperature for the most onerous cooling conditions.

The temperature rise of the thyristor heat sink assembly shall be measured at a suitable reference point to allow the virtual temperature to be calculated (see IEC Publication 146).

SECTION FIVE — PRODUCTION TESTS

18. General

It is advisable to confine the performance of costly tests to those which are necessary. This clause specifies those aspects the checking of which represents the essential minimum in a production test regime, by outlining test objectives.

Uniformity in the specified production tests between different suppliers is unnecessary, but rather the specification of the production test regime shall take account of the special characteristics of the design of the valve and the components, the degree and extent to which the components are pre-tested prior to assembly, and the particular manufacturing procedures and techniques.

The supplier shall in all cases describe in detail the test procedures, and the associated test circuits, by which he proposes to meet the specified production test objectives. On the basis of such proposals the exact production test specification shall be agreed between upon supplier and purchaser.

Some production tests will be performed as routine tests and others as sample tests. Tests to meet the objectives given in Sub-clauses 19.1 to 19.5 inclusive, are likely to be performed as routine tests (Sub-clause 6.1). On the other hand, tests meeting the objectives of Sub-clauses 19.6 and 19.7 may be either sample tests (Sub-clause 6.2) or routine tests, depending upon the