

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60700-1

Première édition
First edition
1998-09

**Valves à thyristors pour le transport d'énergie
en courant continu à haute tension (CCHT) –**

**Partie 1:
Essais électriques**

**Thyristor valves for high voltage direct current
(HVDC) power transmission –**

**Part 1:
Electrical testing**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60700-1:1998

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60 000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- **«Site web» de la CEI***
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60 000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity 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 relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60700-1

Première édition
First edition
1998-09

**Valves à thyristors pour le transport d'énergie
en courant continu à haute tension (CCHT) –**

**Partie 1:
Essais électriques**

**Thyristor valves for high voltage direct current
(HVDC) power transmission –**

**Part 1:
Electrical testing**

© IEC 1998 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.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

X

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	8
Articles	
1 Domaine d'application	10
2 Références normatives.....	10
3 Définitions.....	10
4 Prescriptions générales.....	16
4.1 Lignes directrices concernant la réalisation d'essais de type.....	16
4.1.1 Substitution de preuve.....	16
4.1.2 Objet soumis à l'essai	16
4.1.3 Séquence d'essai.....	16
4.1.4 Procédures d'essai	16
4.1.5 Température ambiante des essais.....	16
4.1.6 Fréquence d'essai.....	16
4.1.7 Rapports d'essai	18
4.2 Correction atmosphérique	18
4.3 Traitement de la redondance.....	18
4.3.1 Essais diélectriques	18
4.3.2 Essais de fonctionnement.....	18
4.4 Critères de réussite des essais de type	18
4.4.1 Critères applicables aux niveaux de thyristors.....	20
4.4.2 Critères applicables à la valve dans son ensemble	22
5 Liste des essais de type.....	22
6 Essais diélectriques sur support de valve	24
6.1 Objectifs des essais.....	24
6.2 Objet soumis à l'essai	24
6.3 Prescriptions d'essai	24
6.3.1 Essai sur support de valve sous tension continue	24
6.3.2 Essai sur support de valve sous tension alternative	26
6.3.3 Essai de support de valve sous tension de choc de manoeuvre.....	26
6.3.4 Essai de support de valve sous tension de choc de foudre.....	28
7 Essais diélectriques pour unités de valves multiples (MVU)	28
7.1 Objectifs des essais.....	28
7.2 Objet soumis à l'essai	28
7.3 Prescriptions d'essai	28
7.3.1 Essai de MVU sous tension continue	28
7.3.2 Essai de MVU sous tension alternative	30

CONTENTS

	Page
FOREWORD	9
Clause	
1 Scope	11
2 Normative references	11
3 Definitions	11
4 General requirements	17
4.1 Guidelines for the performance of type tests	17
4.1.1 Evidence in lieu	17
4.1.2 Test object	17
4.1.3 Sequence of tests	17
4.1.4 Test procedures	17
4.1.5 Ambient temperature for testing	17
4.1.6 Frequency for testing	17
4.1.7 Test reports	19
4.2 Atmospheric correction	19
4.3 Treatment of redundancy	19
4.3.1 Dielectric tests	19
4.3.2 Operational tests	19
4.4 Criteria for successful type testing	19
4.4.1 Criteria applicable to thyristor levels	21
4.4.2 Criteria applicable to the valve as a whole	23
5 List of type tests	23
6 Dielectric tests on valve support	25
6.1 Purpose of tests	25
6.2 Test object	25
6.3 Test requirements	25
6.3.1 Valve support d.c. voltage test	25
6.3.2 Valve support a.c. voltage test	27
6.3.3 Valve support switching impulse test	27
6.3.4 Valve support lightning impulse test	29
7 Dielectric tests for multiple valve units (MVU)	29
7.1 Purpose of tests	29
7.2 Test object	29
7.3 Test requirements	29
7.3.1 MVU d.c. voltage test to earth	29
7.3.2 MVU a.c. voltage test	31

Articles	Pages
7.3.3 Essai de MVU sous tension de choc de manoeuvre	32
7.3.4 Essai de MVU sous tension de choc de foudre.....	34
8 Essais diélectriques entre les bornes de valve	34
8.1 Objectifs des essais	34
8.2 Objet soumis à l'essai	36
8.3 Prescriptions d'essai	36
8.3.1 Essai de valve sous tension continue.....	36
8.3.2 Essai de valve sous tension alternative.....	38
8.3.3 Essais de valve sous tension de choc (généralités).....	40
8.3.4 Essai de valve sous tension de choc de manoeuvre.....	40
8.3.5 Essai de valve sous tension de choc de foudre.....	42
8.3.6 Essai de valve sous tension de choc à front raide	42
8.4 Essai d'allumage non périodique de valve.....	44
8.4.1 Objectifs de l'essai	44
8.4.2 Objet soumis à l'essai	44
8.4.3 Prescriptions d'essai	44
9 Essais d'allumage et d'extinction périodiques	46
9.1 Objectifs des essais	46
9.2 Objet soumis à l'essai	48
9.3 Prescriptions d'essai	48
9.3.1 Essais en service continu maximal	50
9.3.2 Essai en service temporaire maximal ($\alpha = 90^\circ$)	52
9.3.3 Essais sous tension alternative minimale.....	54
9.3.4 Essai à manque de tension temporaire	56
9.3.5 Essais avec courant continu intermittent.....	58
10 Essais sous tension directe transitoire durant la période de rétablissement.....	60
10.1 Objectifs des essais	60
10.2 Objet soumis à l'essai	60
10.3 Prescriptions d'essai	60
11 Essai de valve en courant de défaut	62
11.1 Objectif des essais.....	62
11.2 Objet soumis à l'essai:	62
11.3 Prescriptions d'essai	62
11.3.1 Essai en courant de défaut à une boucle avec réapplication de tension directe.....	64
11.3.2 Essai en courant de défaut à boucles multiples sans réapplication de tension directe.....	66

Clause	Page
7.3.3 MVU switching impulse test	33
7.3.4 MVU lightning impulse test	35
8 Dielectric tests between valve terminals	35
8.1 Purpose of tests	35
8.2 Test object	37
8.3 Test requirements	37
8.3.1 Valve d.c. voltage test	37
8.3.2 Valve a.c. voltage test	39
8.3.3 Valve impulse tests (general)	41
8.3.4 Valve switching impulse test	41
8.3.5 Valve lightning impulse test	43
8.3.6 Valve steep front impulse test	43
8.4 Valve non-periodic firing test	45
8.4.1 Purpose of test	45
8.4.2 Test object	45
8.4.3 Test requirements	45
9 Periodic firing and extinction tests	47
9.1 Purpose of tests	47
9.2 Test object	49
9.3 Test requirements	49
9.3.1 Maximum continuous operating duty tests	51
9.3.2 Maximum temporary operating duty test ($\alpha = 90^\circ$)	53
9.3.3 Minimum a.c. voltage tests	55
9.3.4 Temporary undervoltage test	57
9.3.5 Intermittent direct current tests	59
10 Tests with transient forward voltage during the recovery period	61
10.1 Purpose of tests	61
10.2 Test object	61
10.3 Test requirements	61
11 Valve fault current tests	63
11.1 Purpose of tests	63
11.2 Test object:	63
11.3 Test requirements	63
11.3.1 One-loop fault current test with re-applied forward voltage	65
11.3.2 Multiple-loop fault current test without re-applied forward voltage	67

Articles	Pages
12 Essais sur l'insensibilité de la valve aux perturbations électromagnétiques.....	68
12.1 Objectifs des essais	68
12.2 Objet soumis à l'essai	68
12.3 Prescriptions d'essai	70
12.3.1 Première approche.....	70
12.3.2 Deuxième approche.....	70
12.3.3 Critères d'acceptation.....	70
13 Essai de caractéristiques spéciales	70
13.1 Objectifs des essais	70
13.2 Objet soumis à l'essai	72
13.3 Prescriptions d'essai	72
14 Essais de série.....	72
14.1 Objectifs des essais	72
14.2 Objet soumis à l'essai	72
14.3 Prescriptions d'essai	72
14.4 Objectifs des essais de série.....	74
14.4.1 Examen visuel.....	74
14.4.2 Vérification de connexion	74
14.4.3 Vérification du circuit de répartition des potentiels	74
14.4.4 Vérification de la résistance à la tension	74
14.4.5 Essais de décharge partielle.....	74
14.4.6 Vérification des auxiliaires.....	74
14.4.7 Vérification de l'allumage.....	74
14.4.8 Essai de pression.....	74
15 Méthode de détermination de perte	74
16 Présentation de résultats d'essai de type	76
Annexe A (normative) Facteurs de sécurité d'essai.....	78
Annexe B (normative) Mesures de décharge partielle.	88
Annexe C (informative) Capacité de tolérance de défaut	94
Figure 1 Tension d'essai aux ondes de front raide.....	12

Clause	Page
12 Tests for valve insensitivity to electromagnetic disturbance	69
12.1 Purpose of tests	69
12.2 Test object	69
12.3 Test requirements	71
12.3.1 Approach one	71
12.3.2 Approach two	71
12.3.3 Acceptance criteria	71
13 Testing of special features	71
13.1 Purpose of tests	71
13.2 Test object	73
13.3 Test requirements	73
14 Production tests	73
14.1 Purpose of tests	73
14.2 Test object	73
14.3 Test requirements	73
14.4 Production test objectives	75
14.4.1 Visual inspection	75
14.4.2 Connection check	75
14.4.3 Voltage grading circuit check	75
14.4.4 Voltage withstand check	75
14.4.5 Partial discharge tests	75
14.4.6 Check of auxiliaries	75
14.4.7 Firing check	75
14.4.8 Pressure test	75
15 Method for loss determination	75
16 Presentation of type test results	77
Annex A (normative) Test safety factors	79
Annex B (normative) Partial discharge measurements	89
Annex C (informative) Fault tolerance capability	95
Figure 1 Steep front impulse test voltage	13

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

VALVES À THYRISTORS POUR LE TRANSPORT D'ÉNERGIE EN COURANT CONTINU À HAUTE TENSION (CCHT) –

Partie 1: Essais électriques

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes Internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques, représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60700-1 a été établie par le sous-comité 22F: Electronique de puissance pour les réseaux électriques de transport et de distribution, du comité d'études 22 de la CEI: Electronique de puissance.

Cette partie de la CEI 60700 annule et remplace la CEI 60700, parue en 1981, dont elle constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
22F/44/FDIS	22F/46/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Les annexes A et B font partie intégrante de la présente norme.

L'annexe C est donnée uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**THYRISTOR VALVES FOR HIGH VOLTAGE DIRECT CURRENT (HVDC)
POWER TRANSMISSION –****Part 1: Electrical testing****FOREWORD**

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60700-1 has been prepared by subcommittee 22F: Power electronics for electrical transmission and distribution systems, of IEC technical committee 22: Power electronics.

This part of IEC 60700 cancels and replaces IEC 60700, published in 1981, and constitutes a technical revision.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
22F/44/FDIS	22F/46/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

Annexes A and B form an integral part of this standard.

Annex C is for information only.

VALVES À THYRISTORS POUR LE TRANSPORT D'ÉNERGIE EN COURANT CONTINU À HAUTE TENSION (CCHT) –

Partie 1: Essais électriques

1 Domaine d'application

La présente norme s'applique aux valves à thyristors équipées de parafoudres à oxyde métallique directement connectés entre les bornes des valves, qui sont destinées à être utilisées au niveau d'un convertisseur commuté par le réseau pour le transport d'énergie en courant continu à haute tension ou dans une liaison en opposition. Elle est limitée aux essais de type électriques et de série.

Les essais spécifiés dans la présente norme sont basés sur des valves isolées par l'air. Pour d'autres types de valves, il faut que les prescriptions d'essai et les critères d'acceptation fassent l'objet d'un accord.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 60700. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 60700 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

Guide ISO/CEI 25:1990, *Prescriptions générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnage et d'essais*

CEI 60060, *Techniques des essais à haute tension*

CEI 60060-1:1989, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 60071-1:1993, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

CEI 60099, *Parafoudres*

CEI 60270, 1981, *Mesure des décharges partielles*

CEI 61803,— *Détermination des pertes de puissance dans les postes de conversion en courant continu à haute tension (CCHT)* ¹⁾

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 60700, les définitions suivantes s'appliquent.

¹⁾ A publier.

THYRISTOR VALVES FOR HIGH VOLTAGE DIRECT CURRENT (HVDC) POWER TRANSMISSION –

Part 1: Electrical testing

1 Scope

This standard applies to thyristor valves with metal oxide surge arresters directly connected between the valve terminals, for use in a line commutated converter for high voltage d.c. power transmission or as part of a back-to-back link. It is restricted to electrical type and production tests.

The tests specified in this standard are based on air insulated valves. For other types of valves, the test requirements and acceptance criteria must be agreed.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 60700. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 60700 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

ISO/IEC Guide 25:1990, *General requirements for the competence of calibration and testing laboratories*

IEC 60060, *High-voltage test techniques*

IEC 60060-1:1989, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60071-1:1993, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC 60099, *Surge arresters*

IEC 60270:1981, *Partial discharge measurements*

IEC 61803,— *Determination of power losses in high-voltage direct current (HVDC) converter stations* ¹⁾

3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 60700, the following definitions apply.

¹⁾ To be published.

3.1 Termes relatifs à la coordination de l'isolement

3.1.1

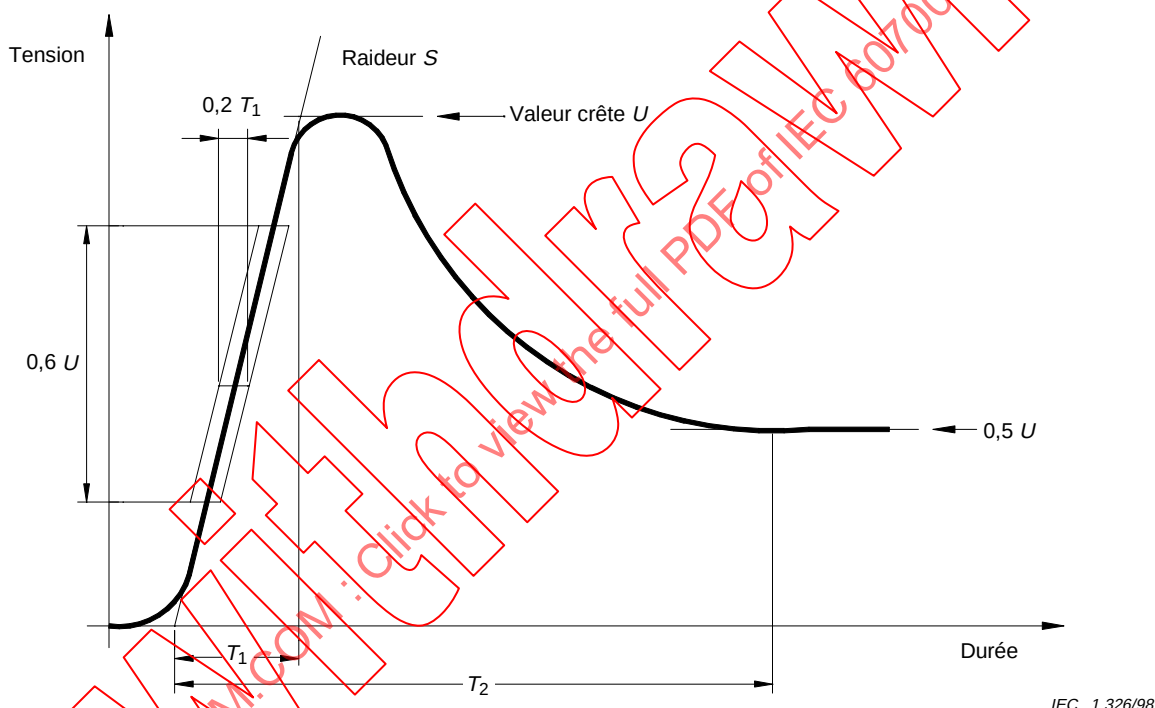
tension d'épreuve

valeur d'une tension d'épreuve de forme d'onde type pour laquelle une nouvelle valve, dont l'intégrité est intacte, ne présente aucune décharge disruptive et respecte tous les autres critères d'acceptation spécifiés pour l'essai particulier, lorsqu'elle est soumise à un nombre spécifié d'applications ou une durée spécifiée d'application de la tension d'essai, dans les conditions spécifiées

3.1.2

tension de choc à front raide

tension de choc à front rapide dont le temps de crête est inférieur à celui d'une tension de choc de foudre type mais non inférieur à celui d'une tension à front très rapide selon la définition de la CEI 60071-1. Pour la présente norme, une tension de choc à front raide est définie, dans le cadre des essais, par la figure 1.



NOTES

U = Valeur crête spécifiée de la tension d'essai aux ondes de front raide (kV)

S = Raideur spécifiée de la tension d'essai aux ondes de front raide (kV/ μ s)

$$T_1 = \text{Durée de front fictive} = \frac{U}{S} (\mu\text{s})$$

Les conditions suivantes doivent être remplies:

- La valeur crête de la tension d'essai enregistrée doit être égale à $U \pm 3 \%$. Cette tolérance est identique à celle de la CEI 60060 pour des tensions de choc de foudre normalisées.
- Pour une excursion de tension de $0,6 U$ au minimum, la portion croissante de la tension d'essai enregistrée doit être entièrement comprise entre deux lignes parallèles de raideur S et de séparation $0,2 T_1$.
- La valeur de la tension d'essai à T_2 ne doit pas être plus basse que $0,5 U$. T_2 est défini comme l'intervalle de temps entre l'origine et l'instant où la tension a diminué à la moitié de la crête de la forme d'onde obtenue de l'étude de réseau. Cependant, la détection d'un amorçage inattendu des thyristors par un dV/dt doit être assurée.

Figure 1 – Tension d'essai aux ondes de front raide

3.1 Insulation co-ordination terms

3.1.1

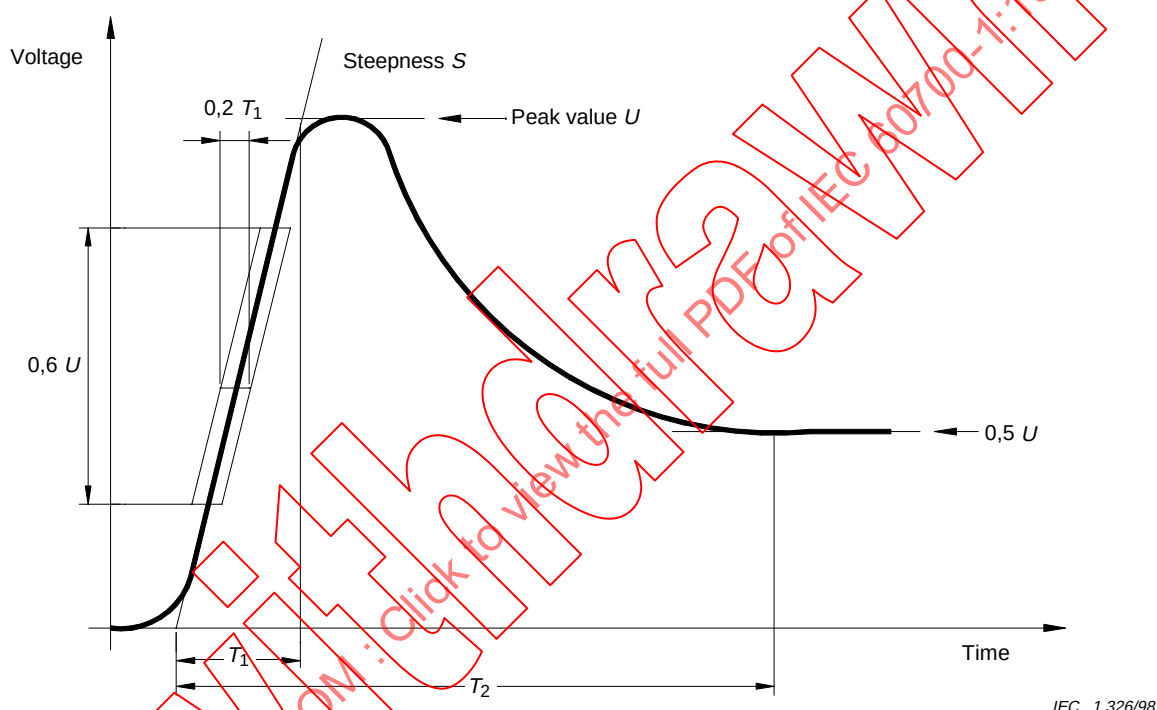
test withstand voltage

value of a test voltage of standard waveshape at which a new valve, with unimpaired integrity, does not show any disruptive discharge and meets all other acceptance criteria specified for the particular test, when subjected to a specified number of applications or a specified duration of the test voltage, under specified conditions

3.1.2

steep front impulse

fast-front voltage impulse whose time to peak is less than that of a standard lightning impulse but not less than that of a very-fast-front voltage as defined in IEC 60071-1. For this standard, a steep front impulse voltage for test purposes is defined by figure 1.



NOTES

U = Specified peak value of steep front impulse test voltage (kV)

S = Specified steepness of steep front impulse test voltage (kV/ μ s)

T_1 = Virtual front time = $\frac{U}{S}$ (μ s)

The following conditions shall be satisfied:

- The peak value of the recorded test voltage shall be $U \pm 3 \%$. This tolerance is the same as that in IEC 60060 for standard lightning impulse.
- Over a voltage excursion of not less than $0.6 U$, the rising portion of the recorded test voltage shall be entirely contained between two parallel lines of steepness S and separation $0.2 T_1$.
- The value of the test voltage at T_2 shall not be lower than $0.5 U$. T_2 is defined as the time interval between the origin and the instant when the voltage has decreased to half the peak value of the waveform which is obtained from system study. However, it shall be assured that an unintentional dv/dt switching of the thyristors can be adequately detected.

Figure 1 – Steep front impulse test voltage

3.1.3

isolement interne et externe

l'air extérieur aux composants et matériaux isolants de la valve, mais contenu dans le profil de la valve ou de l'unité de valve multiple est considéré comme faisant partie du système d'isolement interne de la valve. L'isolement externe est constitué par l'air situé entre la surface externe de la valve ou de l'unité de valve multiple et son environnement.

3.1.4

allumage de protection de valve

moyen de protéger les thyristors contre une surtension en provoquant un allumage à une tension prédéterminée

3.2 Termes relatifs à la construction des valves

3.2.1

support de valve

partie de la valve offrant un support mécanique et une isolation électrique par rapport à la terre de la partie active de la valve abritant les sections de valve

NOTE – Il est possible que les conceptions de valve ne présentent pas toutes une identification claire sous une forme discrète des parties de valves constituant des supports de valve.

3.2.2

structure de valve

structure physique maintenant les niveaux des thyristors d'une valve isolée à la tension appropriée au-dessus du potentiel de terre

3.2.3

niveaux de thyristors redondants

niveaux de thyristors dans la chaîne en série susceptibles d'être court-circuités alors que les caractéristiques fonctionnelles d'essai type spécifiées pour la valve sont toujours respectées

3.2.4

électronique de base de la valve

unité électronique, au potentiel de terre, constituant l'interface entre le système de commande du convertisseur et les valves à thyristors

3.3 Essais de type

essais réalisés pour vérifier que la conception d'une valve respecte les prescriptions spécifiées. Dans la présente norme, les essais de type sont classés en deux catégories principales: essais diélectriques et essais de fonctionnement.

3.3.1

essais diélectriques

essais réalisés pour vérifier les caractéristiques haute tension de la valve

3.3.2

essais de fonctionnement

essais réalisés pour vérifier les caractéristiques de la valve liées à l'amorçage, au désamorçage et au courant

3.4 Essais de série

Essais réalisés pour vérifier que la fabrication s'effectue correctement, de façon que les propriétés d'une valve correspondent à celles spécifiées.

3.1.3

internal and external insulation

air external to the components and insulating materials of the valve, but contained within the profile of the valve or multiple valve unit is considered as part of the internal insulation system of the valve. The external insulation is the air between the external surface of the valve or multiple valve unit and its surroundings.

3.1.4

valve protective firing

means of protecting the thyristors from excessive voltage by firing them at a predetermined voltage

3.2 Valve construction terms

3.2.1

valve support

that part of the valve which mechanically supports and electrically insulates from earth the active part of the valve which houses the valve sections

NOTE – A part of a valve which is clearly identifiable in a discrete form to be a valve support may not exist in all designs of valves.

3.2.2

valve structure

physical structure holding the thyristor levels of a valve which is insulated to the appropriate voltage above earth potential

3.2.3

redundant thyristor levels

thyristor levels in the series string which may be short circuited, while the specified type test performance of the valve is still met

3.2.4

valve base electronics

electronic unit, at earth potential, which is the interface between the control system for the converter and the thyristor valves

3.3 Type tests

Those tests which are carried out to verify that the valve design will meet the requirements specified. In this standard, type tests are classified under two major categories: dielectric tests and operational tests.

3.3.1

dielectric tests

those tests which are carried out to verify the high voltage characteristics of the valve

3.3.2

operational tests

those tests which are carried out to verify the turn-on, turn-off and current related characteristics of the valve

3.4 Production tests

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

3.4.1

essais individuels de série

essais de série réalisés sur toutes les valves, sections de valve ou composants

3.4.2

essais sur prélèvement

essais de série réalisés sur un petit nombre de valves, sections de valves ou composants prélevés de façon aléatoire dans un lot

4 Prescriptions générales

4.1 Lignes directrices concernant la réalisation d'essais de type

4.1.1 Substitution de preuve

Chaque conception de valve doit être soumise aux essais de type spécifiés dans la présente norme. Si l'on peut démontrer que la valve est similaire à une valve précédemment soumise à des essais, il est admis que le fournisseur, au lieu de réaliser un essai de type, soumette à l'acheteur pour examen le rapport d'essai d'un essai de type précédent. Il convient de l'accompagner d'un rapport distinct détaillant les différences de conception et démontrant la manière dont l'essai de type référencé satisfait aux objectifs de l'essai pour la conception proposée.

4.1.2 Objet soumis à l'essai

- a) Il est permis de réaliser certains essais de type soit sur une valve entière soit sur des sections de valve, comme indiqué dans le tableau 2. Pour ces essais de type réalisés sur des sections de valve, le nombre total de sections soumises aux essais doit être au moins égal au nombre correspondant à une valve entière.
- b) Les mêmes sections de valve doivent être utilisées pour tous les essais de type, sauf spécification contraire.
- c) Avant le début des essais de type, il convient de démontrer que la valve, les sections de valve et/ou leurs composants ont résisté aux essais de série afin d'assurer une fabrication correcte.

4.1.3 Séquence d'essais

Les essais de type spécifiés peuvent être réalisés dans un ordre quelconque.

NOTE – Des essais impliquant une mesure de décharge partielle sont susceptibles d'apporter un degré de fiabilité supérieur s'ils sont réalisés à la fin du programme d'essai de type diélectrique.

4.1.4 Procédures d'essai

Les essais doivent être réalisés conformément à la CEI 60060, si elle s'applique.

4.1.5 Température ambiante des essais

Les essais doivent être réalisés à la température ambiante prédominant dans l'installation d'essai, sauf spécification contraire.

4.1.6 Fréquence d'essai

Des essais diélectriques en courant alternatif peuvent être réalisés soit à 50 Hz, soit à 60 Hz. Pour les essais de fonctionnement, des prescriptions spécifiques concernant la fréquence d'essai figurent dans les articles correspondants.

3.4.1

routine tests

those production tests which are carried out on all valves, valve sections or components

3.4.2

sample tests

those production tests which are carried out on a small number of valves, valve sections or components taken at random from a batch

4 General requirements

4.1 Guidelines for the performance of type tests

4.1.1 Evidence in lieu

Each design of valve shall be subjected to the type tests specified in this standard. If the valve is demonstrably similar to one previously tested, the supplier may, in lieu of performing a type test, submit a test report of a previous type test for consideration by the purchaser. This should be accompanied by a separate report detailing the differences in the design and demonstrating how the referenced type test satisfies the test objectives for the proposed design.

4.1.2 Test object

- a) Certain type tests may be performed either on a complete valve or on valve sections, as indicated in table 2. For those type tests on valve sections, the total number of valve sections tested shall be at least as many as the number in a complete valve.
- b) The same valve sections shall be used for all type tests unless otherwise stated.
- c) Prior to commencement of type tests, the valve, valve sections and/or the components of them should be demonstrated to have withstood the production tests to ensure proper manufacture.

4.1.3 Sequence of tests

The type tests specified can be carried out in any order.

NOTE – Tests involving partial discharge measurement may provide added confidence if performed at the end of the dielectric type test programme.

4.1.4 Test procedures

The tests shall be performed in accordance with IEC 60060, where applicable.

4.1.5 Ambient temperature for testing

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

4.1.6 Frequency for testing

AC dielectric tests can be performed at either 50 Hz or 60 Hz. For operational tests, specific requirements regarding the frequency for testing are given in the relevant clauses.

4.1.7 Rapports d'essai

A l'issue des essais de type, le fournisseur doit produire des rapports d'essai de type conformes à l'article 16.

4.2 Correction atmosphérique

Lorsque l'article correspondant le spécifie, une correction atmosphérique doit être appliquée aux tensions d'essai conformément à la CEI 60060-1. Les conditions de référence auxquelles doit être apportée une correction sont les suivantes:

- pression: pression atmosphérique normalisée (101,3 kPa), corrigée en fonction de l'altitude du site sur lequel le matériel sera installé;
- température: température maximale nominale de la valve (°C);
- humidité: humidité minimale nominale absolue de la valve (g/m³).

Les valeurs à utiliser doivent être spécifiées par le fournisseur.

4.3 Traitement de la redondance

4.3.1 Essais diélectriques

Pour tous les essais diélectriques entre les bornes de valves, les niveaux de thyristors redondants doivent être court-circuités, à l'exception éventuellement de l'essai d'allumage non-périodique de valve (voir 8.4). L'emplacement des niveaux de thyristors à court-circuiter doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

NOTE – En fonction de la conception, il est permis d'imposer des limites au niveau de la répartition des niveaux de thyristors court-circuités. Par exemple, il peut exister une limite supérieure relative au nombre de niveaux de thyristors court-circuités dans une seule section de valve.

4.3.2 Essais de fonctionnement

Pour les essais de fonctionnement, les niveaux de thyristors redondants ne doivent pas être court-circuités. Les tensions d'essai utilisées doivent être réglées au moyen d'un rapport de comptage k_n , tel que

$$k_n = \frac{N_{tut}}{N_t - N_r}$$

où

N_{tut} est le nombre de niveaux de thyristors en série dans l'objet d'essai;

N_t est le nombre total de niveaux de thyristors en série dans la valve;

N_r est le nombre total de niveaux de thyristors redondants en série dans la valve.

4.4 Critères de réussite des essais de type

On constate souvent dans l'industrie que, même si une valve est soigneusement conçue, il est impossible d'éviter des défaillances aléatoires occasionnelles des composants de niveaux de thyristors en cours de fonctionnement. Même si ces défaillances sont susceptibles d'être liées à des contraintes, elles sont considérées comme aléatoires dans la mesure où la cause de la défaillance ou la relation entre le taux de défaillance et la contrainte n'est pas prévisible ou ne se prête pas à une définition quantitative précise. Les essais de type soumettent des valves ou des sections de valves, dans un court laps de temps, à de multiples contraintes qui correspondent généralement aux pires contraintes, auxquelles le matériel ne peut être exposé que peu de fois au cours de la durée de vie de la valve. De ce fait, les critères de réussite des essais de type fixés ci-dessous n'autorisent qu'un nombre réduit de défaillances des niveaux de thyristors au cours des essais de type, à condition que ces défaillances soient rares et ne présentent aucun signe indiquant un défaut de conception.

4.1.7 Test reports

At the completion of the type tests, the supplier shall provide type test reports in accordance with clause 16.

4.2 Atmospheric correction

When specified in the relevant clause, atmospheric correction shall be applied to the test voltages in accordance with IEC 60060-1. The reference conditions to which correction shall be made are the following:

- pressure: standard atmospheric air pressure (101,3 kPa), corrected to the altitude of the site at which the equipment will be installed;
- temperature: design maximum valve hall air temperature (°C);
- humidity: design minimum valve hall absolute humidity (g/m³).

The values to be used shall be specified by the supplier.

4.3 Treatment of redundancy

4.3.1 Dielectric tests

For all dielectric tests between valve terminals, the redundant thyristor levels shall be short circuited, with the possible exception of the valve non-periodic firing test (see 8.4). The location of thyristor levels to be short circuited shall be agreed by the purchaser and supplier.

NOTE – Depending on the design, limitations may be imposed upon the distribution of short-circuited thyristor levels. For example, there may be an upper limit to the number of short-circuited thyristor levels in one valve section.

4.3.2 Operational tests

For operational tests, redundant thyristor levels shall not be short circuited. The test voltages used shall be adjusted by means of a scaling factor k_n :

$$k_n = \frac{N_{tut}}{N_t - N_r}$$

where

N_{tut} is the number of series thyristor levels in the test object;

N_t is the total number of series thyristor levels in the valve;

N_r is the total number of redundant series thyristor levels in the valve.

4.4 Criteria for successful type testing

Experience in industry ascertains that, even with the most careful design of valves, it is not possible to avoid occasional random failures of thyristor level components during service operation. Even though these failures may be stress-related, they are considered random to the extent that the cause of failure or the relationship between failure rate and stress cannot be predicted or is not amenable to precise quantitative definition. Type tests subject valves or valve sections, within a short time, to multiple stresses that generally correspond to the worst stresses that can be experienced by the equipment not more than a few times during the life of the valve. Considering the above, the criteria for successful type testing set out below therefore permit a small number of thyristor levels to fail during type testing, providing that the failures are rare and do not show any pattern that is indicative of inadequate design.

4.4.1 Critères applicables aux niveaux de thyristors

- a) Si, à la suite d'un essai de type répertorié dans l'article 5, plus d'un niveau de thyristors (ou plus de 1 % des niveaux de thyristors connectés en série dans une valve entière, si cette valeur est supérieure) a été court-circuité, on doit alors estimer que la valve n'a pas réussi les essais de type.
- b) Si, à la suite d'un essai de type, un niveau de thyristors (ou plus si la valeur s'inscrit dans une limite de 1 %) a été court-circuité, le ou les niveaux défaillants doivent être rétablis et l'essai de type est continué.
- c) Si le nombre cumulé de niveaux de thyristors court-circuités au cours de tous les essais de type dépasse 3 % des niveaux de thyristors connectés en série dans une valve entière, la valve doit être considérée comme n'ayant pas réussi l'essai de type.
- d) Lorsque des essais de type sont réalisés sur des sections de valve, les critères d'acceptation ci-dessus s'appliquent également car le nombre de sections de valve ne doit pas être inférieur au nombre de sections compris dans une valve entière (voir 4.1.2 a).
- e) La valve ou les sections de valve doivent être vérifiées après chaque essai de type afin de déterminer si des niveaux de thyristors ont été court-circuités. Il est possible de remplacer, avant de poursuivre les essais, des thyristors ou composants auxiliaires qui se sont révélés défaillants au cours ou à la fin d'un essai de type.
- f) A l'issue du programme d'essai, la valve ou les sections de valve doivent subir une série d'essais de vérification, qui doit inclure au minimum:
 - la vérification de la résistance à la tension des niveaux de thyristors à la fois en direction directe et inversée;
 - la vérification des portes analogiques;
 - la vérification des circuits de surveillance;
 - la vérification des circuits de protection des niveaux de thyristors par application de surtensions transitoires au-dessus et en-dessous de la ou des positions de protection;
 - la vérification des circuits de répartition des potentiels.
- g) Les courts-circuits de niveaux de thyristors survenant au cours des essais de vérification doivent être pris en compte parmi les critères d'acceptation définis ci-dessus. En plus des niveaux court-circuités, le nombre total de niveaux de thyristors présentant des défauts n'occasionnant pas de courts-circuits de niveaux, et découverts au cours du programme d'essai type et des essais de vérification ultérieurs, ne doit pas dépasser 3 % du nombre des niveaux de thyristors connectés en série dans une valve entière. Si le nombre total de tels niveaux dépasse 3 %, la nature des défauts et leur cause doivent faire l'objet d'une révision, et les démarches additionnelles, s'il y en avait, doivent être décidées conjointement par l'acheteur et le fournisseur.
- h) Lorsque l'on applique les critères de pourcentage pour déterminer le nombre maximum autorisé de niveaux de thyristors court-circuités ainsi que le nombre maximum de défauts autorisés n'ayant pas occasionné de court-circuit de niveaux, il est courant d'arrondir toutes les fractions au nombre entier supérieur, comme l'illustre le tableau 1.

Tableau 1 – Défauts de niveaux de thyristors autorisés au cours des essais

Nombre de niveaux de thyristors dans une valve entière moins le nombre de niveaux redondants ($N_t - N_r$)	Nombre de niveaux de thyristors qu'il est permis de court-circuiter dans un essai de type quelconque	Nombre total de niveaux de thyristors qu'il est permis de court-circuiter dans tous les essais de type	Nombre supplémentaire de niveaux de thyristors, dans tous les essais de type, ayant laissé apparaître un défaut mais n'ayant pas été court-circuités
jusqu'à 33	1	1	1
34 à 67	1	2	2
68 à 100	1	3	3
etc.			

4.4.1 Criteria applicable to thyristor levels

- a) If, following a type test as listed in clause 5, more than one thyristor level (alternatively more than 1 % of the series-connected thyristor levels in a complete valve, if greater) has become short circuited, then the valve shall be deemed to have failed the type tests.
- b) If, following a type test, one thyristor level (or more if still within the 1 % limit) has become short circuited, then the failed level(s) shall be restored and the type test continued.
- c) If the cumulative number of short-circuited thyristor levels during all type tests is more than 3 % of the series-connected thyristor levels in a complete valve, then the valve shall be deemed to have failed the type test.
- d) When type tests are performed on valve sections, the criteria for acceptance above also apply since the number of valve sections tested shall be not less than the number of sections in a complete valve (see 4.1.2 a).
- e) The valve or valve sections shall be checked after each type test to determine whether or not any thyristor levels have become short-circuited. Failed thyristors or auxiliary components found during or at the end of a type test may be replaced before further testing.
- f) At the completion of the test programme, the valve or valve sections shall undergo a series of check tests, which shall include as a minimum:
 - check for voltage withstand of thyristor levels in both forward and reverse direction;
 - check of the gating circuits;
 - check of the monitoring circuits;
 - check of the thyristor level protection circuits by application of transient voltages above and below the protection setting(s);
 - check of the voltage grading circuits.
- g) Thyristor level short circuits occurring during the check tests shall be counted as part of the criteria for acceptance defined above. In addition to short-circuited levels, the total number of thyristor levels exhibiting faults which do not result in thyristor level short circuit, which are discovered during the type test programme and the subsequent check tests, shall not exceed 3 % of the series-connected thyristor levels in a complete valve. If the total number of such levels exceeds 3%, then the nature of the faults and their cause shall be reviewed and additional action, if any, agreed between purchaser and supplier.
- h) When applying the percentage criteria to determine the permitted maximum number of short-circuited thyristor levels and the permitted maximum number of levels with faults which have not resulted in a thyristor level becoming short-circuited, it is usual practice to round off all fractions to the next highest integer, as illustrated in table 1.

Table 1 – Thyristor level faults permitted during type tests

Number of thyristor levels in a complete valve minus the number of redundant levels ($N_t - N_r$)	Number of thyristor levels permitted to become short-circuited in any one type test	Total number of thyristor levels permitted to become short-circuited in all type tests	Additional number of thyristor levels, in all type tests, which have experienced a fault but have not become short-circuited
up to 33	1	1	1
34 to 67	1	2	2
68 to 100	1	3	3
etc.			

La répartition des niveaux court-circuités et d'autres défauts de niveaux de thyristors à l'issue de tous les essais de type doit être essentiellement aléatoire et ne doit présenter aucun signe indiquant une conception inadaptée.

4.4.2 Critères applicables à la valve dans son ensemble

Une panne ou une décharge en surface externe au niveau du matériel électrique commun, associée à plus d'un niveau de thyristor de la valve, ou une décharge disruptive dans le matériau diélectrique constituant en partie la structure de la valve, des conduites de refroidissement, des guides optiques, ou d'autres parties isolantes du système de répartition et de transmission d'impulsion, ne doivent pas être autorisées.

La température à la surface des composants et des conducteurs, de même que celle des joints et connexions parcourus par un courant, et la température des surfaces de montage adjacentes doivent toujours rester dans les limites autorisées par la conception.

5 Liste des essais de type

Le tableau 2 ci-dessous donne la liste récapitulative des essais de type présentés dans les articles 6 à 13.

Tableau 2 – Liste des essais de type

Essai de type	Article ou paragraphe	Objet d'essai
Essai de support de valve sous tension continue	6.3.1	Support de valve
Essai de support de valve sous tension alternative	6.3.2	Support de valve
Essai de support de valve sous tension de choc de manoeuvre	6.3.3	Support de valve
Essai de support de valve sous tension de choc de foudre	6.3.4	Support de valve
Essai de MVU sous tension continue à la terre	7.3.1	MVU
Essai de MVU sous tension alternative	7.3.2	MVU
Essai de MVU sous tension de choc de manoeuvre	7.3.3	MVU
Essai de MVU sous tension de choc de foudre	7.3.4	MVU
Essai de valve sous tension constante	8.3.1	Valve
Essai de valve sous tension alternative	8.3.2	Valve
Essai de valve sous tension de choc de manoeuvre	8.3.4	Valve
Essai de valve sous tension de choc de foudre	8.3.5	Valve
Essai de valve sous tension de choc à front raide	8.3.6	Valve
Essai d'allumage non périodique de valve	8.4	Valve
Essais en service continu maximal	9.3.1	Valve ou section de valve
Essai en service temporaire maximal ($\alpha = 90^\circ$)	9.3.2	Valve ou section de valve
Essais sous tension alternative minimale	9.3.3	Valve ou section de valve
Essai à manque de tension temporaire	9.3.4	Valve ou section de valve
Essais avec courant continu intermittent	9.3.5	Valve ou section de valve
Essais sous tension directe transitoire durant la période de rétablissement	10	Valve ou section de valve
Essai en courant de défaut à une boucle avec réapplication de tension directe	11.3.1	Valve ou section de valve
Essai en courant de défaut à boucle multiple sans réapplication de tension directe	11.3.2	Valve ou section de valve
Essais sur l'insensibilité de la valve aux perturbations électromagnétiques	12	Valve ou section de valve
Essai de caractéristiques spéciales	13	Valve ou section de valve

The distribution of short-circuited levels and of other thyristor level faults at the end of all type tests shall be essentially random and not show any pattern that may be indicative of inadequate design.

4.4.2 Criteria applicable to the valve as a whole

Breakdown of or external flashover across common electrical equipment associated with more than one thyristor level of the valve, or disruptive discharge in dielectric material forming part of the valve structure, cooling ducts, light guides or other insulating parts of the pulse transmission and distribution system shall not be permitted.

Component and conductor surface temperatures, together with associated current-carrying joints and connections, and the temperature of adjacent mounting surfaces shall at all times remain within limits permitted by the design.

5 List of type tests

The table below lists the type tests given in clauses 6 to 13.

Table 2 – List of type tests

Type test	Clause or subclause	Test object
Valve support d.c. voltage test	6.3.1	Valve support
Valve support a.c. voltage test	6.3.2	Valve support
Valve support switching impulse test	6.3.3	Valve support
Valve support lightning impulse test	6.3.4	Valve support
MVU d.c. voltage test to earth	7.3.1	MVU
MVU a.c. voltage test	7.3.2	MVU
MVU switching impulse test	7.3.3	MVU
MVU lightning impulse test	7.3.4	MVU
Valve d.c. voltage test	8.3.1	Valve
Valve a.c. voltage test	8.3.2	Valve
Valve switching impulse test	8.3.4	Valve
Valve lightning impulse test	8.3.5	Valve
Valve steep front impulse test	8.3.6	Valve
Valve non-periodic firing test	8.4	Valve
Maximum continuous operating duty tests	9.3.1	Valve or valve-section
Maximum temporary operating duty test ($\alpha \leq 90^\circ$)	9.3.2	Valve or valve-section
Minimum a.c. voltage tests	9.3.3	Valve or valve-section
Temporary undervoltage test	9.3.4	Valve or valve-section
Intermittent direct current tests	9.3.5	Valve or valve-section
Tests with transient forward voltage during recovery period	10	Valve or valve-section
One-loop fault current test with re-applied forward voltage	11.3.1	Valve or valve-section
Multiple-loop fault current test without re-applied forward voltage	11.3.2	Valve or valve-section
Tests for valve insensitivity to electromagnetic disturbance	12	Valve or valve-section
Testing of special features	13	Valve or valve-section

6 Essais diélectriques sur support de valve

6.1 Objectifs des essais

Les principaux objectifs de ces essais consistent à:

- vérifier la capacité de résistance à la tension au niveau de l'isolation du support de valve, des conduits de refroidissement, des guides optiques et d'autres composants isolants associés au support de valve. S'il existe une isolation à la terre autre que le support de valve, il se peut que des essais supplémentaires soient nécessaires.
- vérifier que les tensions d'extinction et de seuil de décharge partielle sont supérieures à la tension de fonctionnement maximale présente sur le support de valve.

NOTE – Selon l'application, il est éventuellement possible d'éliminer certains essais sur le support de valve, après accord entre l'acheteur et le fournisseur.

6.2 Objet soumis à l'essai

Il est admis que le support de valve à utiliser pour les essais soit un objet représentatif distinct comprenant une représentation des parties adjacentes de la valve, ou qu'il fasse partie de l'ensemble utilisé pour les essais d'unité de valve unique ou multiple. Il doit être assemblé tandis que tous les composants auxiliaires sont en place et les surfaces au potentiel de terre adjacentes doivent être correctement représentées. Pour l'essai, l'agent de refroidissement doit être placé dans des conditions représentant les conditions de service les plus défavorables.

6.3 Prescriptions d'essai

Tous les niveaux d'essai indiqués ci-dessous sont soumis à une correction atmosphérique selon la description donnée en 4.2.

6.3.1 Essai sur support de valve sous tension continue

Les deux bornes principales de la valve doivent être reliées l'une à l'autre et la tension continue appliquée alors entre les deux bornes principales ainsi connectées et la terre. A partir d'une tension égale au maximum à 50 % de la tension d'essai maximale, la tension doit être élevée à la tension d'essai spécifiée de 1 min, en 10 s environ; elle doit être maintenue constante pendant 1 min, réduite à la tension d'essai spécifiée de 3 h, maintenue constante pendant 3 h, puis réduite à zéro. Durant la dernière heure de l'essai de 3 h spécifié, le nombre de décharges partielles dépassant 300 pC doit être enregistré selon la description fournie par l'annexe B.

Le nombre d'impulsions supérieures à 300 pC ne doit pas dépasser 15 impulsions par minute, selon une moyenne établie sur l'ensemble de la période d'enregistrement. Parmi celles-ci, pas plus de sept impulsions par minute ne doivent dépasser 500 pC, pas plus de trois impulsions par minute ne doivent dépasser 1000 pC, et pas plus d'une impulsion par minute ne doit dépasser 2000 pC.

NOTE – Si une tendance croissante est observée au niveau de l'amplitude ou du taux de décharge partielle, il est permis de rallonger la durée d'essai après accord mutuel entre l'acheteur et le fournisseur.

L'essai doit alors être répété avec une tension de polarité opposée.

La tension d'essai continue du support de valve U_{tds} doit être déterminée de la façon suivante:

$$U_{tds} = \pm U_{dms} \times k_1 \times k_t$$

où

U_{dms} est la valeur maximale de la composante continue de la tension de fonctionnement en régime établi au niveau du support de valve;

6 Dielectric tests on valve support

6.1 Purpose of tests

The principal objectives of these tests are:

- a) to verify the voltage withstand capability of the insulation of the valve support, cooling ducts, light guides and other insulating components associated with the valve support. If there is insulation to earth other than the valve support then additional tests may be necessary.
- b) to verify that the partial discharge inception and extinction voltages are above the maximum operating voltage appearing on the valve support.

NOTE – Depending upon the application, it may be possible to eliminate some of the tests on the valve support, subject to agreement between purchaser and supplier.

6.2 Test object

The valve support to be used for the tests may be a representative separate object including representation of the adjacent parts of the valve, or may form part of the assembly used for single valve or multiple valve unit tests. It shall be assembled with all ancillary components in place and shall have the adjacent earth potential surfaces properly represented. The coolant shall be in a condition representative of the most onerous service condition for the purpose of the test.

6.3 Test requirements

All test levels given below are subject to atmospheric correction as described in 4.2.

6.3.1 Valve support 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 1 min test voltage in approximately 10 s, kept constant for 1 min, reduced to the specified 3 h test voltage, kept constant for 3 h and then reduced to zero. During the last hour of the specified 3 h test, the number of partial discharges exceeding 300 pC shall be recorded as described in annex B.

The number of pulses exceeding 300 pC shall not exceed 15 pulses per minute, averaged over the recording period. Of these, no more than seven pulses per minute shall exceed 500 pC, no more than three pulses per minute shall exceed 1000 pC and no more than one pulse per minute shall exceed 2000 pC.

NOTE – If an increasing trend in the magnitude or rate of partial discharge is observed the test duration may be extended by mutual agreement between the purchaser and supplier.

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

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

$$U_{tds} = \pm U_{dms} \times k_1 \times k_t$$

where

U_{dms} is the maximum value of the d.c. component of the steady-state operating voltage appearing across the valve support;

- k_1 est le facteur de sécurité d'essai;
 $k_1 = 1,6$ pour un essai de 1 min;
 $k_1 = 1,3$ pour un essai de 3 h;
 k_t est le facteur de correction atmosphérique;
 k_t est la valeur conforme à 4.2 pour un essai de 1 min;
 $k_t = 1,0$ pour un essai de 3 h.

6.3.2 Essai sur support de valve sous tension alternative

Avant l'essai, le support de valve doit être court-circuité et relié à la terre pendant 2 h au minimum.

Pour réaliser l'essai, les deux bornes principales de la valve doivent être reliées l'une à l'autre et la tension d'essai alternative appliquée alors entre les deux bornes principales ainsi connectées et la terre. A partir d'une tension égale au maximum à 50 % de la tension d'essai maximale, la tension doit être élevée à la tension d'essai spécifiée de 1 min U_{tas1} , en 10 s environ; elle doit être maintenue constante pendant 1 min, réduite à la tension d'essai spécifiée de 30 min U_{tas2} , maintenue constante pendant 30 min, puis réduite à zéro. Pendant l'essai de 30 min spécifié, le niveau de décharge partielle doit être contrôlé et enregistré. Si la valeur de décharge partielle est inférieure à 200 pC, il est permis d'accepter la conception sans conditions. Si la valeur de décharge partielle dépasse 200 pC, les résultats d'essai doivent être évalués (voir article B.4).

La valeur efficace de la tension d'essai continue du support de valve, U_{tas} , doit être déterminée de la façon suivante:

$$U_{tas} = \frac{U_{ms}}{\sqrt{2}} \times k_2 \times k_t \times k_r$$

où

- U_{ms} est la valeur de crête de la tension de fonctionnement répétitive maximale au niveau du support de valve durant le fonctionnement en régime établi, y compris la suroscillation;
 U_{tas1} est la tension d'essai de 1 min;
 U_{tas2} est la tension d'essai de 30 min;
 k_2 est le facteur de sécurité d'essai;
 $k_2 = 1,3$ pour essai de 1 min;
 $k_2 = 1,15$ pour essai de 30 min;
 k_t est le facteur de correction atmosphérique;
 k_t est la valeur conforme à 4.2 pour un essai de 1 min;
 $k_t = 1,0$ pour essai de 30 min;
 k_r est le facteur de surtension temporaire;
 k_r est la valeur déterminée à partir des études du système pour l'essai de 1 min;
 $k_r = 1,0$ pour l'essai de 30 min.

6.3.3 Essai de support de valve sous tension de choc de manoeuvre

L'essai doit comprendre trois applications de tensions de choc de manoeuvre de polarité positive et trois applications de polarité négative entre les bornes principales communes à la valve et à la terre.

Une forme d'onde de choc de manoeuvre normalisée, conforme à la CEI 60060, doit être utilisée.

La tension d'essai doit être choisie en fonction de la coordination de l'isolement de la sous-station CCHT.

- k_1 is a test safety factor;
 $k_1 = 1,6$ for the 1 min test;
 $k_1 = 1,3$ for the 3 h test;
 k_t is the atmospheric correction factor;
 k_t is the value according to 4.2 for the 1 min test;
 $k_t = 1,0$ for the 3 h test.

6.3.2 Valve support a.c. voltage test

Prior to the test, the valve support shall be short-circuited and earthed for a minimum of 2 h.

To perform the 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 1 min test voltage U_{tas1} within approximately 10 s, kept constant for 1 min, reduced to the specified 30 min test voltage U_{tas2} , kept constant for 30 min and then reduced to zero. During the specified 30 min test, the level of partial discharge shall be monitored and recorded. If the value of partial discharge is below 200 pC, the design may be accepted unconditionally. If the value of partial discharge exceeds 200 pC, the test results shall be evaluated (see clause B.4).

The r.m.s. value of the valve support a.c. test voltage U_{tas} shall be determined in accordance with the following:

$$U_{tas} = \frac{U_{ms}}{\sqrt{2}} \times k_2 \times k_t \times k_r$$

where

- U_{ms} is the peak value of the maximum repetitive operating voltage across the valve support during steady-state operation, including commutation overshoot;
 U_{tas1} is the 1 min test voltage;
 U_{tas2} is the 30 min test voltage;
 k_2 is a test safety factor;
 $k_2 = 1,3$ for the 1 min test;
 $k_2 = 1,15$ for the 30 min test;
 k_t is the atmospheric correction factor;
 k_t is the value according to 4.2 for the 1 min test;
 $k_t = 1,0$ for the 30 min test;
 k_r is the temporary overvoltage factor;
 k_r is the value determined from system studies for the 1 min test;
 $k_r = 1,0$ for the 30 min test.

6.3.3 Valve support switching impulse test

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

A standard switching impulse voltage waveshape in accordance with IEC 60060 shall be used.

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

6.3.4 Essai de support de valve sous tension de choc de foudre

L'essai doit comprendre trois applications de tensions de choc de foudre de polarité positive et trois applications de polarité négative entre les bornes principales communes à la valve et à la terre.

Une forme d'onde de choc de foudre normalisée, conforme à la CEI 60060, doit être utilisée.

La tension d'essai doit être choisie en fonction de la coordination de l'isolement de la sous-station CCHT.

NOTE – Si l'on utilise de nouveaux matériaux isolants sans expérimentation en service probante, il convient d'envisager la réalisation d'un essai de tension de choc de front raide supplémentaire.

7 Essais diélectriques pour unités de valves multiples (MVU)

7.1 Objectif des essais

Les principaux objectifs de ces essais consistent à:

- a) vérifier la capacité de résistance à la tension au niveau de l'isolation externe du MVU, par rapport à son environnement, en particulier pour la valve connectée au potentiel du pôle;
- b) vérifier la capacité de résistance à la tension entre des valves uniques dans une structure MVU;
- c) vérifier que les niveaux de décharge partielle se situent dans les limites spécifiées.

7.2 Objet soumis à l'essai

Il existe plusieurs dispositions possibles pour les valves et unités de valves multiples. Le ou les objets d'essai doivent être sélectionnés afin de refléter, aussi précisément que possible, la configuration en service des valves, dans la mesure où cela est nécessaire pour l'essai en question. L'objet d'essai doit être entièrement équipé à moins qu'il ne soit possible de montrer que certains composants peuvent être simulés ou omis sans porter atteinte à la signification des résultats.

Il se peut que l'on ait à court-circuiter des valves individuelles en fonction de la configuration du MVU et des objectifs de l'essai. A titre d'exemple, pour la disposition la plus courante de quatre valves identiques, empilées verticalement (valve quadruple), il convient de court-circuiter une valve dans la position provoquant les conditions les plus défavorables.

Lorsque la borne basse tension du MVU n'est pas connectée au potentiel neutre en courant continu, des précautions doivent être prises afin d'effectuer une terminaison convenable de la borne basse tension du MVU au cours des essais pour simuler correctement la tension existant au niveau de cette borne. Des plans de terre doivent être utilisés, dont la séparation doit être déterminée par la proximité d'autres valves et surfaces au potentiel de terre.

7.3 Prescriptions d'essai

7.3.1 Essai de MVU sous tension continue à la terre

La tension d'essai continue doit être appliquée entre la borne à courant continu de potentiel le plus élevé du MVU et la terre.

A partir d'une tension égale au maximum à 50 % de la tension d'essai maximale, la tension doit être élevée à la tension d'essai spécifiée de 1 min, en 10 s environ; elle doit être maintenue constante pendant 1 min, réduite à la tension d'essai spécifiée de 3 h, maintenue constante pendant 3 h, puis réduite à zéro.

6.3.4 Valve support lightning impulse test

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

A standard lightning impulse voltage waveshape in accordance with IEC 60060 shall be used.

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

NOTE – If new insulating materials without proven service experience are employed, consideration should be given to an additional steep front impulse test.

7 Dielectric tests for multiple valve units (MVU)

7.1 Purpose of tests

The principal objectives of these tests are:

- a) to verify the voltage withstand capability of the external insulation of the MVU, with respect to its surroundings, especially for the valve connected at pole potential;
- b) to verify the voltage withstand capability between single valves in a MVU structure;
- c) to verify that the partial discharge levels are within specified limits.

7.2 Test object

There are many possible arrangements of valves and multiple valve units. The test object(s) shall be chosen to reflect, as accurately as possible, the service configuration of valves insofar as is necessary for the test in question. The test object shall be fully equipped unless it can be shown that some components can be simulated or omitted without reducing the significance of the results.

Individual valves may have to be short-circuited depending on the configuration of the MVU and the objectives of the test. As an example, for the most common arrangement of four identical, vertically stacked valves (quadruple valve), one valve should be short-circuited in the position which results in the most onerous conditions.

When the low-voltage terminal of the MVU is not connected at d.c. neutral potential, care shall be taken to suitably terminate the low voltage terminal of the MVU during tests to correctly simulate the voltage appearing at this terminal. Earth planes shall be used, whose separation shall be determined by the proximity of other valves and earth potential surfaces.

7.3 Test requirements

7.3.1 MVU d.c. voltage test to earth

The d.c. test voltage shall be applied between the highest potential d.c. terminal of the MVU and earth.

Starting from a voltage not higher than 50 % of the maximum test voltage, the voltage shall be raised to the specified 1 min test voltage in approximately 10 s, kept constant for 1 min, reduced to the specified 3 h test voltage, kept constant for 3 h and then reduced to zero.

Durant la dernière heure de l'essai de 3 h spécifié, le nombre de décharges partielles dépassant 300 pC doit être enregistré selon la description de l'annexe B.

Le nombre d'impulsions supérieures à 300 pC ne doit pas dépasser 15 impulsions par minute, selon une moyenne établie sur l'ensemble de la période d'enregistrement. Parmi celles-ci, pas plus de sept impulsions par minute ne doivent dépasser 500 pC, pas plus de trois impulsions par minute ne doivent dépasser 1000 pC et pas plus d'une impulsion par minute ne doit dépasser 2 000 pC.

NOTE – Si une tendance croissante est observée au niveau de l'amplitude ou du taux de décharge partielle, il est permis de rallonger la durée d'essai après accord mutuel entre l'acheteur et le fournisseur.

L'essai doit alors être répété avec une tension de polarité opposée.

La tension d'essai continue du MVU, U_{tdm} , doit être déterminée de la façon suivante:

$$U_{tdm} = \pm U_{dmm} \times k_3 \times k_t$$

où

U_{dmm} est la valeur maximale de la composante de courant continu de la tension de fonctionnement en régime établi apparaissant entre la borne haute tension du MVU et la terre;

k_3 est le facteur de sécurité d'essai;

$k_3 = 1,6$ pour un essai de 1 min;

$k_3 = 1,3$ pour un essai de 3 h;

k_t est le facteur de correction atmosphérique;

k_t est la valeur conforme à 4.2 pour un essai de 1 min;

$k_t = 1,0$ pour un essai de 3 h.

7.3.2 Essai de MVU sous tension alternative

Si un MVU subit des contraintes de tension alternative ou composite alternative plus continue entre deux bornes quelconques, dont la capacité de résistance n'est pas démontrée de façon adéquate par d'autres essais, il est nécessaire de réaliser un essai sous tension alternative entre ces bornes du MVU.

Avant l'essai, les bornes du MVU doivent être court-circuitées entre elles et mises à la terre pendant 2 h au minimum. Pour réaliser l'essai, la source de tension d'essai doit être connectée au couple de bornes MVU en question. Le point de connexion à la terre dépend de la disposition du circuit d'essai.

A partir d'une tension égale au maximum à 50 % de la tension d'essai de 1 min, la tension doit être élevée à la tension d'essai spécifiée de 1 min; elle doit être maintenue constante pendant 1 min, réduite à la valeur de 30 min, maintenue constante pendant 30 min, puis réduite à zéro.

Durant l'essai de 30 min spécifié, le niveau de décharge partielle doit être contrôlé et enregistré. Si la valeur de décharge partielle est inférieure à 200 pC, il est permis d'accepter la conception sans conditions. Si la valeur de décharge partielle dépasse 200 pC, les résultats d'essai doivent être évalués (voir article B.4).

La valeur efficace de la tension d'essai du MVU en courant continu, U_{tam} , doit être déterminée de la façon suivante:

$$U_{tam} = \frac{U_{mm}}{\sqrt{2}} \times k_4 \times k_r \times k_t$$

During the last hour of the specified 3 h test, the number of partial discharges exceeding 300 pC shall be recorded as defined in annex B.

The number of pulses exceeding 300 pC shall not exceed 15 pulses per minute, averaged over the recording period. Of these, no more than seven pulses per minute shall exceed 500 pC, no more than three pulses per minute shall exceed 1 000 pC, and no more than one pulse per minute shall exceed 2 000 pC.

NOTE - If an increasing trend in the magnitude or rate of partial discharge is observed, the test duration may be extended by mutual agreement between the purchaser and supplier.

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

The MVU d.c. test voltage U_{tdm} shall be determined in accordance with the following:

$$U_{tdm} = \pm U_{dmm} \times k_3 \times k_t$$

where

U_{dmm} is the maximum value of the d.c. component of the steady state operating voltage appearing between the high-voltage terminal of the MVU and earth;

k_3 is a test safety factor;

$k_3 = 1,6$ for the 1 min test;

$k_3 = 1,3$ for the 3 h test;

k_t is the atmospheric correction factor;

k_t is the value according to 4.2 for the 1 min test;

$k_t = 1,0$ for the 3 h test.

7.3.2 MVU a.c. voltage test

If a MVU experiences a.c. or composite a.c. plus d.c. voltage stresses between any two terminals, the withstand capability of which is not adequately demonstrated by other tests, then it will be necessary to perform an a.c. voltage test between these terminals of the MVU.

Prior to the test, the MVU terminals shall be short-circuited together and earthed for a minimum of 2 h. To perform the test, the test voltage source shall be connected to the pair of MVU terminals in question. The point of earth connection is dependent on the test circuit arrangement.

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, then reduced to the 30 min value, kept constant for 30 min and then reduced to zero.

During the specified 30 min test, the level of partial discharge shall be monitored and recorded. If the value of partial discharge is below 200 pC, the design may be accepted unconditionally. If the value of partial discharge exceeds 200 pC, the test results shall be evaluated (see B.4).

The r.m.s. value of the MVU a.c. test voltage U_{tam} shall be determined in accordance with the following:

$$U_{tam} = \frac{U_{mm}}{\sqrt{2}} \times k_4 \times k_r \times k_t$$

où

U_{mm} est la valeur de crête de la tension de fonctionnement répétitive maximale apparaissant entre les bornes du MVU lors d'un fonctionnement en régime établi, y compris la suroscillation;

k_4 est le facteur de sécurité d'essai;

k_4 = 1,3 pour un essai de 1 min;

k_4 = 1,15 pour un essai de 30 min;

k_r est le facteur de surtension temporaire;

k_r est la valeur déterminée à partir d'études du système pour un essai de 1 min;

k_r = 1,0 pour un essai de 30 min;

k_t est le facteur de correction atmosphérique;

k_t est la valeur conforme à 4.2 pour un essai de 1 min;

k_t = 1,0 pour un essai de 30 min.

7.3.3 Essai de MVU sous tension de choc de manoeuvre

Une forme d'onde de choc de manoeuvre normalisée conforme à la CEI 60060 doit être utilisée.

La tension de choc de manoeuvre du MVU doit être appliquée entre la borne haute tension du MVU et la terre.

L'essai doit comprendre trois applications de tension de choc de manoeuvre de polarité positive et trois de polarité négative d'amplitude spécifiée

La tension de choc de manoeuvre du MVU, U_{tsm} , doit être déterminée de la façon suivante:

$$U_{tsm} = \pm SIPL_m \times k_5 \times k_t$$

où

$SIPL_m$ est le niveau de protection contre les surtensions de manoeuvre déterminé par la coordination de l'isolement en tenant compte du ou des parafoudres connectés entre la borne haute tension du MVU et la terre;

k_5 est le facteur de sécurité d'essai;

k_5 = 1,15;

k_t est le facteur de correction atmosphérique;

k_t est la valeur conforme à 4.2.

Si l'essai prescrit ci-dessus ne teste pas de manière adéquate la résistance aux surtensions de manoeuvre entre toutes les bornes du MVU, on doit envisager de réaliser des essais supplémentaires pour vérifier l'isolement.

NOTE – Il n'est pas nécessaire de réaliser l'essai du MVU sous tension de choc de manoeuvre, qui est soumis à un accord entre l'acheteur et le fournisseur, si l'on peut mettre en évidence par d'autres moyens que:

a) les distances d'isolement externes dans l'air par rapport à d'autres valves et par rapport à la terre sont adaptées pour le niveau de résistance à la tension de choc de manoeuvre prescrite, et

b) la résistance aux surtensions de manoeuvre entre deux bornes quelconques du MVU est correctement démontrée par d'autres essais.

where

U_{mm} is the peak value of the maximum repetitive operating voltage appearing between the terminals of the MVU during steady-state operation, including commutation overshoot;

k_4 is a test safety factor;

$k_4 = 1,3$ for the 1 min test;

$k_4 = 1,15$ for the 30 min test;

k_r is the temporary overvoltage factor;

k_r is the value determined from system studies for the 1 min test;

$k_r = 1,0$ for the 30 min test;

k_t is the atmospheric correction factor;

k_t is the value according to 4.2 for the 1 min test;

$k_t = 1,0$ for the 30 min test.

7.3.3 MVU switching impulse test

A standard switching impulse voltage waveshape in accordance with IEC 60060 shall be used.

The MVU switching impulse test voltage shall be applied between the high voltage terminal of the MVU and earth.

The test shall comprise three applications of positive polarity and three applications of negative polarity switching impulse voltage of a specified amplitude.

The MVU switching impulse test voltage U_{tsm} shall be determined in accordance with the following:

$$U_{tsm} = \pm SIPL_m \times k_5 \times k_t$$

where

$SIPL_m$ is the switching impulse protective level determined by insulation co-ordination taking into account the arrester(s) connected between the MVU high voltage terminal and earth;

k_5 is a test safety factor;

$k_5 = 1,15$;

k_t is the atmospheric correction factor;

k_t is the value according to 4.2.

If the test prescribed above does not adequately test the switching impulse withstand between all terminals of the MVU, then consideration shall be given to performing extra tests to check the insulation.

NOTE – Subject to agreement between the purchaser and supplier, the MVU switching impulse test need not be performed if it can be shown by other means that:

a) the external air clearances to other valves and to earth are adequate for the switching impulse voltage withstand level required, and

b) the switching impulse withstand between any two terminals of the MVU is adequately demonstrated by other tests.

7.3.4 Essai de MVU sous tension de choc de foudre

Une forme d'onde de choc de foudre normalisée conforme à la CEI 60060 doit être utilisée.

La tension d'essai de choc de foudre sur le MVU doit être appliquée entre la borne haute tension du MVU et la terre.

L'essai doit comprendre trois applications de tension de choc de foudre de polarité positive et trois de polarité négative d'amplitude spécifiée.

La tension d'essai de choc de foudre du MVU U_{tlm} doit être déterminée de la façon suivante:

$$U_{tlm} = \pm LIPL_m \times k_6 \times k_t$$

où

$LIPL_m$ est le niveau de protection contre les tensions de choc de foudre déterminé par la coordination de l'isolement en tenant compte du ou des parafofoudres connectés entre la borne haute tension du MVU et la terre;

k_6 est le facteur de sécurité d'essai;

$k_6 = 1,15$;

k_t est le facteur de correction atmosphérique;

k_t est la valeur conforme à 4.2.

Si l'on ne peut pas démontrer que l'essai prescrit ci-dessus teste de manière adéquate la résistance aux tensions de choc de foudre entre toutes les bornes du MVU, on doit envisager de réaliser des essais supplémentaires pour vérifier cet isolement.

NOTE 1 – Il n'est pas nécessaire de réaliser l'essai du MVU sous tension de choc de foudre, qui est soumis à un accord entre l'acheteur et le fournisseur, si l'on peut mettre en évidence par d'autres moyens que:

- a) les distances d'isolement externes dans l'air par rapport à d'autres valves et par rapport à la terre sont adaptées pour le niveau de résistance à la tension de choc de foudre prescrite, et
- b) la résistance aux tensions de choc de foudre entre deux bornes quelconques du MVU est correctement démontrée par d'autres essais.

NOTE 2 – Dans certaines circonstances, il convient d'envisager un essai aux ondes de front raide distinct afin de compléter l'essai aux ondes de front raide sur la valve (voir 8.3.6).

8 Essais diélectriques entre les bornes de valve

8.1 Objectifs des essais

Ces essais sont destinés à vérifier la conception de la valve en fonction de ses caractéristiques liées à la tension pour différents types de surtensions (surtensions en courant continu, alternatif, de choc de manoeuvre, de choc de foudre et à front raide). Il convient que les essais démontrent les points suivants:

- a) la valve résiste aux surtensions spécifiées;
- b) tous les circuits de protection contre les surtensions internes sont efficaces;
- c) les décharges partielles s'inscrivent dans les limites spécifiées dans les conditions d'essai spécifiées;
- d) les circuits de répartition en courant continu interne présentent une puissance assignée suffisante;
- e) les circuits électroniques de valve ne sont pas sensibles aux interférences et fonctionnent correctement;
- f) la valve peut sans dommages être allumée à partir de conditions de surtension élevée spécifiées.

7.3.4 MVU lightning impulse test

A standard lightning impulse voltage waveshape in accordance with IEC 60060 shall be used.

The MVU lightning impulse test voltage shall be applied between the high voltage terminal of the MVU and earth.

The test shall comprise three applications of positive polarity and three applications of negative polarity lightning impulse voltage of specified amplitude.

The MVU lightning impulse test voltage U_{tlm} shall be determined in accordance with the following:

$$U_{tlm} = \pm LIPL_m \times k_6 \times k_t$$

where

$LIPL_m$ is the lightning impulse protective level determined by insulation co-ordination, taking into account the arrester(s) connected between the MVU high voltage terminal and earth;

k_6 is a test safety factor;

$k_6 = 1,15$;

k_t is the atmospheric correction factor;

k_t is the value according to 4.2.

If it cannot be demonstrated that the test prescribed above adequately tests the lightning impulse withstand voltage between all terminals of the MVU, then consideration shall be given to performing extra tests to check this insulation.

NOTE 1 – Subject to agreement between the purchaser and supplier, the MVU lightning impulse test need not be performed if it can be shown by other means that:

- a) the external air clearances to other valves and to earth are adequate for the lightning impulse voltage withstand level required, and
- b) the lightning impulse withstand voltage between any two terminals of the MVU is adequately demonstrated by other tests.

NOTE 2 – In some circumstances, consideration should be given to a separate steep front impulse voltage test in order to supplement the valve steep front impulse test (see 8.3.6).

8 Dielectric tests between valve terminals

8.1 Purpose of tests

These tests are intended to verify the design of the valve regarding its voltage-related characteristics for various types of overvoltages (d.c., a.c., switching impulse, lightning impulse and steep-front impulse overvoltages). The tests should demonstrate that:

- a) the valve will withstand the specified overvoltages;
- b) any internal overvoltage protective circuits are effective;
- c) partial discharges will be within specified limits under specified test conditions;
- d) the internal d.c. grading circuits have sufficient power rating;
- e) the valve electronic circuits are immune to interference and function correctly;
- f) the valve can be fired from specified high overvoltage conditions without damage.

Il convient de noter que les essais décrits dans le présent article sont basés sur des formes d'onde et des procédures d'essai normalisées mises au point pour l'essai de réseaux et composants à courant alternatif haute tension. Cette approche offre de grands avantages pour l'industrie car elle permet d'appliquer une grande partie des techniques d'essai haute tension existantes à la qualification des valves CCHT. D'autre part, il faut reconnaître qu'une application CCHT particulière est susceptible d'engendrer des formes d'ondes différentes des normes et, dans ce cas, que l'essai peut être modifié afin de refléter de façon réaliste les conditions attendues.

8.2 Objet soumis à l'essai

L'objet soumis à l'essai doit être une valve entière qui doit être assemblée avec tous les composants auxiliaires à l'exception du parafoudre de la valve. Il est admis que la valve s'intègre dans une unité de valves multiples. Pour tous les essais de surtension, l'équipement électronique de la valve doit être alimenté sauf spécification contraire. Pour les essais sous tension alternative et continue, il n'est pas nécessaire d'alimenter l'équipement électronique de la valve.

L'agent de refroidissement doit être conforme aux conditions de service, à l'exception du débit qui peut être réduit. Si un objet quelconque, externe à la structure, est nécessaire pour représenter correctement les contraintes au cours de l'essai, il doit être inclus ou simulé dans l'essai. Des plans de terre doivent être utilisés, dont la séparation doit être déterminée par la proximité d'autres valves adjacentes et de surfaces au potentiel de terre.

L'objet soumis à l'essai utilisé pour les essais diélectriques de valve ne permet normalement pas l'application d'une correction atmosphérique pour les tensions d'essai spécifiées sans soumettre les thyristors ou autres composants internes à des contraintes excessives. Pour cette raison, aucun facteur de correction atmosphérique n'est appliqué aux essais diélectriques entre les bornes de valve. Le fournisseur doit démontrer que les effets des conditions atmosphériques sur la résistance interne de la valve ont été correctement pris en compte. Il est admis de convenir, cas par cas, d'essais distincts permettant de vérifier cette capacité.

8.3 Prescriptions d'essai

8.3.1 Essai de valve sous tension continue

La source de tension d'essai continue doit être connectée de façon que la tension soit appliquée entre une des bornes principales de la valve et la terre, l'autre borne principale de la valve étant reliée à la terre.

A partir d'une tension égale au maximum à 50 % de la tension d'essai maximale, la tension doit être élevée au niveau d'essai spécifié de 1 min, en 10 s environ; elle doit être maintenue constante pendant 1 min, réduite à la tension d'essai spécifiée de 3 h, maintenue constante pendant 3 h, puis réduite à zéro. Durant la dernière heure de l'essai de 3 h spécifié, le nombre de décharges partielles dépassant 300 pC doit être enregistré selon la description de l'annexe B.

Le nombre d'impulsions supérieures à 300 pC ne doit pas dépasser 15 impulsions par minute, selon une moyenne établie sur l'ensemble de la période d'enregistrement. Parmi celles-ci, pas plus de sept impulsions par minute ne doivent dépasser 500 pC, pas plus de trois impulsions par minute ne doivent dépasser 1 000 pC et pas plus d'une impulsion par minute ne doit dépasser 2 000 pC.

NOTE – Si une tendance croissante est observée au niveau de l'amplitude ou du taux de décharge partielle, il est permis de rallonger la durée d'essai après accord mutuel entre l'acheteur et le fournisseur.

L'essai doit alors être répété avec une tension de polarité opposée.

It should be noted that the tests described in this clause are based on standard wave shapes and standard test procedures as developed for the testing of high-voltage a.c. systems and components. This approach offers great advantages to the industry because it allows much of the existing technology of high-voltage testing to be carried over to the qualification of HVDC valves. On the other hand, it must be recognized that a particular HVDC application may result in wave shapes different from the standards and, in this case, the test may be modified so as to realistically reflect expected conditions.

8.2 Test object

The test object shall be a complete valve which shall be assembled with all auxiliary components except for the valve surge arrester. The valve may form part of a multiple valve unit. For all impulse tests, the valve electronics shall be energized unless otherwise specified. For the a.c. and d.c. voltage tests the valve electronics need not be energized.

The coolant shall be in a condition that represents service conditions except for flow rate which can be reduced. If any object external to the structure is necessary for proper representation of the stresses during tests it shall be included or simulated in the test. Earth planes shall be used, whose separation shall be determined by the proximity of other adjacent valves and earth potential surfaces.

The test object used for the valve dielectric tests will normally not permit the application of atmospheric correction to the specified test voltages without overstressing the thyristors or other internal components. For this reason, no atmospheric correction factor is applied to any of the dielectric tests between valve terminals. The supplier shall demonstrate that the effects of atmospheric conditions on the valve internal withstand have been allowed for adequately. Separate tests to verify that capability may be carried out on a case-by-case basis.

8.3 Test requirements

8.3.1 Valve d.c. voltage test

The d.c. test voltage source shall be connected so that the voltage 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 maximum test voltage, the voltage shall be raised to the specified 1 min test level within approximately 10 s, kept constant for 1 min, reduced to the specified 3 h test voltage, kept constant for 3 h and then reduced to zero. During the last hour of the specified 3 h test, the number of partial discharges exceeding 300 pC shall be recorded as described in annex B.

The number of pulses exceeding 300 pC shall not exceed 15 pulses per minute averaged over the recording period. Of these, no more than seven pulses per minute shall exceed 500 pC, no more than three pulses per minute shall exceed 1000 pC, and no more than one pulse per minute shall exceed 2000 pC.

NOTE – If an increasing trend in the rate or magnitude of partial discharge is observed, the test duration may be extended by mutual agreement between the purchaser and supplier.

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

La tension d'essai continue du MVU U_{tdv} doit être déterminée de la façon suivante:

$$U_{tdv} = \pm U_{dn} \times k_7$$

où

U_{dn} est la tension de pont à six impulsions assignée;

k_7 est le facteur de sécurité d'essai;

$k_7 = 1,6$ pour un essai de 1 min;

$k_7 = 0,8$ pour un essai de 3 h.

8.3.2 Essai de valve sous tension alternative

Avant l'essai, les bornes de valve doivent être court-circuitées entre elles et reliées à la terre pendant 2 h au minimum.

Pour réaliser l'essai, la ou les sources de tension d'essai doivent être connectées aux bornes de valve. Le point de connexion à la terre dépend de la disposition du circuit d'essai. A partir d'une tension égale au maximum à 50 % de la tension d'essai maximale, la tension doit être élevée à la tension d'essai spécifiée de 15 s en 10 s environ; elle doit être maintenue constante pendant 15 s, réduite à la tension d'essai spécifiée de 30 min, maintenue constante pendant 30 min, puis réduite à zéro. Durant l'essai de 30 min spécifié, le niveau de décharge partielle doit être contrôlé et enregistré. La valeur de décharge partielle ne doit pas dépasser 200 pC (voir annexe B).

La tension d'essai de 15 s de la valve, U_{tav1} , doit être déterminée de la façon suivante:

$$U_{tav1r} = \sqrt{2} U_{vom} \times k_r \times k_c \times k_8$$

et

$$U_{tav1d} = \sqrt{2} U_{vom} \times k_r \times k_8$$

où

U_{tav1r} est la valeur de crête de la tension d'essai de 15 s prescrite dans le sens inverse;

U_{tav1d} est la valeur de crête de la tension d'essai de 15 s prescrite dans le sens direct;

U_{vom} est la tension maximale à vide entre phases en régime établi côté valve du transformateur;

k_r est le facteur de surtension temporaire;

k_r est la valeur déterminée à partir d'études du système;

k_c est le facteur de dépassement de commutation en sens inverse, calculé pour un rétablissement à la crête de la surtension d'affaiblissement de charge ($\alpha = 90^\circ$) incluant l'augmentation provoquée par la charge de rétablissement inverse des thyristors. k_c doit tenir compte de l'effet limitatif du parafoudre de valve connecté en parallèle;

k_8 est le facteur de sécurité d'essai;

$k_8 = 1,15$.

NOTE – La valeur de U_{tav1r} étant supérieure ou égale à U_{tav1d} , il est permis de réaliser l'essai de 15 s soit avec une tension d'essai alternative symétrique de valeur efficace égale à $U_{tav1r} / \sqrt{2}$ soit avec une tension d'essai combinée alternative et continue satisfaisant aux deux prescriptions.

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

$$U_{tdv} = \pm U_{dn} \times k_7$$

where

U_{dn} is the rated six-pulse bridge voltage;

k_7 is a test safety factor;

$k_7 = 1,6$ for the 1 min test;

$k_7 = 0,8$ for the 3 h test.

8.3.2 Valve a.c. voltage test

Prior to the test, the valve terminals shall be short-circuited together and earthed for a minimum of 2 h.

To perform the test, the test voltage source(s) shall be connected to the valve terminals. The point of earth connection is dependent on the test circuit arrangement. 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 within approximately 10 s, kept constant for 15 s, reduced to the specified 30 min test voltage, kept constant for 30 min, and then reduced to zero. During the specified 30 min test, the level of partial discharge shall be monitored. The value of partial discharge shall not exceed 200 pC (see annex B).

The valve 15 s test voltage U_{tav1} shall be determined as follows:

$$U_{tav1r} = \sqrt{2} U_{vom} \times k_r \times k_c \times k_8$$

and

$$U_{tav1d} = \sqrt{2} U_{vom} \times k_r \times k_8$$

where

U_{tav1r} is the peak value of the required 15 s test voltage in the reverse direction;

U_{tav1d} is the peak value of the required 15 s test voltage in the forward direction;

U_{vom} is the maximum steady-state no-load phase-to-phase voltage on the valve side of the transformer;

k_r is the temporary overvoltage factor;

k_r is the value determined from system studies;

k_c is the commutation overshoot factor in the reverse direction, calculated for recovery at the crest of the load rejection overvoltage ($\alpha = 90^\circ$) including the increase arising from the reverse recovery charge of the thyristors. k_c shall allow for the limiting effect of the parallel connected valve arrester;

k_8 is a test safety factor;

$k_8 = 1,15$.

NOTE – Since the value of U_{tav1r} is greater than or equal to U_{tav1d} , the 15 s test may be achieved either with a symmetrical a.c. test voltage of r.m.s. value equal to $U_{tav1r}/\sqrt{2}$ or by a combined a.c. plus d.c. test voltage which satisfies both requirements.

La valeur efficace de la tension d'essai de 30 min U_{tav2} doit être déterminée de la façon suivante:

$$U_{tav2} = \frac{U_{ppv}}{2\sqrt{2}} \times k_9$$

où

U_{ppv} est la valeur maximale de la tension de crête à crête en régime établi apparaissant au niveau de la valve, comprenant le dépassement de commutation;

k_9 est le facteur de sécurité d'essai;

$k_9 = 1,15$.

8.3.3 Essais de valve sous tension de choc (généralités)

- a) La présente norme permet de choisir entre deux programmes d'essai de valve sous tension de choc en fonction des considérations économiques liées à l'application.

Dans le premier cas, le facteur de sécurité d'essai pour les essais sous tension de choc de foudre et de manoeuvre est de 1,1 et pour les essais aux ondes de front raide de 1,15 en présence des thyristors, plus 1,15 et 1,2 respectivement lorsque les thyristors sont remplacés par des blocs isolants.

Dans le second cas, le facteur de sécurité d'essai est de 1,15 pour les essais sous tension de choc de foudre et de manoeuvre et de 1,2 pour les essais aux ondes de front raide, en présence des thyristors.

L'annexe A fournit de plus amples informations.

- b) Si la valve utilise un allumage de protection, les tensions d'essai de choc appliquées dans le sens direct seront seulement possibles. On doit démontrer que tous les circuits d'allumage de protection se comportent comme prévu.
- c) Sauf spécification contraire, l'équipement électronique de la valve doit être alimenté.
- d) On doit démontrer que la tension au niveau de la valve lors du déclenchement de l'impulsion satisfait à la relation suivante:

$$-0,01 \times V_{DSM} \times (N_t - N_r) \leq \text{tension de la valve} \leq +0,01 \times V_{DSM} \times (N_t - N_r)$$

où

V_{DSM} est la valeur limite de la tension de surcharge accidentelle directe de pointe non répétitive des thyristors;

N_t est le nombre total de niveaux de thyristors en série dans la valve;

N_r est le nombre total de niveaux de thyristors en série redondants dans la valve.

- e) Au cours des essais de tension de choc, la valve doit être contrôlée afin de vérifier qu'elle se comporte correctement face aux interférences électromagnétiques (voir article 12). Pour ce faire, il faut inclure les parties de l'équipement électronique de base de la valve qui sont nécessaires à l'échange correct des informations avec la valve d'essai.

8.3.4 Essai de valve sous tension de choc de manoeuvre

Une forme d'onde de tension de choc de manoeuvre normalisée, conforme à la CEI 60060, doit être utilisée.

L'essai doit comprendre trois applications de tension de choc de manoeuvre de polarité positive et trois de polarité négative d'amplitude spécifiée, l'équipement électronique de la valve étant initialement alimenté.

L'essai doit être répété après que l'alimentation de l'équipement électronique de la valve ait été initialement coupée.

The r.m.s. value of the 30 min test voltage U_{tav2} shall be determined as follows:

$$U_{tav2} = \frac{U_{ppv}}{2\sqrt{2}} \times k_9$$

where

U_{ppv} is the maximum value of the peak-to-peak steady-state operating voltage appearing across the valve, including commutation overshoot;

k_9 is a test safety factor;

$k_9 = 1,15$.

8.3.3 Valve impulse tests (general)

- a) This standard permits selection between two valve impulse test programmes depending upon the cost-benefit considerations for the application.

In the first alternative, the test safety factor for lightning and switching impulse tests is 1,1 and for steep front impulse tests 1,15 with the thyristors present, plus 1,15 and 1,2 respectively with the thyristors replaced by insulating blocks.

In the second alternative, the test safety factor for lightning and switching impulse tests is 1,15 and for steep front impulse tests 1,2 with the thyristors present.

Further information is given in annex A.

- b) If the valve utilises protective firing, impulse test voltages applied in the forward direction will be prospective only. It shall be demonstrated that any such protective firing circuits behave as intended.
- c) Unless otherwise specified, the valve electronics shall be energized.
- d) It shall be demonstrated that the voltage across the valve at the initiation of the impulse satisfies the following relationship:

$$-0,01 \times V_{DSM} \times (N_t - N_r) \leq \text{valve voltage} \leq +0,01 \times V_{DSM} \times (N_t - N_r)$$

where

V_{DSM} is the non-repetitive peak forward surge voltage rating of the thyristors;

N_t is the total number of series thyristor levels in the valve;

N_r is the total number of redundant series thyristor levels in the valve.

- e) During the impulse tests, the valve shall be monitored for correct behaviour with regard to electromagnetic interference (see clause 12). For this to be possible, those parts of the valve base electronics that are necessary for the proper exchange of information with the test valve must be included.

8.3.4 Valve switching impulse test

A standard switching impulse voltage waveshape in accordance with IEC 60060 shall be used.

The test shall comprise three applications of positive polarity and three applications of negative polarity switching impulse voltages of specified amplitude with the valve electronics initially energized.

The test shall be repeated with the valve electronics initially de-energized.

Si la valve comporte un allumage de protection contre les surtensions en sens direct, fonctionnant au cours de l'essai direct, il faut effectuer trois applications supplémentaires de tension de choc de manoeuvre positives d'amplitude convenue, de façon que la valve ne s'allume pas. Pour les essais supplémentaires, l'équipement électronique de la valve doit être alimenté.

La tension de résistance d'essai au choc de manoeuvre de la valve U_{tsv} doit être déterminée de la façon suivante:

$$U_{tsv} = \pm SIPL_V \times k_{10}$$

où

$SIPL_V$ est le niveau de protection contre le choc de manoeuvre du parafoudre de la valve;
 k_{10} est le facteur de sécurité d'essai (voir 8.3.3 a)).

8.3.5 Essai de valve sous tension de choc de foudre

Une forme d'onde de tension de choc de foudre normalisée, conforme à la CEI 60060, doit être utilisée.

L'essai doit comprendre trois applications de tension de choc de foudre de polarité positive et trois de polarité négative d'amplitude spécifiée.

Si la valve comporte un allumage de protection contre les surtensions en sens direct, fonctionnant au cours de l'essai direct, il faut effectuer trois applications supplémentaires de tensions de choc positives d'amplitude et de temps de front convenus, de façon que la valve ne s'allume pas.

La tension de résistance d'essai au choc de foudre, U_{tlv} , doit être déterminée de la façon suivante:

$$U_{tlv} = \pm LIPL_V \times k_{11}$$

où

$LIPL_V$ est le niveau de protection contre le choc de foudre du parafoudre de la valve;
 k_{11} est le facteur de sécurité d'essai (voir 8.3.3 a)).

8.3.6 Essai de valve sous tension de choc à front raide

Pour l'essai aux ondes de front raide, une forme d'onde de tension telle qu'elle est définie par la figure 1 doit être utilisée. La raideur S et la valeur de crête virtuelles de la contrainte de tension à impulsion de front raide la plus défavorable au niveau de la valve doivent être déterminées à partir des études du système. La raideur virtuelle doit être évaluée à partir des résultats d'études en tant que du/dt maximum, en kV/ μ s; on établit une moyenne sur 60 % de l'excursion de tension totale.

Lorsque l'on dérive la tension d'essai, la raideur et l'amplitude virtuelles dérivées des études du système doivent toutes les deux être multipliées par le facteur de sécurité d'essai correspondant, c'est-à-dire que le front virtuel doit être maintenu constant.

NOTE – Si l'on prévoit l'apparition de surtensions de front inférieur à 0,1 μ s en cours de fonctionnement, il est admis que l'acheteur et le fournisseur conviennent du remplacement de l'essai d'impulsion à front raide décrit ci-dessus par un essai approprié, à front très rapide.

L'essai doit comprendre trois applications d'ondes de front raide de polarité positive et trois de polarité négative, d'amplitude spécifiée.

If the valve incorporates protective firing against overvoltages in the forward direction, which operates during the forward test, three additional applications of positive switching impulses of an agreed amplitude, so that the valve does not fire, must be made. For the additional tests, the valve electronics shall be energized.

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

$$U_{tsv} = \pm SIPL_V \times k_{10}$$

where

$SIPL_V$ is the switching impulse protective level of the valve arrester;

k_{10} is a test safety factor (see 8.3.3 a)).

8.3.5 Valve lightning impulse test

A standard lightning impulse voltage waveshape in accordance with IEC 60060 shall be used.

The test shall comprise three applications of positive polarity and three applications of negative polarity of a lightning impulse of specified amplitude.

If the valve incorporates protective firing against overvoltages in the forward direction, which operates during the forward test, three additional applications of positive impulses of an agreed amplitude and front-time, so that the valve does not fire, must be made.

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

$$U_{tlv} = \pm LIPL_V \times k_{11}$$

where

$LIPL_V$ is the lightning impulse protective level of the valve arrester;

k_{11} is a test safety factor (see 8.3.3 a)).

8.3.6 Valve steep front impulse test

For the steep front impulse test, a voltage waveshape as defined by figure 1 shall be used. The virtual steepness S and crest value of the worst case valve steep front impulse voltage stress shall be determined from system studies. The virtual steepness shall be evaluated from the study results as the maximum du/dt , in kV/ μ s, averaged over 60 % of the total voltage excursion.

When deriving the test voltage, the virtual steepness and amplitude derived from the system studies shall both be multiplied by the relevant test safety factor, i.e. the virtual front time shall be held constant.

NOTE – If overvoltages with wavefronts shorter than 0,1 μ s are expected to occur in service, the purchaser and supplier may agree on an appropriate very fast front voltage test in place of the steep front impulse test described above.

The test shall comprise three applications of positive polarity and three applications of negative polarity of a steep front impulse of specified amplitude.

Si la valve comporte un allumage de protection contre les surtensions ou du/dt excessif en sens direct, fonctionnant au cours de l'essai direct, il faut effectuer trois applications supplémentaires de tension de choc positives d'amplitude et de temps de front convenus, de façon que la valve ne s'allume pas.

La tension de résistance d'essai aux ondes de front raide de la valve U_{tsfv} doit être déterminée de la façon suivante:

$$U_{tsfv} = \pm FWPL_V \times k_{12}$$

où

$FWPL_V$ est le front du niveau de protection d'onde du parafoudre de la valve déterminé par le courant de coordination obtenu des études de réseau;

k_{12} est le facteur de sécurité d'essai (voir 8.3.3 a)).

8.4 Essai d'allumage non périodique de valve

8.4.1 Objectifs de l'essai

L'objectif principal des essais d'allumage non périodique de valve consiste à vérifier l'adaptation des thyristors et des circuits électriques associés aux contraintes de courant et de tension lors de l'amorçage dans des conditions de haute tension spécifiées. Cet essai peut généralement être réalisé dans le cadre de l'essai de valve sous tension de choc de manoeuvre (voir 8.3.4).

8.4.2 Objet soumis à l'essai

Il convient que l'objet soumis à l'essai soit tel que défini en 8.2. L'essai peut être effectué sur la section de valve au lieu de la valve entière pour la méthode du parafoudre de 8.4.3.B. Dans ce cas, le fournisseur doit démontrer l'équivalence entre l'essai de section de valve et l'essai de valve entière.

S'il faut démontrer l'immunité aux perturbations électromagnétiques résultant du couplage entre des valves adjacentes dans un MVU selon la première approche décrite en 12.3.1, en plus de la valve d'essai, une valve auxiliaire (ou une portion suffisante de cette valve) doit être comprise dans l'essai. Cette valve auxiliaire constitue l'objet d'essai dans la mesure où la mise en évidence de l'immunité aux perturbations électromagnétiques par couplage est concernée. L'objet soumis à l'essai de perturbations électromagnétiques doit être configuré géométriquement en fonction de la disposition de fonctionnement. L'objet soumis à l'essai des perturbations électromagnétiques doit être polarisé dans le sens direct au moment du déclenchement de la valve soumise à un allumage non périodique. L'équipement électronique de l'objet soumis à l'essai de perturbations électromagnétiques doit être alimenté. Les parties de l'équipement électronique de base de la valve qui sont nécessaires pour l'échange correct des informations avec l'objet soumis à l'essai de perturbations électromagnétiques doivent être incluses.

NOTE – Il convient que disposition géométrique spécifique à utiliser ainsi que l'amplitude de la tension directe pour l'objet soumis à l'essai de perturbations électromagnétiques fasse l'objet d'un accord, sur la base de la conception du MVU.

8.4.3 Prescriptions d'essai

L'essai doit comprendre trois applications de tension de choc de manoeuvre positive et la conduction de la valve doit être déclenchée à la crête de l'impulsion.

L'impédance du générateur de tension de choc doit être sélectionnée de façon à reproduire non seulement le courant d'amorçage résultant de la décharge de la capacité parasite du circuit, mais également le courant d'amorçage résultant de la commutation de la valeur maximale du courant du parafoudre, déterminée à partir des études du système.

If the valve incorporates protective firing against overvoltages or excessive du/dt in the forward direction, which operates during the forward test, three additional applications of positive impulses of an agreed amplitude and front time, so that the valve does not fire, must be made.

The valve steep front impulse test withstand voltage U_{tsfv} shall be determined in accordance with the following:

$$U_{tsfv} = \pm FWPL_V \times k_{12}$$

where:

$FWPL_V$ is the front of wave protective level of the valve arrester as determined by the co-ordinating current from system studies;

k_{12} is a test safety factor (see 8.3.3 a)).

8.4 Valve non-periodic firing test

8.4.1 Purpose of test

The principal objective of the valve non-periodic firing tests is to check the adequacy of the thyristors and the associated electrical circuits with regard to current and voltage stresses at turn-on under specified high-voltage conditions. This test can usually be performed as part of the valve switching impulse test (see 8.3.4).

8.4.2 Test object

Test object should be as in 8.2. The test can be made on the valve section instead of complete valve for the surge arrester method 8.4.3.B. In this case, supplier shall show the equivalency between the valve section test and the complete valve test.

If immunity to electromagnetic disturbance due to coupling between adjacent valves in a MVU is to be demonstrated by approach one as in 12.3.1, then in addition to the test valve, an auxiliary valve (or sufficient portion thereof) shall be included in the test. This auxiliary valve is the test object in so far as the demonstration of immunity to electromagnetic disturbance by coupling is concerned. The electromagnetic disturbance test object shall be configured geometrically in accordance with the service arrangement. The electromagnetic disturbance test object shall be forward biased at the triggering instant of the valve subjected to non-periodic firing. The electronics of the electromagnetic disturbance test object shall be energized. Those parts of the valve base electronics that are necessary for the proper exchange of information with the electromagnetic disturbance test object shall be included.

NOTE – The specific geometric arrangement to be used and the magnitude of the forward voltage for the electromagnetic disturbance test object should be agreed, based on the design of MVU.

8.4.3 Test requirements

The test shall comprise three applications of positive switching impulse voltage and the valve triggered into conduction at the crest of the impulse.

The impedance of the impulse generator shall be selected to reproduce not only the turn-on current arising from the discharge of the circuit stray capacitance, but also that arising from commutation of the maximum value of surge arrester current determined from system studies.

Deux méthodes, décrites ci-dessous, sont acceptables pour y parvenir.

- A Méthode du condensateur en parallèle.** Dans cette méthode, un condensateur doit être connecté en parallèle avec la valve d'essai, dont la valeur doit engendrer une décharge de courant au moins aussi importante que les premiers 10 μ s de la valeur prévue. Il se peut qu'il soit important de rallonger les durées si les études du système montrent que le courant d'amorçage est oscillatoire et qu'il existe un risque d'extinction de courant dans les thyristors.
- B Méthode du parafoudre.** Dans cette méthode, un parafoudre doit être connecté entre les bornes de la valve et la tension d'essai doit être appliquée à partir d'une inductance égale à l'inductance de commutation. Une capacité égale à la valeur maximale de la capacité parasite borne à borne de la valve, prévue en service, doit être connectée entre les bornes de la valve. Lorsque le courant traversant le parafoudre et la tension à ses bornes atteignent les niveaux prescrits, la conduction de la valve doit être déclenchée.

La tension de la valve à l'allumage doit correspondre à la plus petite des valeurs suivantes:

- a) niveau de protection contre la tension de choc de manoeuvre du parafoudre de la valve;
- b) niveau d'allumage de protection de la valve;
- c) niveau de blocage d'allumage de la valve (voir note 3).

Si la valve est déclenchée par un allumage de protection en dessous du niveau de protection contre les tensions de choc de manoeuvre du parafoudre de la valve, l'essai doit être répété à nouveau en rendant opérationnels les niveaux de thyristors redondants. Si la valve se déclenche encore du fait d'un allumage de protection contre les tensions de choc de manoeuvre, l'essai doit être répété en réduisant le niveau de tension de choc juste en dessous du seuil d'allumage de protection et la valve est déclenchée par les circuits d'allumage normaux.

NOTE 1 – Un facteur de sécurité d'essai de tension au moins égal à la différence entre la tolérance maximale et la tolérance minimale du parafoudre de la valve (typiquement 5 % environ) est déjà inclus dans l'essai. Par conséquent, aucun facteur d'essai distinct n'est appliqué.

NOTE 2 – En raison des limitations de la taille pratique des générateurs de tension de choc, la méthode B s'adapte uniquement aux valves à basse tension. Par conséquent, lorsque des études de système indiquent la nécessité d'une représentation précise du courant d'amorçage pour des durées supérieures à 10 μ s, il est permis de réaliser l'essai d'allumage non périodique de valve en appliquant la méthode A et en la complétant par des essais séparés sur des sections de valve en appliquant la méthode B.

NOTE 3 – Dans certaines conceptions, il est possible de bloquer l'allumage de la valve à partir d'une tension élevée par une mesure de la tension au niveau de la valve ou par une mesure du courant dans le parafoudre de valve monté en parallèle. Dans ce cas, il convient que les détails de l'essai d'allumage non périodique fassent l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur en tenant compte des caractéristiques des circuits de blocage employés.

9 Essais d'allumage et d'extinction périodiques

9.1 Objectifs des essais

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

- a) vérifier l'adaptation des niveaux de thyristors et des circuits électriques associés dans une valve en fonction des contraintes de courant, de tension et de température lors de l'amorçage et du désamorçage dans les conditions de contraintes répétitives les plus défavorables;
- b) démontrer le fonctionnement correct de la valve pour une tension répétitive minimale, coïncidant avec des angles de retard et d'extinction minimaux, à température maximale.

Two methods for achieving this are acceptable as described below.

- A Parallel capacitor method.** In this method, a capacitor shall be connected in parallel with the test valve, the value of which will result in a current discharge at least as severe as the first 10 μ s of the predicted value. Longer times may be important if system studies show that the turn-on current is oscillatory and that there is a risk of current extinction in the thyristors.
- B Surge arrester method.** In this method, an arrester shall be connected between the valve terminals, and the test voltage applied from behind an inductance equal to that of the commutating inductance. Capacitance equal to the maximum value of valve terminal-to-terminal stray capacitance expected in service shall be connected between the valve terminals. When the current through and voltage across the arrester reaches the prescribed levels, the valve shall be triggered into conduction.

The valve voltage at firing shall be the lowest of:

- a) the switching impulse protective level of the valve arrester;
- b) the protective firing level of the valve;
- c) the firing inhibit level of the valve (see note 3).

If the valve is triggered by protective firing below the switching impulse protective level of the valve arrester, then the test shall be repeated with the redundant thyristor levels operational. If the valve still triggers by protective firing below the switching impulse protective level, the test shall again be repeated with the impulse level reduced to just below the protective firing threshold and the valve triggered by the normal firing circuits.

NOTE 1 – A voltage test safety factor at least equal to the difference between the maximum tolerance and minimum tolerance of the valve arrester (typically about 5 %) is already included in this test. Therefore, no separate test safety factor is applied.

NOTE 2 – Because of limitations in the practical size of impulse generators, method B is suitable only for valves of low voltage rating. Therefore, when system studies show a need for accurate turn-on current representation at times longer than 10 μ s, the valve non-periodic firing test may be performed using method A and be supplemented by separate tests on valve sections using method B.

NOTE 3 – In some designs, firing of the valve from high voltage may be inhibited by a voltage measurement across the valve, or by a current measurement in the parallel valve arrester. If this is the case, the details of the non-periodic firing test should be agreed by the purchaser and the supplier taking into account the characteristics of the inhibiting circuits employed.

9 Periodic firing and extinction tests

9.1 Purpose of tests

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

- a) to check the adequacy of the thyristor levels and associated electrical circuits in a valve with regard to current, voltage and temperature stresses at turn-on and turn-off under the worst repetitive stress conditions;
- b) to demonstrate correct performance of the valve at minimum repetitive voltage, coincident with minimum delay and extinction angles, at maximum temperature.

9.2 Objet soumis à l'essai

Il est permis de réaliser les essais soit sur une valve complète soit sur des sections de valve. Le choix dépend principalement de la conception de la valve et des installations d'essai disponibles. Les essais spécifiés dans la présente norme sont applicables aux sections de valve contenant cinq niveaux de thyristors ou plus, connectés en série. Si les essais utilisant moins de cinq niveaux sont proposés, on doit convenir de facteurs de sécurité d'essai supplémentaires. En aucun cas le nombre de niveaux connectés en série ne doit être inférieur à trois pour les essais.

La valve ou les sections de valve en essai doivent être assemblées avec tous les composants auxiliaires. Si nécessaire, un parafoudre de valve d'échelle réduite doit être inclus. Le parafoudre doit être choisi pour ajuster le niveau de protection selon le nombre de niveaux branchés en séries en essai, pour donner un niveau de protection correspondant au moins à la caractéristique maximale du parafoudre utilisé en service.

L'agent de refroidissement doit présenter une condition représentative des conditions de fonctionnement. Le débit et la température, en particulier, doivent être fixés en fonction des valeurs les plus défavorables correspondant à l'essai en question.

9.3 Prescriptions d'essai

Les essais doivent être réalisés en utilisant des circuits d'essais adaptés produisant des contraintes équivalentes aux conditions de service correspondantes; par exemple, deux ponts de six impulsions dans un montage en opposition ou un circuit d'essai synthétique.

Les conditions de service équivalentes à reproduire sont spécifiées dans les paragraphes 9.3.1 à 9.3.5. Les paragraphes 9.3.1, 9.3.2 et 9.3.3 sont définis pour un fonctionnement à température maximale de jonction du thyristor en service continu. Si un allumage ou des tensions de rétablissement supérieurs, ou, alternativement, des angles de retard ou d'extinction inférieurs sont possibles dans des conditions de charge ne coïncidant pas avec une température maximale de jonction du thyristor en fonctionnement continu, on doit alors les reproduire également. Par exemple, ce peut être le cas pour un fonctionnement de surcharge en hiver et l'utilisation de convertisseurs pour limiter l'exportation de puissance réactive excédentaire dans le réseau alternatif dans des conditions de charge faible. Lorsque des essais sont réalisés afin de reproduire ces conditions, il est permis de régler le courant d'essai et la température de l'agent de refroidissement pour refléter les conditions thermiques les plus défavorables correspondant aux conditions de service représentées dans l'essai.

Pour obtenir des contraintes de tension et de courant représentatives des conditions de service, il est important que la capacité parasite totale associée à la valve ainsi que les inductances contribuant à la réactance de commutation soient correctement représentées dans le circuit. Dans un circuit à pont de six impulsions débloqué, chaque valve est soumise à une impédance parallèle égale à 1,5 fois celle d'une valve unique à l'état bloqué. Si un circuit d'essai autre qu'un pont à six impulsions est utilisé, il est important que cette particularité soit correctement représentée dans le circuit.

Lors des essais sur les sections de valve, le rapport de comptage des essais (k_n) doit être déterminé selon 4.3.2.

Les tensions d'essai ainsi que les résistances et inductances des circuits d'essai doivent être déterminées à partir des valeurs à pleine échelle en les multipliant par le facteur k_n , tandis que les capacités des circuits d'essai doivent être déterminées à partir des valeurs à pleine échelle, en les divisant par le facteur k_n .

Pour reproduire les effets thermiques corrects, il convient de réaliser les essais d'allumage et d'extinction périodiques à la fréquence de service. Quand ce n'est pas possible et que la fréquence de service est différente de la fréquence d'essai, les conditions d'essai doivent être ajustées de façon à compenser approximativement la différence des pertes dépendant de la

9.2 Test object

The tests may be performed on either the complete valve or on valve sections. The choice depends mainly upon the valve design and the test facilities available. The tests specified in this standard are valid for valve sections containing five or more series-connected thyristor levels. If tests with fewer than five levels are proposed, additional test safety factors shall be agreed. Under no circumstances shall the number of series-connected levels for tests be less than three.

The valve or valve sections under test shall be assembled with all auxiliary components. When required, a proportionally scaled valve arrester shall be included. The arrester shall be scaled to the number of series-connected levels under test to give a protective level which corresponds at least to the maximum characteristic of the service arrester.

The coolant shall be in a condition representative of service conditions. Flow and temperature, in particular, shall be set to the most unfavourable values appropriate to the test in question.

9.3 Test requirements

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

The equivalent service conditions to be reproduced are specified in 9.3.1 to 9.3.5. Subclauses 9.3.1, 9.3.2 and 9.3.3 are defined for operation with maximum continuous operating thyristor junction temperature. If higher firing or recovery voltages, alternatively lower delay or extinction angles, are possible under loading conditions which do not coincide with maximum continuous operating thyristor junction temperature, then these shall also be reproduced. Examples where this may be the case include winter overload operation, and the use of the converters to limit the export of surplus reactive power into the a.c. network at light load conditions. When tests are performed to reproduce such conditions, the test current and coolant temperature may be adjusted to reflect the worst case thermal conditions appropriate to the service conditions being represented in the test.

To obtain voltage and current stresses representative of service conditions, it is important that the total stray capacitance associated with the valve and the inductances contributing to the commutating reactance be properly represented in the circuit. In a deblocked six-pulse bridge circuit, each valve experiences a parallel impedance equal to 1,5 times that of a single off-state valve. If a test circuit other than a six-pulse bridge is used, then it is important that this feature is also properly represented in the circuit.

When testing with valve sections, the scaling factor for tests (k_n) shall be determined as in 4.3.2.

Test voltages and test circuit resistances and inductances shall be determined from the full scale values by being multiplied by the factor k_n , while test circuit capacitances shall be determined from the full scale values by being divided by the factor k_n .

In order to reproduce correct heating effects, the periodic firing and extinction tests should be performed at the service frequency. When this is not possible and the service frequency is different from the test frequency, then the test conditions shall be adjusted so as to

fréquence, ce qui est nécessaire pour démontrer que le matériel est soumis à des contraintes adaptées. Un guide sur la sensibilité à la fréquence des divers mécanismes de production de pertes figure dans la CEI 61803.

Durant les essais, l'augmentation de température des composants générateurs de chaleur les plus critiques ainsi que de leurs surfaces de montage adjacentes doit être surveillée pour vérifier que les températures maximales atteintes s'inscrivent dans les limites permises par la conception (voir 4.4.2). Le nombre et l'emplacement des composants à contrôler doivent faire l'objet d'un accord, mais il ne doit pas figurer pour chacun d'entre eux moins de trois exemples: température du boîtier du thyristor, température à la surface de la résistance d'amortissement et température à la surface de l'inductance saturable de la valve.

9.3.1 Essais en service continu maximal

Le courant d'essai doit être basé sur le courant direct continu maximal à la température ambiante maximale. La température de l'agent de refroidissement ne doit pas être inférieure à celle produisant la température de jonction du thyristor la plus élevée en régime établi en service.

Le courant d'essai doit inclure un facteur de sécurité d'essai de 1,05.

La tension d'essai U_{tpv1} correspondant à la valeur à vide entre phases dans un convertisseur en pont à six impulsions doit être déterminée de la façon suivante:

$$U_{tpv1} = U_{v0m} \times k_n \times k_{13}$$

où

U_{v0m} est la tension maximale à vide entre phases en régime établi sur le côté valve du transformateur;

k_n est le rapport de comptage d'essai selon 4.3.2;

k_{13} est le facteur de sécurité d'essai;

$k_{13} = 1,05$.

Il faut satisfaire à trois conditions d'essai de service maximum conformes aux détails indiqués ci-dessous en 9.3.1.1, 9.3.1.2 et 9.3.1.3. Ces conditions peuvent être remplies séparément ou selon une combinaison quelconque.

NOTE – Après accord entre l'acheteur et le fournisseur, il est permis d'envisager d'appliquer les contraintes de courant et de tension séparément, à condition qu'il soit prouvé que les objectifs des essais sont atteints.

9.3.1.1 Essai de tension d'allumage continue maximale

Faire fonctionner la valve ou les sections de valve selon un angle de retard α de façon que la tension d'allumage de la valve (ou section de valve), u_f , ne soit pas inférieure à la plus grande des valeurs suivantes:

a) $u_{fr} = U_{tpv1} \times \sqrt{2} \times \sin \alpha_{\max}$

b) $u_{fi} = U_{tpv1} \times \sqrt{2} \times \sin(\alpha_{\max} + u_{\max})$

où

$\alpha_{\max}$ est l'angle de retard le plus grand du redresseur en régime établi en service, coïncidant avec un fonctionnement à la température maximale de jonction du thyristor en fonctionnement continu;

$\gamma_{\max}$ est l'angle d'extinction le plus grand de l'onduleur;

$u_{\max}$ est la valeur maximale de l'angle d'empiètement de commutation de l'onduleur dans les conditions de service correspondantes.

approximately compensate the difference in frequency dependent losses, as necessary to demonstrate the proper stressing of the equipment. Guidance on the sensitivity to frequency of the various loss producing mechanisms can be found in IEC 61803.

During the tests, the temperature rise of the most critical heat producing components and their adjacent mounting surfaces shall be monitored to verify that the maximum temperatures reached are within limits permitted by the design (see 4.4.2). The number and location of the components to be monitored shall be agreed, but shall be not less than three examples each of: thyristor case temperature, damping resistor surface temperature, and valve saturable reactor surface temperature.

9.3.1 Maximum continuous operating duty tests

The test current shall be based on the maximum continuous direct current at maximum ambient temperature. The coolant temperature shall be not less than that which will give the highest steady-state thyristor junction temperature in service.

The test current shall incorporate a test safety factor of 1,05.

The test voltage U_{tpv1} corresponding to the no-load phase-to-phase value in a six-pulse bridge converter shall be determined as follows:

$$U_{tpv1} = U_{v0m} \times k_n \times k_{13}$$

where

- U_{v0m} is the highest steady-state no-load phase-to-phase voltage on the valve side of the transformer;
- k_n is a test scaling factor according to 4.3.2;
- k_{13} is a test safety factor;
- $k_{13} = 1,05$.

Three maximum operating duty test conditions shall be satisfied as detailed in 9.3.1.1, 9.3.1.2 and 9.3.1.3 below. These conditions can be satisfied singly or in any combination.

NOTE – Subject to agreement between the purchaser and supplier, consideration may be given to apply the current and voltage stresses separately, provided it can be demonstrated that the objectives of the tests are met.

9.3.1.1 Maximum continuous firing voltage test

Operate the valve or valve sections at a delay angle α so that the valve (section) firing voltage u_f is not lower than the greater of:

- a) $u_{fr} = U_{tpv1} \times \sqrt{2} \times \sin \alpha_{\max}$
- b) $u_{fi} = U_{tpv1} \times \sqrt{2} \times \sin(\alpha_{\max} + u_{\max})$

where

- $\alpha_{\max}$ is the highest steady-state rectifier delay angle in service, coincident with operation at maximum continuous operating thyristor junction temperature;
- $\gamma_{\max}$ is the highest inverter extinction angle;
- $u_{\max}$ is the maximum value of the inverter commutation overlap angle under the corresponding service conditions.

La durée de l'essai ne doit pas être inférieure à 30 min après la stabilisation de la température de l'agent de refroidissement en sortie.

9.3.1.2 Essai de tension de rétablissement continue maximale

Faire fonctionner la valve ou les sections de valve à un angle de retard α tel que l'échelon de tension éventuel lors du rétablissement au courant zéro u_r ne soit pas inférieur à la plus grande des valeurs suivantes:

$$a) \quad u_{rr} = U_{tpv1} \times \sqrt{2} \times k_c \times \sin(\alpha_{\max} + u_{\max})$$

$$b) \quad u_{ri} = U_{tpv1} \times \sqrt{2} \times k_c \times \sin \lambda_{\max}$$

où

k_c est le facteur de dépassement de commutation en sens inverse (voir 8.3.2);

$\alpha_{\max}$ est défini selon 9.3.1.1;

$u_{\max}$ est la valeur maximale de l'angle de rétablissement de commutation du redresseur dans les conditions de service correspondantes;

$\gamma_{\max}$ est l'angle d'extinction le plus grand de l'onduleur en régime établi.

La durée de l'essai ne doit pas être inférieure à 30 min après la stabilisation de la température de l'agent de refroidissement en sortie.

9.3.1.3 Essai thermique

Pour simuler les pertes maximales combinées dans les thyristors et les circuits d'amortissement en fonctionnement continu, faire fonctionner la valve ou les sections de valve selon un angle de retard α de manière que la somme des carrés des tensions de saut dans la forme d'onde de tension de la valve, mesurée sur un cycle (en excluant les transitoires de dépassement de commutation) ne soit pas inférieure à:

$$\sum \Delta V^2 = (175 + 15m^2) \times 2 \times U_{tpv1}^2 [\sin^2 \alpha_{\max} + \sin^2(\alpha_{\max} + u_{\max})]$$

où

m est le facteur de réglage électromagnétique (voir 5.1.4 de la CEI 61803);

$\alpha_{\max}$ et $u_{\max}$ correspondent à la condition de service en régime établi du redresseur ou de l'onduleur pour laquelle $U_{v0m}^2 [\sin^2 \alpha_{\max} + \sin^2(\alpha_{\max} + u_{\max})]$ est une valeur maximale coïncidant avec un fonctionnement à température maximale de jonction de thyristor en service continu.

Si un circuit d'essai à deux unités de six impulsions dos-à-dos est utilisé, les conditions requises pour cet essai sont remplies automatiquement lors de l'exécution de 9.3.1.1 et 9.3.1.2. Cependant, des différences par rapport à un fonctionnement dodécaphasé doivent être considérées.

La durée de l'essai ne doit pas être inférieure à 1 h après la stabilisation de la température de l'agent de refroidissement en sortie.

9.3.2 Essai en service temporaire maximal ($\alpha = 90^\circ$)

La tension d'essai U_{tpv2} correspondant à la valeur à vide entre phases dans un convertisseur en pont à six impulsions doit être déterminée de la façon suivante:

$$U_{tpv2} = U_{v0m} \times k_n \times k_r \times k_{14}$$

The duration of the test shall be not less than 30 min after the exit coolant temperature has stabilized.

9.3.1.2 Maximum continuous recovery voltage test

Operate the valve or valve sections at a delay angle α so that the prospective step voltage at recovery at current zero u_r is not lower than the greater of :

$$a) \quad u_{rr} = U_{tpv1} \times \sqrt{2} \times k_c \times \sin(\alpha_{\max} + u_{\max})$$

$$b) \quad u_{ri} = U_{tpv1} \times \sqrt{2} \times k_c \times \sin \lambda_{\max}$$

where

k_c is the commutation overshoot factor (see 8.3.2);

$\alpha_{\max}$ is as defined in 9.3.1.1;

$u_{\max}$ is the maximum value of the rectifier commutation overlap angle under the corresponding service conditions;

$\gamma_{\max}$ is the highest steady-state inverter extinction angle.

The duration of the test shall be not less than 30 min after the exit coolant temperature has stabilized.

9.3.1.3 Heat-run test

To simulate the maximum combined losses in thyristors and damping circuits during continuous operation, operate the valve or valve sections at a delay angle α so that the sum of the squares of the jump voltages in the valve voltage waveshape, measured over one cycle (excluding the commutation overshoot transients) is not lower than:

$$\sum \Delta V^2 = (175 + 15m^2) \times 2 \times U_{tpv1}^2 [\sin^2 \alpha_{\max} + \sin^2(\alpha_{\max} + u_{\max})]$$

where

m is the electromagnetic notch factor (see 5.1.4 of IEC 61803);

$\alpha_{\max}$ and $u_{\max}$ correspond to the rectifier or inverter steady-state service condition for which $U_{v0m}^2 [\sin^2 \alpha_{\max} + \sin^2(\alpha_{\max} + u_{\max})]$ is a maximum, coincident with operation at maximum continuous operating thyristor junction temperature.

If a two $\times$ six-pulse back-to-back test circuit is used, the conditions required for this test are automatically met when performing 9.3.1.1 and 9.3.1.2. However, differences to twelve-pulse operation shall be considered.

The duration of the test shall be not less than 1 h after the exit coolant temperature has stabilized.

9.3.2 Maximum temporary operating duty test ($\alpha = 90^\circ$)

The test voltage U_{tpv2} corresponding to the no-load phase-to-phase value in a six-pulse bridge converter shall be determined as follows:

$$U_{tpv2} = U_{v0m} \times k_n \times k_r \times k_{14}$$

où

U_{v0m} est la tension maximale à vide entre phases en régime établi sur le côté valve du transformateur;

k_n est le rapport de comptage d'essai selon 4.3.2;

k_r est le facteur de surtension temporaire;

k_r est la valeur déterminée à partir d'études du système;

k_{14} est le facteur de sécurité d'essai;

$k_{14} = 1,05$.

Avant l'essai, la valve ou les sections de valve doivent être amenées à un équilibre thermique dans les conditions précisées en 9.3.1.1. Faire fonctionner la valve ou les sections de valve, pendant le temps spécifié, selon un angle de retard $\alpha = 90^\circ$ de manière que les tensions d'allumage et de rétablissement possibles soient inférieures à $U_{tpv2} \times \sqrt{2}$. La somme des carrés des tensions de saut dans la forme d'onde de tension de la valve ne doit pas être inférieure à celle obtenue à partir de l'expression indiquée en 9.3.1.3, en utilisant $\alpha = 90^\circ$ et U_{tpv1} selon la définition donnée dans le présent article. Le courant durant la période de fonctionnement avec $\alpha = 90^\circ$ doit être au moins égal à la valeur maximale correspondant à un fonctionnement avec $\alpha = 90^\circ$, déterminée à partir des études du système, multipliée par un facteur de sécurité d'essai de 1,05. Après le temps spécifié à $\alpha = 90^\circ$, revenir aux conditions correspondant à 9.3.1.1 et maintenir à un niveau constant pendant au moins 15 min.

La durée de fonctionnement à $\alpha = 90^\circ$ doit être au moins égale au double du temps autorisé en service pour cet angle de retard.

En fonction de la stratégie de contrôle de surtension temporaire pour ce programme, il se peut que des essais de durées différentes, avec des valeurs différentes de k_r , soient nécessaires.

9.3.3 Essais sous tension alternative minimale

Le courant d'essai et la température de l'agent de refroidissement doivent être choisis selon la définition de 9.3.1.

La tension d'essai U_{tpv3} correspondant à la valeur à vide entre phases dans le convertisseur en pont à six impulsions doit être déterminée de la façon suivante:

$$U_{tpv3} = U_{v0min} \times \frac{n_t}{n_v} \times k_{15}$$

où

U_{v0min} est la tension minimale à vide entre phases en régime établi sur le côté valve du transformateur;

n_t est le nombre de niveaux de thyristors en essai, connectés en série;

n_v est le nombre total de niveaux de thyristors connectés en série, y compris les niveaux redondants;

k_{15} est le facteur de sécurité d'essai;

$k_{15} = 0,95$.

9.3.3.1 Essai à angle de retard minimal

Faire fonctionner la valve ou les sections de valve selon un angle de retard de redresseur α de façon que la tension d'allumage de (section de) valve u_{fr} ne soit pas supérieure à:

$$u_{fr} = U_{tpv3} \times \sqrt{2} \times \sin \alpha_{min}$$

où α_{min} est l'angle de retard minimal du redresseur en régime établi en service coïncidant avec un fonctionnement à température maximale de jonction de thyristor en fonctionnement continu.

where

U_{v0m} is the highest steady-state no-load phase-to-phase voltage on the valve side of the transformer;

k_n is a test scaling factor according to 4.3.2;

k_r is the temporary overvoltage factor;

k_r is a value determined from system studies;

k_{14} is a test safety factor;

$k_{14} = 1,05$.

Prior to the test, the valve or valve sections, shall be brought to thermal equilibrium under the conditions of 9.3.1.1. Operate the valve or valve sections, for the specified time, at a delay angle $\alpha = 90^\circ$ so that the firing and prospective recovery voltages are not less than $U_{tpv2} \times \sqrt{2}$. The sum of the squares of the jump voltages in the valve voltage waveshape shall be not less than that obtained from the expression given in 9.3.1.3 using $\alpha = 90^\circ$ and U_{tpv1} as defined in this clause. The current during the period of $\alpha = 90^\circ$ operation shall be at least equal to the maximum value for $\alpha = 90^\circ$ operation, determined from system studies, multiplied by a test safety factor of 1,05. After the specified time at $\alpha = 90^\circ$, return to the conditions corresponding to 9.3.1.1 and maintain constant for at least 15 min.

The duration of operation at $\alpha = 90^\circ$ shall be at least twice the normal permitted time in service at this delay angle.

Depending on the temporary overvoltage control strategy for the scheme, tests of different duration, with different values of k_r , may be required.

9.3.3 Minimum a.c. voltage tests

The test current and coolant temperature shall be selected as defined in 9.3.1.

The test voltage U_{tpv3} corresponding to the no-load phase-to-phase value in a six-pulse bridge converter shall be determined as follows:

$$U_{tpv3} = U_{v0 \min} \times \frac{n_t}{n_v} \times k_{15}$$

where

$U_{v0 \min}$ is the lowest steady-state no-load phase-to-phase voltage on the valve side of the transformer;

n_t is the number of series-connected thyristor levels under test;

n_v is the total number of series-connected thyristor levels in a complete valve, including redundant levels;

k_{15} is a test safety factor;

$k_{15} = 0,95$.

9.3.3.1 Minimum delay angle test

Operate the valve or valve sections at a rectifier delay angle α so that the valve (section) firing voltage u_{fr} is not higher than:

$$u_{fr} = U_{tpv3} \times \sqrt{2} \times \sin \alpha_{\min}$$

where $\alpha_{\min}$ is the smallest steady-state rectifier delay angle in service coincident with operation at maximum continuous operating thyristor junction temperature.

La durée de l'essai ne doit pas être inférieure à 15 min après la stabilisation de la température de l'agent de refroidissement en sortie.

Si la stratégie de fonctionnement du convertisseur permet un fonctionnement temporaire avec un α inférieur à la valeur minimale en régime établi, le fonctionnement pour cette valeur réduite doit également être démontré. La durée de fonctionnement pour la valeur $\alpha_{\min}$ transitoire doit correspondre au moins au double du temps normal autorisé en service à cet angle de retard.

On doit démontrer que la valve, ou les sections de valve, s'allument régulièrement pour les valeurs de $\alpha_{\min}$ à la fois en régime établi et transitoire.

9.3.3.2 Essai à angle d'extinction minimal

Faire fonctionner la valve ou les sections de valve à un angle d'extinction γ de l'onduleur, tel que l'échelon de tension éventuel lors du rétablissement au courant zéro u_{ri} ne soit pas supérieur à:

$$u_{ri} = U_{tpv3} \times \sqrt{2} \times k_c \times \sin \gamma_{\min}$$

et que le temps séparant le passage du courant nul à la tension nulle en sens positif t_{off} ne soit pas supérieur à:

$$t_{off} = \frac{\gamma_{\min}}{360 \times f}$$

où

k_c est le facteur de dépassement de commutation en sens inverse (voir 8.3.2);

$\gamma_{\min}$ est l'angle d'extinction le plus réduit en régime établi en service coïncidant avec un fonctionnement à température maximale de jonction de thyristor en fonctionnement;

f est la fréquence de service.

La durée de l'essai ne doit pas être inférieure à 15 min après la stabilisation de la température de l'agent de refroidissement en sortie.

Si la stratégie de fonctionnement du convertisseur permet un fonctionnement temporaire avec un γ inférieur à la valeur minimale en régime établi, le fonctionnement pour cette valeur réduite doit également être démontré. La durée de fonctionnement pour la valeur $\gamma_{\min}$ transitoire doit correspondre au moins au double du temps normal autorisé en service à cet angle d'extinction.

On doit démontrer qu'aucune défaillance de commutation ne survient pour les valeurs de $\gamma_{\min}$ à la fois en régime établi et transitoire.

9.3.4 Essai à manque de tension temporaire

Le but de cet essai est de vérifier le fonctionnement correct des conceptions de valve dans lesquelles l'énergie servant à l'allumage des circuits provient de la tension apparaissant entre les bornes de la valve.

Avant l'essai, la valve ou les sections de valve doivent être manoeuvrées dans des conditions correspondant à 9.3.3.1 ($\alpha_{\min}$ en régime établi) à l'exception du courant d'essai qu'il est permis de réduire. Faire fonctionner la valve ou les sections de valve pendant la durée spécifiée pour un $\alpha_{\min}$, transitoire coïncidant avec une tension d'essai U_{tpv4} , qui doit être déterminée de la façon suivante:

The duration of the test shall be not less than 15 min after the exit coolant temperature has stabilized.

If the operating strategy of the converter permits temporary operation with α below the minimum steady-state value, then operation at this reduced value shall also be demonstrated. The duration of operation at the transient $\alpha_{\min}$ value shall be at least twice the normal permitted time in service at this delay angle.

It shall be demonstrated that the valve (sections) fire regularly at both the steady-state and transient values of $\alpha_{\min}$.

9.3.3.2 Minimum extinction angle test

Operate the valve or valve sections at an inverter extinction angle γ so that the prospective step voltage at recovery at current zero u_{ri} is not higher than:

$$u_{ri} = U_{tpv3} \times \sqrt{2} \times k_c \times \sin \gamma_{\min}$$

and the time from current zero to positive-going voltage zero crossing t_{off} is not greater than:

$$t_{off} = \frac{\gamma_{\min}}{360 \times f}$$

where

k_c is the commutation overshoot factor (see 8.3.2);

$\gamma_{\min}$ is the smallest steady-state extinction angle in service coincident with operation at maximum operating thyristor junction temperature;

f is the service frequency.

The duration of the test shall be not less than 15 min after the exit coolant temperature has stabilized.

If the operating strategy of the converter permits temporary operation with γ below the minimum steady-state value, then operation at this reduced value shall also be demonstrated. The duration of operation at the transient $\gamma_{\min}$ value shall be at least twice the normal permitted time in service at this extinction angle.

It shall be demonstrated that no commutation failures occur at either the steady-state or transient values of $\gamma_{\min}$.

9.3.4 Temporary undervoltage test

The purpose of this test is to verify the correct performance of those valve designs in which energy for the firing circuits is extracted from the voltage appearing between the valve terminals.

Prior to the test, the valve or valve sections shall be operated under conditions corresponding to 9.3.3.1 (steady-state $\alpha_{\min}$) except for the test current which may be reduced. Operate the valve or valve sections, for the specified time at transient $\alpha_{\min}$, coincident with a test voltage U_{tpv4} , which shall be determined as follows:

$$U_{tpv4} = U_{v0N} \times \frac{n_t}{n_v} \times k_u \times k_{16}$$

où

U_{v0N} est la valeur nominale de la tension à vide entre phases sur le côté valve du transformateur;

n_t est le nombre de niveaux de thyristors en essai, connectés en série;

n_v est le nombre total de niveaux de thyristors connectés en série dans une valve complète, y compris les niveaux redondants;

k_u est le facteur de manque de tension temporaire (fréquence fondamentale) pour lequel les convertisseurs doivent rester contrôlables;

k_{16} est le facteur de sécurité d'essai;

$k_{16} = 0,95$.

La durée de fonctionnement sous tension temporaire doit être inférieure à la durée de suppression de défaut pour le réseau en courant alternatif, comprenant, le cas échéant, le temps de récupération résultant de séquences de refermeture automatique dans le réseau en courant alternatif.

Après la durée spécifiée, revenir aux conditions correspondant à 9.3.3.1.

On doit démontrer que la valve, ou les sections de valve, restent contrôlables pendant toute la durée du manque de tension temporaire.

En fonction du niveau sous tension temporaire et de la méthode d'essai adoptée, il peut être possible de maintenir un fonctionnement normal du circuit d'essai au cours de l'essai. Si c'est le cas, on doit démontrer qu'il s'agit d'une conséquence inhérente aux conditions de tension anormales durant l'essai et non le résultat d'une défaillance de la valve ou des sections de valve ne répondant pas correctement aux signaux de commande d'allumage.

9.3.5 Essais avec courant continu intermittent

L'essai doit être réalisé alors que l'agent de refroidissement de la valve est à température maximale. Les contraintes résultant d'un fonctionnement en courant continu intermittent pour deux conditions de fonctionnement doivent être reproduites:

a) fonctionnement à $\alpha = 90^\circ$ avec tension alternative maximale et $k_r = 1,0$ (voir 9.3.2);

b) fonctionnement du redresseur à $\alpha_{\min}$ sous tension alternative minimale (voir 9.3.3.1).

La durée de l'essai doit être au moins égale au double de la durée normale autorisée en service pour un fonctionnement en courant continu intermittent dans les conditions spécifiées.

Les essais doivent mettre en évidence la fiabilité de l'amorçage des thyristors, conformément à la conception, selon le nombre d'allumages requis pour chaque cycle. Pour une mise en évidence efficace, il convient d'examiner le comportement de la valve ou des sections de valve avec un courant continu intermittent réglable pour lequel la durée des périodes de courant nul peut varier entre zéro et une valeur longue en comparaison du temps de blocage des thyristors.

NOTE – Le nombre maximal d'impulsions de courant par cycle dans une valve lors d'un fonctionnement en courant continu intermittent est normalement de quatre pour les valves utilisées dans les applications de transport d'énergie en CCHT et de huit pour les valves utilisées dans les montages en opposition.

$$U_{tpv4} = U_{v0N} \times \frac{n_t}{n_v} \times k_u \times k_{16}$$

where

- U_{v0N} is the nominal value of the no-load phase-to-phase voltage on the valve side of the transformer;
- n_t is the number of series-connected thyristor levels under test;
- n_v is the total number of series-connected thyristor levels in a complete valve, including redundant levels;
- k_u is the temporary undervoltage factor (fundamental frequency) for which the converters shall remain controllable;
- k_{16} is a test safety factor;
- $k_{16} = 0,95$.

The duration of operation with temporary undervoltage shall be not less than the back-up fault clearing time for the a.c. system, including, where appropriate, any dead-time arising from auto-reclose sequences in the a.c. system.

After the specified time, return to the conditions corresponding to 9.3.3.1.

It shall be demonstrated that the valve (sections) remain controllable over the full duration of the temporary undervoltage.

Depending on the level of temporary undervoltage and the method of test adopted, it may not be possible to maintain normal operation of the test circuit during the test. If this occurs, it shall be demonstrated that this is an inherent consequence of the abnormal voltage conditions during the test and not a result of a failure of the valve (sections) to respond correctly to the firing control signals.

9.3.5 Intermittent direct current tests

The test shall be performed with the valve coolant at its maximum temperature. The stresses arising from intermittent direct current operation for two operating conditions shall be reproduced:

- $\alpha = 90^\circ$ operation with maximum a.c. voltage and $k_r = 1,0$ (see 9.3.2);
- rectifier α_{min} operation with minimum a.c. voltage (see 9.3.3.1).

The duration of the test shall be at least twice the normal permitted time in service for operation with intermittent direct current under the specified conditions.

The tests shall demonstrate safe turn-on of the thyristors, in accordance with the design, at the requisite number of firings per cycle. For an effective demonstration, the behaviour of the valve (sections) should be explored with an adjustable intermittent direct current in which the duration of the periods of zero current can be varied from zero to a value which is long, compared with the turn-off time of the thyristors.

NOTE – The maximum number of current pulses per cycle in a valve during intermittent direct current operation is normally four for valves used in HVDC transmission applications and eight for valves used in back-to-back schemes.

10 Essais sous tension directe transitoire durant la période de rétablissement

10.1 Objectifs des essais

Le principal objectif des essais sous tension directe transitoire au cours de la période de rétablissement consiste à vérifier qu'à température maximale, la valve tolère l'application de tensions directes transitoires dans la période suivant immédiatement l'extinction du courant. Les essais doivent montrer soit que la valve résiste à la tension directe transitoire, soit qu'elle s'amorce en toute sécurité.

Un second objectif consiste à démontrer que, pour des transitoires en sens direct appliqués après l'intervalle de rétablissement, le niveau d'allumage de protection et la résistance du/dt d'une valve comprenant des thyristors en fonctionnement à la température maximale de jonction en régime établi correspondent à la conception.

10.2 Objet soumis à l'essai

Voir 9.2.

10.3 Prescriptions d'essai

Les prescriptions d'essai sont les mêmes que pour les essais d'allumage et d'extinction périodiques, article 9, excepté le fait qu'un générateur de tension de choc, connecté au niveau d'une valve d'onduleur ou d'une section de valve, est également requis. Le déclenchement du générateur de tension de choc doit être synchronisé avec les formes d'ondes en fonctionnement normal pour l'application de tensions de choc directes à la valve ou aux sections de valve en essai dans l'intervalle suivant immédiatement l'extinction du courant.

Le courant d'essai et la température de l'agent de refroidissement doivent être sélectionnés afin de produire la température maximale de jonction de thyristor en fonctionnement continu. Les conditions de fonctionnement relatives à la valve (ou sections de valve) en essai doivent être celles de 9.3.3.2 pour γ_{min} en régime établi.

Le générateur de tension de choc doit être réglé de manière que la tension de crête possible dans le sens direct U_{tvtd} soit déterminée par:

$$U_{tvtd} = U_{SIPLV} \times k_n$$

où

U_{SIPLV} est le niveau de protection contre les tensions de choc de manoeuvre du parafoudre de la valve, ou niveau garanti de non-allumage pour un allumage de protection avec forme d'onde de choc de manoeuvre, si celui-ci est inférieur;

k_n est le rapport de comptage selon 4.3.2.

L'essai doit être réalisé avec trois formes d'onde différentes:

- type 1: temps de montée $100 \mu s \pm 30 \%$;
- type 2: temps de montée $10 \mu s \pm 30 \%$;
- type 3: temps de montée $1,2 \mu s \pm 30 \%$.

La durée entre la pointe de tension et la moitié de la valeur de la tension de choc n'est pas critique mais ne doit pas être inférieure à $10 \mu s$ pour une forme d'onde quelconque lorsqu'elle est appliquée dans des conditions pour lesquelles la valve ne s'amorce pas du fait de la tension de choc.

NOTE – La sensibilité du matériel aux tensions de choc de formes d'onde différentes dépend de la conception. Après accord entre l'acheteur et le fournisseur, il est permis d'envisager de limiter l'essai à une seule forme d'onde de choc, à condition de pouvoir montrer que les objectifs de l'essai sont atteints.

10 Tests with transient forward voltage during the recovery period

10.1 Purpose of tests

The principal objective of the tests with transient forward voltage during the recovery period is to check that, at maximum temperature, the valve will tolerate the application of transient forward voltages in the period immediately following current extinction. The tests shall demonstrate that the valve will either withstand the transient forward voltage or will turn on safely.

A second objective is to demonstrate that, for transients in the forward direction applied after the recovery interval, the protective firing level and du/dt withstand of a valve containing operating thyristors at their maximum steady-state junction temperature are consistent with the design.

10.2 Test object

See 9.2.

10.3 Test requirements

The test requirements are the same as for the periodic firing and extinction tests, clause 9, except that an impulse generator, connected across an inverter valve or valve section, is also required. Triggering of the impulse generator shall be synchronized with the normal operating waveshapes to apply forward impulses to the valve or valve sections under test in the interval immediately following current extinction.

The test current and coolant temperature shall be selected to produce the maximum continuous operating thyristor junction temperature. The operating conditions for the valve (sections) under test shall be those of 9.3.3.2 for steady-state $\gamma_{\min}$.

The impulse generator shall be set so that the prospective peak voltage in the forward direction U_{tvd} is determined by:

$$U_{tvd} = U_{SIPLV} \times k_n$$

where

U_{SIPLV} is the switching impulse protective level of the valve arrester, alternatively the guaranteed non-firing level for protective firing with a switching impulse waveshape, if lower;

k_n is a scaling factor according to 4.3.2.

The test shall be performed with three different impulse waveshapes:

type 1: 100 μ s rise time $\pm$ 30 %;

type 2: 10 μ s rise time $\pm$ 30 %;

type 3: 1,2 μ s rise time $\pm$ 30 %.

The time from voltage crest to half value of the impulse is not critical, but shall be not less than 10 μ s for any waveshape when applied under conditions for which the valve does not turn on due to the impulse.

NOTE – The sensitivity of the equipment to impulses of different waveshapes is design dependent. Subject to agreement between purchaser and supplier, consideration may be given to restricting the test to a single impulse waveshape, provided it can be shown that the objectives of the test are met.

Un nombre minimum de cinq impulsions de chaque type doit être appliqué séparément, à différents moments dans l'intervalle séparant le courant nul de la fin de la période de rétablissement négatif. Trois tensions de choc supplémentaires de chaque type doivent être appliquées après l'achèvement de la période de rétablissement.

NOTE – On doit considérer que la période de rétablissement est achevée lorsque les thyristors ont complètement retrouvé leur tension à l'état bloqué et leurs capacités de résistance du/dt . Dans certaines conceptions, cela peut se traduire par l'achèvement d'une fenêtre temporelle au cours de laquelle les circuits de protection présentent une sensibilité accrue. La durée correspondante doit être indiquée par le fournisseur.

La valve ou les sections de valve doivent soit résister aux tensions de choc, soit s'amorcer en toute sécurité.

Si la valve comporte un allumage de protection contre les tensions directes transitoires dans la période de rétablissement, on doit démontrer que la protection fonctionne comme prévu.

La valve ne doit pas s'allumer sous une tension de choc quelle qu'elle soit, appliquée après la fin de la période de rétablissement, sauf si l'on peut montrer que l'allumage est le résultat d'une réaction légitime des circuits d'allumage de protection à l'état bloqué (voir note ci-dessus). Si l'allumage de protection survient avec les formes d'ondes spécifiées, lorsque l'application est faite après l'achèvement de la période de rétablissement, on doit effectuer trois applications supplémentaires de tensions de choc positives d'amplitude et de front révisés, de manière que la valve ne s'allume pas. On doit montrer que l'amplitude et les fronts révisés concernant le non-allumage s'intègrent de façon cohérente à la stratégie d'allumage de protection de la valve.

11 Essais de valve en courant de défaut

11.1 Objectif des essais

Les principaux objectifs des essais en courant de défaut consistent à démontrer que la conception correcte de la valve lui permet de résister aux contraintes maximales de courant, de tension et de température résultant de courants de court-circuit.

Les essais doivent prouver que la valve est capable de:

- a) supprimer un courant de défaut à une boucle d'amplitude maximale, en partant d'une température maximale et en bloquant les tensions inverse et directe qui s'ensuivent, y compris toute surtension due à une élimination de charge;
- b) surmonter, avec déclenchement de coupe-circuit, un courant de défaut à boucles multiples, dans des conditions similaires à l'essai à boucle unique, mais sans réapplication de tension directe.

11.2 Objet soumis à l'essai:

Voir 9.2.

11.3 Prescriptions d'essai

Les essais doivent être réalisés en utilisant des circuits d'essai capables de reproduire, aussi précisément que possible, les conditions de courant de défaut spécifiées les plus défavorables.

Pour l'essai de courant de défaut à une boucle, la principale prescription consiste à reproduire la combinaison la plus défavorable de tension directe et de température de jonction de thyristor au moment de pointe du premier demi-cycle positif de tension réappliquée après une boucle de courant de défaut.

Not less than five impulses of each type shall be applied singly, at various times in the interval from current zero to the end of the negative recovery period. Three additional impulses of each type shall be applied after the recovery period has ended.

NOTE – The recovery period shall be considered to have ended when the thyristors have regained their full off-state voltage and du/dt withstand capabilities. This may be marked, in some designs, by the ending of a time window during which protection circuits have increased sensitivity. The relevant time shall be stated by the supplier.

The valve or valve sections shall either withstand the impulses or turn-on safely.

If the valve incorporates protective firing against transient forward voltages in the recovery period then it shall be demonstrated that the protection operates as intended.

The valve shall not fire for any impulse applied after the recovery period has ended, unless firing can be shown to be due to a legitimate response of the protective firing circuits during the off-state (see note above). If protective firing occurs with the specified waveshapes, when applied after the recovery period has ended, then three additional applications of positive impulses of revised amplitude and front time, such that the valve does not fire, shall be made. It shall be demonstrated that the revised amplitude and front times for non-firing are consistent with the protective firing strategy for the valve.

11 Valve fault current tests

11.1 Purpose of tests

The principal objectives of the fault current tests are to demonstrate proper design of the valve to withstand the maximum current, voltage and temperature stresses arising from short-circuit currents.

The tests shall demonstrate that the valve is capable of:

- a) suppressing a one-loop fault current of maximum amplitude, commencing from maximum temperature and blocking the ensuing reverse and forward voltages, including any overvoltage due to load rejection;
- b) surviving, to circuit breaker trip, a multiple-loop fault current, under conditions similar to the one-loop test, but with no re-applied forward voltage.

11.2 Test object

See 9.2.

11.3 Test requirements

The tests shall be performed using test circuits which are capable of reproducing, as closely as possible, the most severe fault current conditions specified.

For the one-loop fault current test, the principal requirement is to reproduce the worst combination of forward voltage and thyristor junction temperature at the time of the crest of the first positive half cycle of re-applied voltage following one loop of fault current.

Pour l'essai de courant de défaut à boucles multiples, la principale prescription consiste à reproduire la combinaison la plus défavorable de tension inverse et de température de jonction de thyristor pour un rétablissement négatif après l'avant-dernière boucle d'un courant de défaut à boucles multiples.

Une seconde prescription de l'essai en courant de défaut à une boucle consiste à démontrer que les thyristors présentent un temps de désamorçage adéquat leur permettant de résister à la réapplication d'une tension directe au passage au zéro de la tension en sens positif immédiatement après le courant de défaut. L'intervalle de temps entre le passage au zéro du courant et celui de la tension en sens positif dépend du coefficient d'amortissement du circuit d'essai et de la fréquence d'alimentation d'essai. Il convient soit de les égaliser avec les valeurs de service ou de les ajuster de manière à produire une valeur représentative de l'intervalle de suppression. Quand ce n'est pas possible, le fournisseur doit démontrer par d'autres moyens que le temps de désamorçage des thyristors, après une boucle de courant de défaut, est suffisamment court.

Pour reproduire les tensions inverses transitoires correctes au cours de l'essai de courant de défaut à boucles multiples, il est important que la capacité parasite totale associée à la valve et les inductances contribuant à la réactance de commutation soient correctement représentées dans le circuit. Il est important que l'impédance parallèle effective des autres valves d'un pont à six impulsions soit correctement représentée, en tenant compte de l'emplacement du court-circuit présumé et de la stratégie de commande adoptée pour les surintensités. Il n'est pas nécessaire de soumettre la valve ou les sections de valve à une quelconque tension de rétablissement après la boucle finale du courant de défaut.

Lors de l'essai de sections de valve, les tensions d'essai et les valeurs des composants du circuit d'essai doivent être mises à l'échelle en fonction du nombre de niveaux de thyristors en essai, connectés en série, selon la description de 9.3.

NOTE – Les essais en courant de défaut spécifiés en 11.3.1 et 11.3.2 sont basés sur la condition normale la plus défavorable présentant la valeur maximale de courant de défaut résultant d'un court-circuit au niveau d'une valve de redresseur. Si la combinaison la plus défavorable de tension et température de jonction pour les thyristors ne coïncide pas avec le courant de défaut maximal résultant d'un court-circuit au niveau d'une valve de redresseur, les conditions d'essai doivent être modifiées en conséquence.

11.3.1 Essai en courant de défaut à une boucle avec réapplication de tension directe

Avant l'essai, la valve ou les sections de valve doivent être actionnées de manière à produire la température maximale de jonction de thyristor en fonctionnement continu.

Soumettre la valve ou les sections de valve à une boucle de courant de défaut de valeur de crête et de durée de conduction spécifiées, puis réappliquer une tension directe. La valeur de crête de la première moitié du cycle de tension directe réappliquée u_{tfvd} doit être déterminée de la façon suivante:

$$u_{tfvd} = U_{v0m} \times \sqrt{2} \times k_n \times k_r \times k_{17}$$

où

U_{v0m} est la tension maximale à vide entre phases en régime établi sur le côté valve du transformateur;

k_n est le rapport de comptage d'essai selon 4.3.2;

k_r est le facteur de surtension temporaire;

k_r est la valeur déterminée à partir des études du système;

k_{17} est le facteur de sécurité d'essai;

$k_{17} = 1,05$.

For the multiple-loop fault current test, the principal requirement is to reproduce the worst combination of reverse voltage and thyristor junction temperature at negative recovery following the penultimate loop of a multiple-loop fault current.

A second requirement of the one-loop fault current test is to demonstrate that the thyristors have adequate turn-off time to be able to withstand the re-application of forward voltage at the positive-going voltage zero crossing immediately following the fault current. The time interval between current zero and positive-going voltage zero crossing is dependent on the damping factor of the test circuit and on the test supply frequency. These should either be made equal to the service values or adjusted so as to produce a representative value for the hold-off interval. Where this is not possible, the supplier shall demonstrate by other means, that the turn-off time of the thyristors, after one loop of fault current, is adequately short.

In order to reproduce the correct transient reverse voltages during the multiple-loop fault current test, it is important that the total stray capacitance associated with the valve and inductances contributing to the commutating reactance be properly represented in the circuit. It is important that the effective parallel impedance of the other valves of a six-pulse bridge is properly represented, taking into account the location of the presumed short circuit and the control strategy adopted during overcurrents. The valve or valve sections need not be subjected to any recovery voltage after the final loop of fault current.

When testing with valve sections, the test voltages and test circuit component values shall be scaled according to the number of series-connected thyristor levels under test as described in 9.3.

NOTE – The fault current tests specified in 11.3.1 and 11.3.2 are based on the normal worst case condition of the maximum value of fault current arising from a short circuit across a rectifier valve. If the worst combination of voltage and junction temperature for the thyristors does not coincide with the maximum fault current arising from a short circuit across a rectifier valve, then the test conditions shall be adjusted accordingly.

11.3.1 One-loop fault current test with re-applied forward voltage

Prior to the test, the valve or valve sections shall be operated to produce the maximum continuous operating thyristor junction temperature.

Subject the valve or valve sections to one loop of fault current of the specified peak value and conduction duration, followed by re-application of forward voltage. The crest value of the first half cycle of re-applied forward voltage u_{tfvd} shall be determined as follows:

$$u_{tfvd} = U_{v0m} \times \sqrt{2} \times k_n \times k_r \times k_{17}$$

where

U_{v0m} is the highest steady-state no-load phase-to-phase voltage on the valve side of the transformer;

k_n is a test scaling factor according to 4.3.2;

k_r is the temporary overvoltage factor;

k_r is the value determined from system studies;

k_{17} is a test safety factor;

$k_{17} = 1,05$.

La valeur crête et la durée de conduction du courant de défaut doivent être déterminées à partir des études du système, en tenant compte des éléments suivants:

- niveau maximal de défaut de court-circuit de réseau en courant alternatif;
- fréquence minimale de réseau en courant alternatif en régime établi adaptée à l'élément précédent;
- valeur de tolérance minimale pour la réactance du transformateur changeur de fréquence par rapport au côté valve;
- tension maximale de fonctionnement en régime établi par rapport au côté valve;
- coefficients d'amortissement minimaux pour le réseau en courant alternatif et le transformateur changeur de fréquence par rapport au côté valve;
- angle de retard minimal au déclenchement du défaut;
- court-circuit au niveau d'une valve de redresseur.

La valeur crête du courant de défaut ainsi calculée ne doit pas être réduite de la moitié du courant continu ($I_d/2$) à moins que le fournisseur ne puisse démontrer que la réduction est valable pour la stratégie de commande proposée.

La valeur de k_r doit être compatible avec les conditions du réseau en courant alternatif utilisées pour calculer le courant de défaut. La charge à courant continu éliminée doit correspondre à la quantité de puissance assignée en courant continu du convertisseur qui est perdue en raison du défaut.

Si les paramètres du circuit d'essai empêchent d'atteindre l'amplitude de courant de défaut et la durée de conduction spécifiées, il est permis d'utiliser une forme de courant de sévérité équivalente. On doit démontrer que la forme d'onde équivalente produit, au moment de l'application de la contrainte de tension de crête, une température de jonction de thyristor au moins aussi élevée que celle qui serait produite avec la forme d'onde de courant correcte.

11.3.2 Essai en courant de défaut à boucles multiples sans réapplication de tension directe

Avant l'essai, la valve ou les sections de valve doivent être actionnées de manière à produire la température maximale de jonction de thyristor en fonctionnement continu.

Soumettre la valve ou les sections de valve à une application du nombre spécifié de boucles de courant de défaut présentant la valeur crête et la durée de conduction spécifiées. La valve ou les sections de valve doivent être soumises à une tension inverse entre les boucles de courant de défaut mais on doit éviter de les soumettre à une tension de blocage directe en déclenchant les thyristors de façon continue.

La valeur possible de la tension de rétablissement inverse à courant nul pour l'avant-dernière boucle de courant de défaut u_{tfvr} doit être déterminée de la façon suivante:

$$u_{tfvr} = U_{v0m} \times \sqrt{2} \sin \psi \times k_n \times k_r \times k_{18}$$

où

U_{v0m} est la tension maximale à vide entre phases sur le côté valve du transformateur;

ψ est la fraction, en degrés, d'un cycle de la forme d'onde de service, par laquelle le courant nul de l'avant-dernière boucle de courant de défaut précède le passage au zéro de la tension dans le sens positif;

k_n est le rapport de comptage d'essai selon 4.3.2;

k_r est le facteur de surtension temporaire;

The peak value and conduction duration of the fault current shall be determined from system studies, taking into account:

- the maximum a.c. system short-circuit fault level;
- the minimum steady-state a.c. system frequency consistent with the above;
- the minimum tolerance value of the converter transformer reactance referred to the valve side;
- the maximum steady-state operating voltage referred to the valve side;
- the minimum damping factors for the a.c. system and converter transformer referred to the valve side;
- the minimum delay angle at fault initiation;
- a short circuit across a rectifier valve.

The peak value of the fault current so calculated shall not be reduced by half the d.c. current ($I_d/2$) unless the supplier can demonstrate that the reduction is valid for the proposed control strategy.

The value of k_r shall be consistent with the a.c. system conditions used for calculating the fault current. The d.c. load rejected shall be that portion of the rated d.c. power of the converter station which is lost due to the fault.

If the parameters of the test circuit prevent the specified fault current amplitude and conduction duration from being achieved, then a current waveshape of equivalent severity may be used. It shall be demonstrated that the equivalent waveshape results in a thyristor junction temperature, at the time of peak voltage stress, which is at least as great as that which would have occurred with the correct current waveshape.

11.3.2 Multiple-loop fault current test without re-applied forward voltage

Prior to the test, the valve or valve sections shall be operated to produce the maximum continuous operating thyristor junction temperature.

Subject the valve or valve sections to one application of the specified number of loops of fault current of the specified peak value and conduction duration. The valve or valve sections shall be subjected to reverse voltage between the loops of fault current, but shall be prevented from experiencing forward blocking voltage by continuously triggering the thyristors.

The prospective value of reverse recovery voltage at current zero of the penultimate fault current loop u_{tfvr} shall be determined as follows:

$$u_{tfvr} = U_{v0m} \times \sqrt{2} \sin \psi \times k_n \times k_r \times k_{18}$$

where

U_{v0m} is the highest steady-state no-load phase-to-phase voltage on the valve side of the transformer;

ψ is the fraction, in degrees, of one cycle of the service waveform, by which current zero of the penultimate fault current loop precedes positive-going voltage zero crossing;

k_n is a test scaling factor according to 4.3.2;

k_r is the temporary overvoltage factor;

k_r est la valeur déterminée à partir d'études du système;

k_{18} est le facteur de sécurité d'essai;

$k_{18} = 1,05$.

Le nombre de boucles de courant de défaut doit être déterminé en fonction de la durée de fonctionnement du coupe-circuit primaire utilisé pour mettre fin aux courants de court-circuit dans le convertisseur. La durée de fonctionnement doit inclure la détection du défaut et les retards de signalisation ainsi que la durée de suppression de défaut du coupe-circuit.

La valeur crête et la durée de conduction des boucles de courant de défaut doivent être déterminées suivant la définition donnée en 11.3.1, hormis le fait que, pour toutes les boucles de défaut suivant la première, l'angle de retard de déclenchement doit être de 0°.

La valeur de k_r doit être déterminée en suivant la description donnée en 11.3.1.

12 Essais sur l'insensibilité de la valve aux perturbations électromagnétiques

12.1 Objectifs des essais

Le principal objectif consiste à démontrer l'insensibilité de la valve aux interférences électromagnétiques (perturbations électromagnétiques) résultant des transitoires de tension et de courant générés à l'intérieur de la valve et imposés de l'extérieur. Les éléments sensibles de la valve sont généralement les circuits électroniques utilisés pour le déclenchement, la protection et la surveillance des niveaux de thyristors.

Généralement, l'insensibilité de la valve aux perturbations électromagnétiques peut être vérifiée en contrôlant la valve pendant d'autres essais de type. Parmi ceux-ci, les essais de valve sous tension de choc (8.3.3 à 8.3.6) et l'essai d'allumage non périodique de valve (8.4) sont les plus importants.

Il convient que les essais mettent en évidence les points suivants:

- a) aucun déclenchement hors séquence ou intempestif des thyristors ne survient;
- b) les circuits de protection électronique installés dans la valve fonctionnent comme prévu;
- c) aucune indication erronée des défauts de niveaux de thyristors ni aucun signal erroné ne sont transmis aux systèmes de commande et de protection du convertisseur par l'équipement électronique de base de la valve, du fait de la réception de données erronées en provenance des circuits de contrôle de la valve.

NOTE – Dans le cadre de la présente norme, les essais visant à démontrer l'insensibilité aux perturbations électromagnétiques s'appliquent uniquement à la valve à thyristors et à la partie du système de transmission de signal reliant la valve à la terre. La mise en évidence de l'insensibilité aux perturbations électromagnétiques du matériel au potentiel de terre et la caractérisation de la valve en tant que source de perturbations électromagnétiques pour d'autres matériels ne relèvent pas du domaine d'application de la présente norme.

12.2 Objet soumis à l'essai

Généralement, les objets soumis à l'essai sont la valve ou les sections de valve identiques à celles utilisées pour d'autres essais.

Lorsqu'il s'agit de démontrer l'insensibilité aux perturbations électromagnétiques résultant du couplage entre des valves adjacentes dans un MVU, deux approches sont acceptables selon la définition de 12.3. Dans ce cas, l'objet soumis à l'essai est, selon l'approche adoptée, une valve ou une section de valve séparée.

k_r is the value determined from system studies;

k_{18} is a test safety factor;

$k_{18} = 1,05$.

The number of fault current loops shall be determined from the operating time of the primary circuit-breaker used for terminating short-circuit currents in the converter. The operating time shall include the fault detection and signalling delays as well as the breaker clearing time.

The peak value and conduction duration of the fault current loops shall be determined in the same manner as defined in 11.3.1 except that, for all fault loops after the first, the delay angle of initiation shall be 0°.

The value of k_r shall be determined as described in 11.3.1.

12 Tests for valve insensitivity to electromagnetic disturbance

12.1 Purpose of tests

The principal objective is to demonstrate the insensitivity of the valve to electromagnetic interference (electromagnetic disturbance) arising from voltage and current transients generated within the valve and imposed on it from the outside. The sensitive elements of the valve are generally electronic circuits used for triggering, protection and monitoring of the thyristor levels.

Generally, the valve insensitivity to electromagnetic disturbance can be checked by monitoring the valve during other type tests. Of these, the valve impulse tests (8.3.3 to 8.3.6) and the valve non-periodic firing test (8.4) are the most important.

The tests should demonstrate that:

- a) out-of-sequence or spurious triggering of thyristors does not occur;
- b) the electronic protection circuits installed in the valve operate as intended;
- c) false indication of thyristor level faults or erroneous signals sent to the converter control and protection systems by the valve base electronics, arising from receipt of false data from the valve monitoring circuits, does not occur.

NOTE – For this standard, tests to demonstrate valve insensitivity to electromagnetic disturbance apply only to the thyristor valve and that part of the signal transmission system that connects the valve to earth. Demonstration of the insensitivity to electromagnetic disturbance of equipment located at earth potential, and characterization of the valve as a source of electromagnetic disturbance for other equipment, are not within the scope of this standard.

12.2 Test object

Generally, the test object is the valve or valve sections as used for other tests.

When insensitivity to electromagnetic disturbance arising from coupling between adjacent valves in a MVU is to be demonstrated, two approaches are acceptable as defined in 12.3. In this case, the test object will be a separate valve or valve section according to the approach adopted.

12.3 Prescriptions d'essai

Lors de la mise en évidence de l'insensibilité aux perturbations électromagnétiques résultant du couplage entre des valves adjacentes d'un MVU, les prescriptions d'essai dépendent de l'approche adoptée parmi les deux approches recommandées.

12.3.1 Première approche

La première approche consiste à simuler la source de perturbations électromagnétiques en l'intégrant directement à un montage d'essai. Ce montage d'essai nécessite plus d'une valve afin de vérifier les interactions entre elles. La disposition géométrique de la source de perturbations électromagnétiques par rapport à la valve en essai doit être aussi proche que possible de la disposition de service (ou plus défavorable du point de vue des perturbations électromagnétiques).

Le paragraphe 8.4.2 fournit des détails supplémentaires concernant les prescriptions dans le cas de l'adoption de la première approche.

12.3.2 Deuxième approche

La deuxième approche consiste à déterminer l'intensité de champs électromagnétiques dans les conditions de fonctionnement les plus défavorables, soit à partir de considérations théoriques, soit par l'intermédiaire de mesures. Dans un second temps, ces champs sont simulés par un circuit d'essai qui génère un rayonnement électromagnétique correct (ou plus accentué) aux fréquences respectives. Une section de valve est alors exposée aux champs générés par la source d'essai.

Une condition préalable primordiale dans la deuxième approche consiste à déterminer la force et la direction du champ dynamique aux emplacements-clés de la valve, ce qui peut généralement se faire à l'aide de mesures de bobine d'exploration prises lors des essais d'allumage réalisés sur une valve unique. Une autre solution consiste à prévoir le champ sur la base de programmes de modélisation de champ en trois dimensions. Une section de valve doit alors être soumise à des essais en utilisant une bobine de champ séparée pour produire une intensité de champ, des composantes et une direction fréquentielles présentant une sévérité au moins égale aux valeurs prévues.

Les conditions suivantes doivent être remplies pour la section de valve en essai:

- la section de valve doit présenter une tension de fonctionnement (mise à l'échelle proportionnellement) entre ses bornes et une polarité directe au moment de la mise sous tension de la bobine de champ;
- l'équipement électronique de la section de valve en essai doit être alimenté;
- les parties de l'équipement électronique de base de la valve, nécessaires à l'échange correct des informations avec la section de valve, doivent être incluses.

12.3.3 Critères d'acceptation

Les critères d'acceptation pour les deux approches doivent être conformes à ceux décrits en 12.1.

13 Essai de caractéristiques spéciales

13.1 Objectifs des essais

Ces essais sont destinés à vérifier la conception et le fonctionnement de toutes les caractéristiques spéciales de la valve. Parmi les caractéristiques spéciales peuvent figurer celles représentées par les deux catégories suivantes, sans pour autant s'y limiter:

12.3 Test requirements

When demonstrating insensitivity to electromagnetic disturbance arising from coupling between adjacent valves of a MVU, the test requirements depend on which of the two recommended approaches is adopted.

12.3.1 Approach one

Approach one is to simulate the source of electromagnetic disturbance directly as part of a test set-up. Such a test set-up will require more than one valve in order to check for interaction between them. The geometric arrangements of the source of the electromagnetic disturbance with respect to the valve under test shall be as close as possible to the service arrangement (or worse from an electromagnetic disturbance point of view).

Subclause 8.4.2 gives further details of requirements if approach one is adopted.

12.3.2 Approach two

Approach two is to determine the intensity of electromagnetic fields under worst operational conditions, either from theoretical considerations or by measurements. In a second step, these fields are simulated by a test circuit which generates correct (or worse) electromagnetic radiation at the respective frequencies. A valve section is then exposed to the fields generated by the test source.

An essential prerequisite to approach two is the determination of the dynamic field strength and direction at key locations in the valve. This can generally be obtained from search coil measurements taken during firing tests on a single valve. Alternatively, the field can be predicted from three-dimensional field modelling programs. A valve section shall then be tested using a separate field coil to produce field intensity, frequency content and direction which is at least as severe as the predicted values.

The following conditions for the valve section under test shall be met :

- the valve section shall have operational voltage (proportionally scaled) between its terminals and be forward biased at the time of energization of the field coil;
- the electronics of the valve section under test shall be energized;
- those parts of the valve base electronics that are necessary for the proper exchange of information with the valve section shall be included.

12.3.3 Acceptance criteria

The criteria for acceptance for both approaches one and two shall be as defined in 12.1.

13 Testing of special features

13.1 Purpose of tests

These tests are intended to verify the design and performance of any special features of the valve. Special features may include, but are not limited to, those in the following two categories:

- a) circuits fournis pour faciliter la commande, la protection et le contrôle corrects de la valve;
- b) caractéristiques intégrées dans la valve pour fournir la tolérance de défaut (voir annexe C).

Généralement, les caractéristiques de la première catégorie peuvent être mises en évidence dans le cadre d'autres essais.

Il se peut que des caractéristiques de la seconde catégorie nécessitent des essais spécifiques. Ce type d'essais doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur selon le cas.

13.2 Objet soumis à l'essai

Il est admis de réaliser des essais sur une valve entière, sur une section de valve ou sur des parties correspondantes de chaque.

13.3 Prescriptions d'essai

Les procédures d'essai et les critères d'acceptation doivent être choisis en tenant compte de la conception réelle de la valve. On doit démontrer que les composants ou circuits impliqués se comportent comme prévu.

14 Essais de série

Le présent article couvre les essais réalisés sur des ensembles de composants intégrés dans des valves, sections de valve ou circuits auxiliaires pour assurer leur protection, leur commande et leur contrôle. Il ne couvre pas les essais sur des composants individuels utilisés à l'intérieur de la valve, du support de valve ou de la structure de la valve.

14.1 Objectifs des essais

L'objectif des essais de série consiste à vérifier que la fabrication est correcte en démontrant que:

- tous les composants et sous-ensembles utilisés dans la valve ont été correctement installés conformément à la conception;
- l'équipement de la valve fonctionne comme prévu et les paramètres prédéfinis s'inscrivent dans les limites d'acceptation prescrites;
- les sections de valve et les niveaux de thyristors (selon le cas) présentent une capacité de résistance à la tension adéquate;
- l'homogénéité et l'uniformité sont réalisées en production.

14.2 Objet soumis à l'essai

Toutes les sections de valve ou leurs parties fabriquées dans le cadre du projet doivent être soumises à des essais individuels de série.

14.3 Prescriptions d'essai

L'uniformité dans les essais de série spécifiés des différents fournisseurs n'est pas nécessaire. Les essais de série doivent tenir compte des caractéristiques de conception spécifiques de la valve et de ses composants, de l'importance des essais réalisés sur les composants avant l'assemblage, et des procédures et techniques de fabrication particulières impliquées. Dans cet article, seuls les objectifs des essais de série sont indiqués.

Dans tous les cas, le fournisseur doit soumettre, pour approbation par l'acheteur, une description détaillée des procédures d'essai proposées pour remplir les objectifs des essais de série.

- a) circuits provided to facilitate the proper control, protection and monitoring of the valve;
- b) features included in the valve to provide fault tolerance (see annex C).

Generally, those features in the first category can be demonstrated as part of other tests.

Features in the second category may require special tests. Such tests shall be agreed between the purchaser and supplier on a case-by-case basis.

13.2 Test object

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

13.3 Test requirements

The test procedures and acceptance criteria shall be chosen having regard to the actual design of the valve. It shall be demonstrated that the components or circuits involved behave as intended.

14 Production tests

This clause covers tests on assemblies of components that are parts of valves, valve sections, or auxiliary circuits for their protection, control and monitoring. It does not cover tests on individual components that are used within the valve, the valve support, or valve structure.

14.1 Purpose of tests

The purpose of the production tests is to verify proper manufacture by demonstrating that:

- all components and subassemblies used in the valve have been correctly installed in accordance with the design;
- the valve equipment functions as intended and predefined parameters are within prescribed acceptance limits;
- the valve sections and thyristor levels (as appropriate) have adequate voltage withstand capability;
- consistency and uniformity in production is achieved.

14.2 Test object

All valve sections or parts thereof manufactured for the project shall be subjected to the routine production tests.

14.3 Test requirements

Uniformity in the specified production tests of different suppliers is unnecessary. The production tests shall take into account the special design characteristics of the valve and its components, the extent to which the components are tested prior to assembly, and the particular manufacturing procedures and techniques involved. In this clause, only production test objectives are given.

In all cases, the supplier shall submit, for approval by the purchaser, a detailed description of the test procedures proposed to meet the production test objectives.

Les prescriptions minimales relatives aux essais individuels de série sont répertoriées en 14.4. L'ordre dans lequel les essais sont répertoriés n'implique aucun degré d'importance et n'indique pas un ordre dans lequel il convient de réaliser les essais.

NOTE – Dans certains cas, il se peut qu'il soit nécessaire de réaliser des essais sur prélèvement sur des ensembles complets en plus des essais individuels de série, par exemple lorsque des modifications sont apportées en cours de production. Il convient que la nature et l'étendue de ces essais supplémentaires fassent l'objet d'un accord au cas par cas.

14.4 Objectifs des essais de série

14.4.1 Examen visuel

Vérifier que tous les matériaux et composants sont intacts et sont correctement installés, conformément à la dernière révision approuvée de la documentation de production.

14.4.2 Vérification de connexion

Vérifier que toutes les connexions principales parcourues par un courant ont été réalisées correctement.

14.4.3 Vérification du circuit de répartition des potentiels

Vérifier les paramètres du circuit de répartition et assurer ainsi que la division de tension entre les thyristors connectés en série est correcte pour les tensions appliquées du courant continu aux formes d'onde de choc.

14.4.4 Vérification de la résistance à la tension

Vérifier que les composants de la valve peuvent résister à la tension correspondant à la valeur maximale spécifiée pour la valve. Les vérifications doivent comporter des tensions d'essai de choc de manoeuvre et de fréquence industrielle.

14.4.5 Essais de décharge partielle

Pour mettre en évidence la fabrication correcte, l'acheteur et le fournisseur doivent s'entendre pour définir quels sont les composants et les sous-ensembles critiques pour la conception, et des essais de décharge partielle adaptés doivent être réalisés.

14.4.6 Vérification des auxiliaires

Vérifier que les auxiliaires (tels que les circuits de contrôle et de protection) présents à chaque niveau de thyristor et ceux qui sont communs à l'ensemble de la valve (ou de la section de valve) fonctionnent correctement.

14.4.7 Vérification de l'allumage

Vérifier que le thyristor dans chaque niveau de thyristor s'amorce correctement en réponse aux signaux d'allumage.

14.4.8 Essai de pression

Vérifier qu'il n'existe aucune fuite de liquide de refroidissement (pour les valves à refroidissement liquide uniquement).

15 Méthode de détermination de perte

La procédure de détermination de perte pour les valves à thyristors CCHT est spécifiée dans la CEI 61803.

The minimum requirements for routine production tests are listed in 14.4. The order in which the tests are listed implies neither ranking of importance nor the order in which the tests should be performed.

NOTE – In some cases it may be necessary to perform production sample tests on complete assemblies in addition to the routine tests, for example when modifications are introduced in the course of production. The nature and extent of such additional tests should be agreed on a case-by-case basis.

14.4 Production test objectives

14.4.1 Visual inspection

To check that all materials and components are undamaged and are correctly installed in accordance with the latest approved revision of the production documentation.

14.4.2 Connection check

To check that all the main current-carrying connections have been made correctly.

14.4.3 Voltage-grading circuit check

To check the grading circuit parameters and thereby ensure that voltage division between series-connected thyristors will be correct for applied voltages from d.c. to impulse waveshapes.

14.4.4 Voltage withstand check

To check that the valve components can withstand the voltage corresponding to the maximum value specified for the valve. The checks shall include switching impulse and power frequency test voltages.

14.4.5 Partial discharge tests

To demonstrate correct manufacture, the purchaser and supplier shall agree which components and subassemblies are critical to the design, and appropriate partial discharge tests shall be performed.

14.4.6 Check of auxiliaries

To check that the auxiliaries (such as monitoring and protection circuits) at each thyristor level and those common to the complete valve (or valve section) function correctly.

14.4.7 Firing check

To check that the thyristor in each thyristor level turns on correctly in response to firing signals.

14.4.8 Pressure test

To check that there are no coolant leaks (for liquid cooled valves only).

15 Method for loss determination

The procedure for loss determination of HVDC thyristor valves is specified in IEC 61803.

16 Présentation de résultats d'essai de type

Le rapport d'essai doit être émis conformément aux lignes directrices générales indiquées dans le *Guide 25 ISO/CEI* et doit inclure les informations suivantes:

- nom et adresse du laboratoire et emplacement où se déroulent les essais;
- nom et adresse de l'acheteur;
- identification non ambiguë de l'objet soumis à l'essai, comprenant le type et les valeurs assignées, le numéro de série et toute autre information destinée à identifier l'objet soumis à l'essai;
- dates de réalisation des essais;
- description des circuits d'essai et procédures d'essai utilisées pour la réalisation des essais;
- référence aux documents normatifs et, le cas échéant, description claire des divergences par rapport aux procédures indiquées dans les documents normatifs;
- description du matériel d'essai et indication de l'incertitude de mesure;
- résultats d'essai sous la forme de tableaux, graphiques, oscillogrammes et photographies selon le cas;
- description de la défaillance du matériel ou composant.

16 Presentation of type test results

The test report shall be issued in accordance with the general guidelines as given in *ISO/IEC Guide 25*, and shall include the following information:

- name and address of the laboratory and location where the tests were carried out;
- name and address of the purchaser;
- unambiguous identification of the test object, including type and ratings, serial number and any other information aimed to identify the test object;
- dates of performance of the tests;
- description of test circuits and test procedures used for the performance of the tests;
- reference to the normative documents and clear description of deviations, if any, from procedures stated in the normative documents;
- description of measuring equipment and statement of the measuring uncertainty;
- test results in the form of tables, graphs, oscillograms, and photographs as appropriate;
- description of equipment or component failure.

Annexe A **(normative)**

Facteurs de sécurité d'essai

A.1 Généralités

Les valves à thyristors sont conçues pour résister aux contraintes qu'elles sont susceptibles d'affronter dans des conditions de fonctionnement CCHT spécifiées. Pour vérifier la conception de la valve, des essais diélectriques et des essais de type sont réalisés. Les niveaux d'essai de type incluent des facteurs de sécurité d'essai assurant que les essais reproduisent de façon conservatrice les contraintes de service les plus défavorables.

Les essais et niveaux d'essai peuvent avoir des conséquences très néfastes sur le plan économique, en particulier lorsque des essais inutiles ou des niveaux d'essai non réalistes sont spécifiés sans augmenter pour autant les caractéristiques fonctionnelles de la valve. Les facteurs de sécurité d'essai utilisés dans la présente norme ont été établis en vue de refléter des prescriptions réalistes et pratiques permettant d'assurer une conception de valve économique et adaptée à l'application prévue.

Les facteurs de sécurité d'essai intègrent les incertitudes de mesure au cours de l'essai et, le cas échéant, une marge de protection. La marge de protection fournit une tolérance concernant l'incertitude de prédiction de la contrainte de service maximale ainsi que toute réduction de la capacité du matériel au fil du temps, en raison du vieillissement.

Lorsque des essais de type sont réalisés conformément à la CEI 60060-1, les incertitudes de mesure s'élèvent à 3 % pour les erreurs de mesure et à 3 % supplémentaires pour la tolérance de niveau d'essai.

L'incertitude au niveau de la prédiction des contraintes de service maximales dépend de plusieurs facteurs et hypothèses, tandis que l'endommagement dû au vieillissement dépend du matériau et de l'application. Il n'existe aucun facteur quantitatif universellement applicable pour ces paramètres mais la pratique établie, reposant sur une expérience de service acceptable, fournit une base de jugement.

Un examen de la pratique normalisée concernant le matériel haute tension, des pratiques courantes relatives aux essais de valves à thyristors CCHT ainsi que de l'expérience de fonctionnement, tenant compte des caractéristiques spéciales des valves à thyristors, a été réalisé et des valeurs appropriées ont par conséquent pu être définies pour les facteurs de sécurité d'essai. Ces derniers font l'objet d'une discussion dans les articles A.2 et A.3 ci-dessous.

A.2 Facteurs de sécurité d'essai pour essais diélectriques

A.2.1 Essais de tension de choc

A.2.1.1 Approche de base

Les facteurs de sécurité des essais de tension de choc utilisés dans la présente norme sont basés sur les hypothèses suivantes:

- a) les parafoudres à oxyde métallique constituent les dispositifs de protection primaires contre les surtensions et sont connectés directement entre les bornes de chaque valve pour minimiser les effets de séparation de tension de choc;
- b) tous les thyristors redondants sont court-circuités durant les essais.