

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61954

Première édition
First edition
1999-09

**Electronique de puissance pour les réseaux
électriques de transport et de distribution –
Essais des valves à thyristors pour
les compensateurs statiques d'énergie réactive**

**Power electronics for electrical transmission
and distribution systems –
Testing of thyristor valves for
static VAR compensators**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61954:1999

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

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 60000 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**

61954

Première édition
First edition
1999-09

**Electronique de puissance pour les réseaux
électriques de transport et de distribution –
Essais des valves à thyristors pour
les compensateurs statiques d'énergie réactive**

**Power electronics for electrical transmission
and distribution systems –
Testing of thyristor valves for
static VAR compensators**

© IEC 1999 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 Varembe 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	6
Articles	
1 Domaine d'application	8
2 Références normatives.....	8
3 Définitions.....	8
4 Prescriptions générales pour les essais de type et les essais facultatifs.....	12
4.1 Résumé des essais	12
4.2 Objectifs des essais	14
4.2.1 Essais diélectriques	14
4.2.2 Essais opérationnels	14
4.2.3 Essais de perturbations électromagnétiques	16
4.2.4 Essais de production	16
4.2.5 Essais facultatifs	16
4.3 Instructions pour l'exécution des essais de type et des essais facultatifs.....	16
4.4 Conditions d'essai	18
4.4.1 Généralités	18
4.4.2 Température de la valve au cours des essais	20
4.4.3 Niveaux de thyristors redondants.....	20
4.5 Défaillances de composants admissibles au cours des essais de type	20
4.6 Documentation des résultats d'essai.....	22
4.6.1 Rapports d'essai à émettre.....	22
4.6.2 Contenu d'un rapport d'essai de type	22
5 Essais de type des valves TCR et TSR.....	22
5.1 Essais diélectriques entre bornes de valve et terre	22
5.1.1 Essai en courant alternatif.....	24
5.1.2 Essai de tension de choc de foudre	24
5.2 Essais diélectriques entre valves (UVM uniquement)	26
5.2.1 Essai en courant alternatif.....	26
5.2.2 Essai de tension de choc de foudre	28
5.3 Essais diélectriques entre bornes de valve	28
5.3.1 Essai en courant alternatif.....	28
5.3.2 Essai de tension de choc de manœuvre.....	32
5.4 Essais opérationnels	36
5.4.1 Essai d'extinction et d'allumage périodique.....	36
5.4.2 Essai de tension minimale en courant alternatif	38
5.4.3 Essai d'échauffement	40
6 Essais de type des valves TSC.....	40
6.1 Essais diélectriques entre bornes de valve et terre	40
6.1.1 Essai en courant alternatif/continu	40
6.1.2 Essai de tension de choc de foudre	46
6.2 Essais diélectriques entre valves (pour UVM uniquement)	46
6.2.1 Essai en courant alternatif/continu	46
6.2.2 Essai de tension de choc de foudre	52

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
Clause	
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Definitions	9
4 General requirements for type and optional tests	13
4.1 Summary of tests	13
4.2 Objectives of tests	15
4.2.1 Dielectric tests	15
4.2.2 Operational tests	15
4.2.3 Electromagnetic interference tests	17
4.2.4 Production tests	17
4.2.5 Optional tests	17
4.3 Guidelines for the performance of type and optional tests	17
4.4 Test conditions	19
4.4.1 General	19
4.4.2 Valve temperature at testing	21
4.4.3 Redundant thyristor levels	21
4.5 Permissible component failures during type testing	21
4.6 Documentation of test results	23
4.6.1 Test reports to be issued	23
4.6.2 Contents of a type test report	23
5 Type tests on TCR and TSR valves	23
5.1 Dielectric tests between valve terminals and earth	23
5.1.1 AC test	25
5.1.2 Lightning impulse test	25
5.2 Dielectric tests between valves (MVU only)	27
5.2.1 AC test	27
5.2.2 Lightning impulse test	29
5.3 Dielectric tests between valve terminals	29
5.3.1 AC test	29
5.3.2 Switching impulse test	33
5.4 Operational tests	37
5.4.1 Periodic firing and extinction test	37
5.4.2 Minimum a.c. voltage test	39
5.4.3 Temperature rise test	41
6 Type tests on TSC valves	41
6.1 Dielectric tests between valve terminals and earth	41
6.1.1 AC-DC test	41
6.1.2 Lightning impulse test	47
6.2 Dielectric tests between valves (for MVU only)	47
6.2.1 AC-DC test	47
6.2.2 Lightning impulse test	53

Articles	Pages
6.3 Essais diélectriques entre bornes de valve	52
6.3.1 Essai en courant alternatif/continu	52
6.3.2 Essai de tension de choc de manœuvre	56
6.4 Essais opérationnels	60
6.4.1 Essais de surintensité	60
6.4.2 Essai de tension alternative minimale	62
6.4.3 Essai d'échauffement	64
7 Essais de perturbations électromagnétiques	64
7.1 Objectifs	64
7.2 Procédures d'essai	64
7.2.1 Essai de tension de choc de manœuvre	66
7.2.2 Essai d'allumage non périodique	66
8 Essais de production	66
8.1 Contrôle visuel	66
8.2 Contrôle des connexions	68
8.3 Contrôle du circuit diviseur/amortisseur des potentiels	68
8.4 Contrôle de la tenue en tension	68
8.5 Contrôle des auxiliaires	68
8.6 Contrôle de l'allumage	68
8.7 Essai de pression du circuit de refroidissement	68
9 Essais facultatifs sur valves TCR et TSR	68
9.1 Essai de surintensité	68
9.1.1 Surintensité avec blocage résultant	68
9.1.2 Surintensité sans blocage	70
9.2 Transitoire de tension positive pendant l'essai de rétablissement	72
9.2.1 Objectifs	72
9.2.2 Valeurs d'essai et formes d'onde	72
9.2.3 Procédures d'essai	72
9.3 Essai d'allumage non périodique	72
9.3.1 Objectifs	72
9.3.2 Valeurs d'essai et formes d'onde	72
9.3.3 Procédures d'essai	76
10 Essais facultatifs sur valves TSC	76
10.1 Transitoire de tension positive pendant l'essai de rétablissement	76
10.1.1 Objectif de l'essai	76
10.1.2 Valeurs d'essai et formes d'onde	76
10.1.3 Procédures d'essai	78
10.2 Essai d'allumage non périodique	78
10.2.1 Objectifs	78
10.2.2 Valeurs d'essai et formes d'onde	78
10.2.3 Procédures d'essai	80
Figure 1 – Branche TSC	82
Figure 2 – Surintensité à une boucle	82
Figure 3 – Surintensité à deux boucles	84
Tableau 1 – Liste des essais de type et des essais facultatifs	12

Clause	Page
6.3 Dielectric tests between valve terminals	53
6.3.1 AC-DC test.....	53
6.3.2 Switching impulse test.....	57
6.4 Operational tests.....	61
6.4.1 Overcurrent tests	61
6.4.2 Minimum a.c. voltage test.....	63
6.4.3 Temperature rise test.....	65
7 Electromagnetic interference tests.....	65
7.1 Objectives.....	65
7.2 Test procedures	65
7.2.1 Switching impulse test.....	67
7.2.2 Non-periodic firing test	67
8 Production tests	67
8.1 Visual inspection	67
8.2 Connection check.....	69
8.3 Voltage-dividing/damping circuit check	69
8.4 Voltage withstand check.....	69
8.5 Check of auxiliaries	69
8.6 Firing check	69
8.7 Cooling system pressure test.....	69
9 Optional tests on TCR and TSR valves.....	69
9.1 Overcurrent test	69
9.1.1 Overcurrent with subsequent blocking	69
9.1.2 Overcurrent without blocking	71
9.2 Positive voltage transient during recovery test	73
9.2.1 Objectives.....	73
9.2.2 Test values and waveshapes	73
9.2.3 Test procedures.....	73
9.3 Non-periodic firing test	73
9.3.1 Objectives.....	73
9.3.2 Test values and waveshapes	73
9.3.3 Test procedures	77
10 Optional tests on TSC valves.....	77
10.1 Positive voltage transient during recovery test	77
10.1.1 Test objective.....	77
10.1.2 Test values and waveshapes	77
10.1.3 Test procedures	79
10.2 Non-periodic firing test	79
10.2.1 Objectives.....	79
10.2.2 Test values and waveshapes	79
10.2.3 Test procedures	81
Figure 1 – TSC branch.....	83
Figure 2 – One-loop overcurrent	83
Figure 3 – Two-loop overcurrent	85
Table 1 – List of type tests and operational tests.....	13

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÉLECTRONIQUE DE PUISSANCE POUR LES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION – ESSAIS DES VALVES À THYRISTORS POUR LES COMPENSATEURS STATIQUES D'ÉNERGIE RÉACTIVE

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique 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, spécifications techniques, 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 61954 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.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
22F/57/FDIS	22F/60/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.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

Le contenu du corrigendum de novembre 1999 a été pris en considération dans cet exemplaire.

Le comité a décidé que cette publication reste valable jusqu'en 2008. A cette date, selon décision préalable du comité, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée; ou
- amendée.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**POWER ELECTRONICS FOR ELECTRICAL TRANSMISSION
AND DISTRIBUTION SYSTEMS –
TESTING OF THYRISTOR VALVES
FOR STATIC VAR COMPENSATORS**

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 specifications, 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 61954 has been prepared by subcommittee 22F: Power electronics for electrical transmission and distribution systems, of IEC technical committee 22: Power electronics.

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

FDIS	Report on voting
22F/57/FDIS	22F/60/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.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

The contents of the corrigendum of November 1999 have been included in this copy.

The committee has decided that this publication remains valid until 2008. At this date, in accordance with the committee's decision, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition; or
- amended.

ÉLECTRONIQUE DE PUISSANCE POUR LES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION – ESSAIS DES VALVES À THYRISTORS POUR LES COMPENSATEURS STATIQUES D'ÉNERGIE RÉACTIVE

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale définit les essais de type, les essais de production et les essais facultatifs de valves à thyristors utilisées dans les bobines d'inductance commandées par thyristors (TCR), les bobines d'inductance commutées par thyristors (TSR) et les condensateurs commutés par thyristors (TSC) qui font partie des compensateurs statiques d'énergie réactive (SVC) pour des applications de système de puissance. Les prescriptions de la présente norme s'appliquent tant aux unités à valve unique (monophasées) qu'aux unités à valves multiples (polyphasées).

Les articles 4 à 7 décrivent, de manière détaillée, les essais de type, c'est-à-dire les essais effectués pour s'assurer que la conception des valves satisfait aux prescriptions spécifiées. L'article 8 traite des essais de production, c'est-à-dire les essais effectués pour vérifier la conformité de la fabrication. Les articles 9 et 10 décrivent, de manière détaillée, des essais facultatifs, c'est-à-dire des essais supplémentaires aux essais de type et de production.

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 CEI 61954. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la CEI 61954 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60060 (toutes les parties), *Techniques des essais à haute tension*

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

CEI 60060-2, *Techniques des essais à haute tension – Partie 2: Systèmes de mesure*

CEI 60071 (toutes les parties), *Coordination de l'isolement*

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

CEI 60270, *Mesure des décharges partielles*

CEI 60700-1:1998, *Valves à thyristors pour le transport d'énergie en courant continu à haute tension (CCHT) – Partie 1: Essais électriques*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent:

POWER ELECTRONICS FOR ELECTRICAL TRANSMISSION AND DISTRIBUTION SYSTEMS – TESTING OF THYRISTOR VALVES FOR STATIC VAR COMPENSATORS

1 Scope

This International Standard defines type, production and optional tests on thyristor valves used in thyristor controlled reactors (TCR), thyristor switched reactors (TSR) and thyristor switched capacitors (TSC) forming part of static VAR compensators (SVC) for power system applications. The requirements of the standard apply both to single valve units (one phase) and to multiple valve units (several phases).

Clauses 4 to 7 detail the type tests, i.e. tests which are carried out to verify that the valve design meets the requirements specified. Clause 8 covers the production tests, i.e. tests which are carried out to verify proper manufacturing. Clauses 9 and 10 detail optional tests, i.e. tests additional to the type and production tests.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of IEC 61954. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on IEC 61954 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60060 (all parts), *High-voltage test techniques*

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

IEC 60060-2, *High-voltage test techniques – Part 2: Measuring systems*

IEC 60071 (all parts), *Insulation co-ordination*

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

IEC 60270, *Partial discharge measurements*

IEC 60700-1:1998, *Thyristor valves for high-voltage direct current (HVDC) power transmission – Part 1: Electrical testing*

3 Definitions

For the purpose of this International Standard, the following definitions apply:

3.1

niveau de thyristor

plus petit ensemble constitué d'une paire de thyristors bidirectionnelle, de leurs auxiliaires directs pour allumage et protection ainsi que des composants diviseurs/amortisseurs de tension. Le niveau de thyristor peut comprendre des thyristors montés en parallèle pour chaque direction

3.2

chaîne de thyristors (séries)

thyristors montés en série constituant une section unidirectionnelle d'une valve à thyristors

3.3

bobine d'inductance de valve

bobine d'inductance intégrée à un certain nombre de valves pour limiter les contraintes. Pour les besoins des essais, la bobine est considérée comme une partie intégrante de la valve

3.4

section de valve

un certain nombre de niveaux de thyristors montés en série, ainsi que des bobines d'inductance de valves réparties (éventuellement) ayant les mêmes caractéristiques électriques que la valve équipée mais disposant uniquement d'une partie de la capacité de blocage à pleine tension de la valve et qui peuvent être utilisés pour des essais

3.5

valve à thyristor

ensemble combiné électriquement et mécaniquement de niveaux de thyristors, muni de toutes les connexions, composants auxiliaires et structures mécaniques nécessaires, qui peut être monté en série avec chaque phase de la bobine d'inductance ou du condensateur d'un compensateur statique d'énergie réactive (SVC)

3.6

structure de valve

structure physique qui isole les valves du niveau approprié au-dessus du potentiel de mise à la terre et les unes par rapport aux autres

3.7

électronique de base de la valve (EBV)

unité électronique au potentiel de mise à la terre, qui constitue l'interface entre les systèmes de commande du SVC et les valves pour tous les processus d'envoi d'informations d'allumage aux valves et de réception d'informations de contrôle et commande issues des valves

3.8

unité de valve multiple (UVM)

ensemble de plusieurs valves dans la même structure physique qui ne peut être séparé pour les essais (par exemple des valves triphasées)

3.9

niveaux de thyristors redondants

niveaux de thyristors dans la valve à thyristors qui peuvent être court-circuités tout en continuant à satisfaire à la qualité d'essais de type de la valve

3.10

protection contre les tensions de retournement (VBO)

moyen de protéger les thyristors contre les surtensions en les amorçant à une tension prédéterminée

3.1**thyristor level**

smallest assembly, consisting of a bi-directional pair of thyristors, their immediate auxiliaries for firing and protection and voltage dividing/damping components. The thyristor level can include parallel connected thyristors for each direction

3.2**thyristor (series) string**

series connected thyristors forming one direction of a thyristor valve

3.3**valve reactor**

reactor incorporated within some valves for limitation of stresses. For testing purposes it is considered an integral part of the valve

3.4**valve section**

number of series-connected thyristor levels, together with distributed valve reactors (if any), which exhibit the same electrical properties as the complete valve but only a portion of the full voltage blocking capability of the valve, and that can be used for tests

3.5**thyristor valve**

electrically and mechanically combined assembly of thyristor levels, complete with all connections, auxiliary components and mechanical structures, which can be connected in series with each phase of the reactor or capacitor of a SVC

3.6**valve structure**

physical structure which insulates the valves to the appropriate level above earth potential and from each other

3.7**valve base electronics (VBE)**

electronic unit at earth potential which is the interface between the SVC control system and the valves for all tasks concerning delivery of information to the valves for firing and of receiving information from the valves for control and monitoring

3.8**multiple valve unit (MVU)**

assembly of several valves in the same physical structure which cannot be separated for test purposes (e.g. three-phase valves)

3.9**redundant thyristor levels**

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

3.10**voltage breakover (VBO) protection**

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

4 Prescriptions générales pour les essais de type et les essais facultatifs

4.1 Résumé des essais

Le tableau ci-dessous fournit une liste des essais de type prescrits dans les articles et paragraphes ci-après.

Tableau 1 – Liste des essais de type et des essais facultatifs

Essai	Article ou paragraphe		Objet soumis à l'essai
	TCR/TSR	TSC	
Essais diélectriques entre bornes de valve et terre			
Essai en courant alternatif	5.1.1		Valve
Essai en courant alternatif/continu		6.1.1	Valve
Essai de tension de choc de foudre	5.1.2	6.1.2	Valve
Essais diélectriques entre valves (UVM uniquement)			
Essai en courant alternatif	5.2.1		UVM
Essai en courant alternatif/continu		6.2.1	UVM
Essai de tension de choc de foudre	5.2.2	6.2.2	UVM
Essais diélectriques entre bornes de valves			
Essai en courant alternatif	5.3.1		Valve
Essai en courant alternatif/continu		6.3.1	Valve
Essai de tension de choc de manœuvre	5.3.2	6.3.2	Valve
Essais opérationnels			
Essai d'allumage et d'extinction périodique	5.4.1		Valve ou section de valve
Essai de surintensité		6.4.1	Valve ou section de valve
Essai de tension alternative minimale	5.4.2	6.4.2	Valve ou section de valve
Essai d'échauffement	5.4.3	6.4.3	Valve ou section de valve
Essais de perturbations électromagnétiques			
Essai de tension de choc de manœuvre	7.2.1	7.2.1	Valve
Essai d'allumage non périodique	7.2.2	7.2.2	Valve
Essais de production			
Contrôle visuel	8.1	8.1	
Contrôle des connexions	8.2	8.2	
Contrôle du circuit de répartition des potentiels	8.3	8.3	
Contrôle de la tenue en tension	8.4	8.4	
Contrôle des auxiliaires	8.5	8.5	
Contrôle de l'allumage	8.6	8.6	
Essai de pression du circuit de refroidissement	8.7	8.7	
Essais facultatifs			
Essai de surintensité	9.1		Valve ou section de valve
Transitoire de tension positive au cours de l'essai de rétablissement	9.2	10.1	Valve ou section de valve
Essai d'allumage non périodique	9.3	10.2	Valve

4 General requirements for type and optional tests

4.1 Summary of tests

The table below lists the type tests given in the following clauses and subclauses.

Table 1 – List of type tests and optional tests

Test	Clause or subclause		Test object
	TCR/TSR	TSC	
Dielectric tests between valve terminals and earth			
AC test	5.1.1		Valve
AC-DC test		6.1.1	Valve
Lightning impulse test	5.1.2	6.1.2	Valve
Dielectric tests between valves (MVU only)			
AC test	5.2.1		MVU
AC-DC test		6.2.1	MVU
Lightning impulse test	5.2.2	6.2.2	MVU
Dielectric tests between valve terminals			
AC test	5.3.1		Valve
AC-DC test		6.3.1	Valve
Switching impulse test	5.3.2	6.3.2	Valve
Operational tests			
Periodic firing and extinction test	5.4.1		Valve or valve section
Overcurrent test		6.4.1	Valve or valve section
Minimum a.c. voltage test	5.4.2	6.4.2	Valve or valve section
Temperature rise test	5.4.3	6.4.3	Valve or valve section
Electromagnetic interference tests			
Switching impulse test	7.2.1	7.2.1	Valve
Non-periodic firing test	7.2.2	7.2.2	Valve
Production tests			
Visual inspection	8.1	8.1	
Connection check	8.2	8.2	
Voltage dividing/damping circuit check	8.3	8.3	
Voltage withstand check	8.4	8.4	
Check of auxiliaries	8.5	8.5	
Firing check	8.6	8.6	
Cooling system pressure test	8.7	8.7	
Optional tests			
Overcurrent test	9.1		Valve or valve section
Positive voltage transient during recovery test	9.2	10.1	Valve or valve section
Non-periodic firing test	9.3	10.2	Valve

4.2 Objectifs des essais

Les essais décrits s'appliquent à la valve (ou sections de valve), à la structure de la valve ainsi qu'aux parties du circuit de distribution du réfrigérant et des circuits d'allumage et de contrôle contenus dans la structure de la valve ou branchés entre la structure de la valve et la terre. D'autres équipements, tels que l'électronique de commande et de protection de la valve ainsi que l'électronique de base de la valve peuvent être nécessaires pour démontrer le fonctionnement correct de la valve durant l'essai mais ne sont pas eux-mêmes soumis aux essais.

4.2.1 Essais diélectriques

Les essais relatifs aux contraintes diélectriques suivantes sont spécifiés:

- tension alternative;
- tension alternative et continue combinée (TSC uniquement);
- tensions de choc.

Dans l'intérêt de la normalisation avec d'autres équipements, des essais de tension de choc de foudre entre bornes de la valve et terre ainsi qu'entre phases d'une UVM sont inclus. Pour des essais entre bornes de valve, seul l'essai de tension de choc de manœuvre est spécifié.

4.2.1.1 Essais sur la structure de la valve

Des essais sont définis pour les prescriptions de tenue en tension entre une valve (dont les bornes sont court-circuitées) et la terre, ainsi qu'entre valves d'une UVM. Les essais doivent démontrer que

- des distances d'isolement suffisantes ont été prévues pour éviter les contournements;
- il n'y a pas de décharges disruptives dans l'isolation de la structure de la valve, des conduits de refroidissement, des conduits de lumière et autres pièces d'isolement des circuits de transmission et de distribution des impulsions;
- les tensions d'apparition et d'extinction des décharges partielles dans des conditions de courant alternatif et de courant continu sont supérieures à la tension de service maximale en régime établi apparaissant sur la structure de la valve.

4.2.1.2 Essais entre bornes de valve

L'objet de ces essais est de vérifier la conception de la valve en termes de capacité à supporter des surtensions entre ses bornes. Les essais doivent démontrer que

- un isolement interne suffisant a été prévu pour permettre à la valve de supporter des tensions spécifiées;
- les tensions d'apparition et d'extinction des décharges partielles dans des conditions de courant alternatif et de courant continu sont supérieures à la tension de service maximale en régime établi apparaissant sur la structure de la valve;
- le système de protection contre les surtensions d'allumage (s'il est fourni) fonctionne comme prévu;
- les thyristors ont une capacité du/dt adéquate pour les conditions de service. (Dans la plupart des cas, les essais spécifiés sont suffisants; cependant, dans certains cas exceptionnels, il est admis que des essais supplémentaires soient prescrits).

4.2.2 Essais opérationnels

L'objet de ces essais est de vérifier la conception de la valve en termes de contraintes de tension et de courant combinés dans des conditions normales et anormales répétitives ainsi que dans des conditions de défaut transitoire. Ils doivent démontrer que, dans des conditions spécifiées:

4.2 Objectives of tests

The tests described apply to the valve (or valve sections), the valve structure and those parts of the coolant distribution system and firing and monitoring circuits which are contained within the valve structure or connected between the valve structure and earth. Other equipment, such as valve control and protection and valve base electronics may be essential for demonstrating the correct function of the valve during the tests but are not in themselves the subject of the tests.

4.2.1 Dielectric tests

Tests for the following dielectric stresses are specified:

- a.c. voltage;
- combined a.c. and d.c. voltage (TSC only);
- impulse voltages.

In the interest of standardization with other equipment, lightning impulse tests between valve terminals and earth and between phases of an MVU are included. For tests between valve terminals, the only impulse test specified is a switching impulse.

4.2.1.1 Tests on valve structure

Tests are defined for the voltage withstand requirements between a valve (with its terminals short-circuited) and earth, and also between valves for MVU. The tests shall demonstrate that

- sufficient clearances have been provided to prevent flashovers;
- there is no disruptive discharge in the insulation of the valve structure, cooling ducts, light guides and other insulation parts of the pulse transmission and distribution systems;
- partial discharge inception and extinction voltages under a.c. and d.c. conditions are above the maximum steady-state operating voltage appearing on the valve structure.

4.2.1.2 Tests between valve terminals

The purpose of these tests is to verify the design of the valve with respect to its capability to withstand overvoltages between its terminals. The tests shall demonstrate that

- sufficient internal insulation has been provided to enable the valve to withstand specified voltages;
- partial discharge inception and extinction voltages under a.c. and d.c. conditions are above the maximum steady-state operating voltage appearing on the valve;
- the protective overvoltage firing system (if provided) works as intended;
- the thyristors have adequate du/dt capability for in-service conditions. (In most cases the specified tests are sufficient; however in some exceptional cases additional tests may be required).

4.2.2 Operational tests

The purpose of these tests is to verify the valve design for combined voltage and current stresses under normal and abnormal repetitive conditions as well as under transient fault conditions. They shall demonstrate that, under specified conditions:

- la valve fonctionne correctement;
- les contraintes de tension et de courant de déblocage et de blocage s'inscrivent dans les capacités des thyristors et autres circuits internes;
- le refroidissement prévu est approprié et aucun composant n'est surchauffé;
- la capacité de la valve à supporter les surintensités est appropriée.

4.2.3 Essais de perturbations électromagnétiques

Le principal objectif de ces essais est de démontrer l'immunité de la valve aux perturbations électromagnétiques de l'intérieur et de l'extérieur de la valve. En général, l'immunité aux perturbations électromagnétiques est démontrée en surveillant la valve pendant d'autres essais.

4.2.4 Essais de production

L'objectif de ces essais est de vérifier la fabrication correcte de la valve. Les essais de production doivent démontrer que

- tous les matériaux, composants et sous-ensembles utilisés dans la valve ont été correctement installés;
- les équipements de la valve fonctionnent comme prévu et les paramètres prédéfinis s'inscrivent dans les limites d'acceptation prescrites;
- les niveaux de thyristors et valve ou sections de valve ont la capacité nécessaire de tenue en tension;
- une homogénéité et une uniformité de production sont réalisées.

4.2.5 Essais facultatifs

Les essais facultatifs sont des essais supplémentaires qui peuvent être effectués, sous réserve de l'accord entre l'acheteur et le fournisseur. Les objectifs sont les mêmes que pour les essais opérationnels spécifiés en 4.2.2.

4.3 Instructions pour l'exécution des essais de type et des essais facultatifs

Les principes suivants doivent s'appliquer:

- les essais de type doivent être effectués sur au moins une valve ou un nombre approprié de sections de valve, tel que spécifié, afin de s'assurer que la conception de la valve satisfait aux prescriptions spécifiées. Tous les essais de type doivent être effectués sur la ou les mêmes valves ou sections de valve;
- à condition de démontrer que la valve est similaire à une autre valve précédemment soumise aux essais, il est admis que le fournisseur soumette un rapport certifié de tout essai de type précédent dont les prescriptions sont au moins égales à celles qui sont spécifiées dans le contrat, en lieu et place de l'essai de type;
- certains essais de type peuvent être effectués soit sur une valve complète, soit sur des sections de valve, comme indiqué dans le tableau 1 (voir 4.1);
- pour les essais de type effectués sur les sections de valve, le nombre total de niveaux de thyristors soumis à ces essais de type doit être au moins égal au nombre de niveaux de thyristors dans une valve donnée;
- la valve ou les sections de valve utilisées pour les essais de type doivent au préalable réussir tous les essais de production. Une fois terminé le programme d'essai de type, la valve ou les sections de valve doivent être vérifiées de nouveau afin de s'assurer de leur conformité aux critères d'essais de production;
- un prélèvement aléatoire du matériel destiné aux essais de type doit être effectué;

- the valve functions properly;
- the turn-on and turn-off voltage and current stresses are within the capabilities of the thyristors and other internal circuits;
- the cooling provided is adequate and no component is overheated;
- the overcurrent withstand capability of the valve is adequate.

4.2.3 Electromagnetic interference tests

The principal objective of these tests is to demonstrate the immunity of the valve to electromagnetic interference from within the valve and from outside the valve. Generally, immunity to electromagnetic interference is demonstrated by monitoring of the valve during other tests.

4.2.4 Production tests

The objective of tests is to verify proper manufacture. The production tests shall demonstrate that

- all materials, components and sub-assemblies used in the valve have been correctly installed;
- the valve equipment functions as intended, and predefined parameters are within prescribed acceptance limits;
- thyristor levels and valve or valve sections have the necessary voltage withstand capability;
- consistency and uniformity in production is achieved.

4.2.5 Optional tests

Optional tests are additional tests which may be performed, subject to agreement between purchaser and supplier. The objectives are the same as for the operational tests specified in 4.2.2.

4.3 Guidelines for the performance of type and optional tests

The following principles shall apply:

- type tests shall be performed on at least one valve or on an appropriate number of valve sections, as specified, to verify that the valve design meets the specified requirements. All type tests shall be performed on the same valve(s) or valve section(s);
- provided that the valve is demonstrably similar to one previously tested, the supplier may submit a certified report of any previous type test, at least equal to the requirements specified in the contract, in lieu of the type test;
- certain type tests may be carried out either on a complete valve or on valve sections, as indicated in table 1 (see 4.1);
- for type tests performed on valve sections, the total number of thyristor levels subjected to such type tests shall be at least equal to the number of thyristor levels in a valve;
- the valve or valve sections used for type tests shall first pass all production tests. On completion of the type test programme, the valve or valve sections shall be checked again for compliance with the production test criteria;
- material for the type tests shall be selected at random;

- les essais diélectriques doivent être réalisés conformément à la CEI 60060-1 et à la CEI 60060-2, le cas échéant;
- il est admis d'effectuer les essais individuels dans n'importe quel ordre.

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

4.4 Conditions d'essai

4.4.1 Généralités

Les essais diélectriques doivent être réalisés sur des valves complètement montées tandis qu'il est admis d'effectuer certains essais opérationnels soit sur des valves complètes, soit sur des sections de valve. Les essais qui peuvent être effectués sur des sections de valve sont identifiés en 4.1.

4.4.1.1 Essais diélectriques

La valve doit être équipée de tous les composants auxiliaires à l'exception du parafoudre de la valve, s'il est utilisé. Sauf spécification contraire, l'électronique de la valve doit être alimentée. Les fluides de refroidissement et d'isolement doivent, notamment, être en un état représentatif des conditions de service tel que la conductivité, sauf pour ce qui concerne le débit et la teneur en agents antigel, qui peuvent être réduits. Si un objet ou un dispositif externe à la structure est nécessaire pour représenter de manière correcte les contraintes subies pendant l'essai, il doit également être présent ou simulé pendant l'essai. Les pièces métalliques de la structure de la valve (ou les autres valves dans une UVM) qui ne font pas partie de l'essai doivent être reliées ensemble et à la terre de manière convenable pour l'essai concerné.

Lorsque des valeurs normalisées sont utilisées pour les essais à la fréquence industrielle en courant alternatif et les essais de tenue aux chocs de foudre, conformément à la CEI 60071, les procédures normales décrites dans la CEI 60060 s'appliquent. Lorsque des niveaux d'essais non normalisés sont définis par la présente norme, un facteur de correction de la densité de l'air sur le site, k_d , tel que défini ci-dessous, doit être appliqué lorsque cela est indiqué.

La valeur de k_d doit être déterminée à partir de l'expression suivante:

$$k_d = \frac{b_1}{b_2} \times \frac{273 + T_2}{273 + T_1}$$

où

b_1 est la pression de l'air ambiant du laboratoire, exprimée en pascals (Pa);

T_1 est la température de l'air ambiant du laboratoire, exprimée en degrés Celsius (°C);

b_2 est l'atmosphère de référence normalisée de 101,3 kPa (c'est-à-dire 1 013 mbar), corrigée en fonction de l'altitude du site où les équipements seront installés;

T_2 est la température théorique maximale de l'air dans la salle de la valve, exprimée en degrés Celsius (°C).

4.4.1.2 Essais opérationnels

Lorsqu'il est spécifié qu'un essai peut être effectué sur une section de valve, il doit être dûment tenu compte des caractéristiques de conception particulières de la valve pour le choix du nombre de niveaux de thyristors soumis aux essais.

Il est quelquefois admis d'effectuer des essais opérationnels à une fréquence industrielle autre que la fréquence de service, par exemple 50 Hz au lieu de 60 Hz. Certaines contraintes

- the dielectric tests shall be performed in accordance with IEC 60060-1 and IEC 60060-2 where applicable;
- individual tests may be performed in any order.

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

4.4 Test conditions

4.4.1 General

Dielectric tests shall be performed on completely assembled valves, whereas some operational tests may be performed on either complete valves or valve sections. Tests that may be performed on valve sections are identified in 4.1.

4.4.1.1 Dielectric tests

The valve shall be assembled with all auxiliary components except for the valve arrester, if used. Unless otherwise specified, the valve electronics shall be energized. The cooling and insulating fluids in particular shall be in a condition that represents service conditions such as conductivity, except for the flow rate and antifreezing media content, which can be reduced. If any object or device external to the structure is necessary for proper representation of the stresses during the test, it shall also be present or simulated in the test. Metallic parts of the valve structure (or other valves in a MVU) which are not part of the test shall be shorted together and connected to earth in a manner appropriate to the test in question.

Where standard values for a.c. power frequency and lightning impulse tests per IEC 60071 are being used, the normal procedures as per IEC 60060 apply. Where non-standard test levels are defined by this standard, a site air density correction factor k_d , defined below shall be applied where stated.

The value of k_d shall be determined from the following expression:

$$k_d = \frac{b_1}{b_2} \times \frac{273 + T_2}{273 + T_1}$$

where

- b_1 is the laboratory ambient air pressure, expressed in pascals (Pa);
- T_1 is the laboratory ambient air temperature, expressed in degrees Celsius (°C);
- b_2 is the standard reference atmosphere of 101,3 kPa (i.e. 1 013 mbar), corrected to the altitude of the site at which the equipment will be installed;
- T_2 is the design maximum valve hall air temperature, expressed in degrees Celsius (°C).

4.4.1.2 Operational tests

When it is specified that a test may be performed on a valve section, full account shall be taken of the particular design characteristics of the valve when selecting the number of thyristor levels under test.

Sometimes, operational tests may be performed at a power frequency different from the service frequency, e.g. 50 Hz instead of 60 Hz. Some operational stresses such as switching

opérationnelles telles que l'affaiblissement dû à la commutation ou I^2t du courant de court-circuit sont affectées par la fréquence industrielle réelle utilisée au cours des essais. Dans ce cas, les conditions d'essai doivent être revues et des modifications appropriées doivent être mises en oeuvre afin de s'assurer que les contraintes de la valve sont au moins aussi sévères que si les essais étaient effectués à la fréquence de service.

Le réfrigérant doit être dans un état représentatif des conditions de service. Le débit et la température doivent être notamment réglés à leurs valeurs les plus défavorables pour l'essai en question. Il convient, de préférence, que la teneur en agents antigel soit équivalente aux conditions de service; cependant, lorsque cela n'est pas réalisable, un facteur de correction convenu entre le fournisseur et l'acheteur doit être appliqué.

4.4.2 Température de la valve au cours des essais

4.4.2.1 Température de la valve pour les essais diélectriques

Sauf spécification contraire, les essais doivent être effectués à température ambiante.

4.4.2.2 Température de la valve pour les essais opérationnels

Sauf spécification contraire, les essais doivent être effectués dans des conditions reproduisant la température de composant la plus élevée qui peut apparaître en fonctionnement réel.

Si plusieurs composants doivent être vérifiés par un essai donné, il peut être nécessaire d'effectuer le même essai dans des conditions différentes.

4.4.3 Niveaux de thyristors redondants

4.4.3.1 Essais diélectriques

Sauf indication contraire, tous les essais diélectriques d'une valve complète doivent être effectués en court-circuitant les niveaux de thyristors redondants.

4.4.3.2 Essais opérationnels

Les conditions d'essais opérationnels sont définies en 5.4 et 6.4.

4.5 Défaillances de composants admissibles au cours des essais de type

Un nombre limité de défaillances de thyristors et de composants auxiliaires est admis pendant les essais de type.

Les valves ou sections de valve doivent être contrôlées avant chaque essai, après tout essai d'étalonnage préliminaire et, de nouveau, après chaque essai de type afin de déterminer les éventuelles défaillances de thyristors ou de composants auxiliaires, pendant l'essai. Avant de poursuivre l'essai d'une valve, on doit remédier aux défaillances de thyristors ou de composants auxiliaires décelées à la fin d'un essai de type.

La défaillance d'un niveau de thyristor par court-circuit est admise dans tout essai de type. Si, suite à un essai de type, un niveau de thyristor est devenu court-circuité, le niveau en défaillance doit être rétabli et l'essai de type continué (voir 4.4.1 b) dans la CEI 60700-1). Au total, pour tous les essais de type dans leur ensemble, la défaillance par court-circuit de deux niveaux de thyristors est admise.

Outre les niveaux court-circuités, il ne doit pas y avoir plus de deux niveaux de thyristors présentant des défauts qui n'entraînent pas un court-circuit de niveaux de thyristors, décelés pendant le programme d'essai de type et les contrôles qui s'ensuivent.

losses or I^2t of short-circuit current are affected by the actual power frequency during tests. When this situation occurs, the test conditions shall be reviewed and appropriate changes made to ensure that the valve stresses are at least as severe as they would be if the tests were performed at the service frequency.

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. Antifreezing media content should, preferably, be equivalent to the service condition; however, where this is not practicable, a correction factor agreed between supplier and purchaser shall be applied.

4.4.2 Valve temperature at testing

4.4.2.1 Valve temperature for dielectric tests

Unless specified otherwise, tests shall be performed at room temperature.

4.4.2.2 Valve temperature for operational tests

Unless specified otherwise, tests shall be carried out under the conditions that produce the highest component temperature that may occur in real operation.

If several components are to be verified by a test, it may be necessary to carry out the same test under different conditions.

4.4.3 Redundant thyristor levels

4.4.3.1 Dielectric tests

All dielectric tests on a complete valve shall be carried out with redundant thyristor levels short-circuited, except where otherwise indicated.

4.4.3.2 Operational tests

The conditions for the operational tests are defined under 5.4 and 6.4.

4.5 Permissible component failures during type testing

A limited number of thyristor and auxiliary component failures is permitted during the type tests.

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

One thyristor level is permitted to fail due to short-circuiting in any type test. If, following a type test, one thyristor level has become short-circuited, then the failed level shall be restored and the type test continued (see 4.4.1 b) in IEC 60700-1). A total of two thyristor levels are permitted to fail due to short-circuiting in all type tests together.

In addition to short-circuited levels, the total number of thyristor levels exhibiting faults that do not result in thyristor level short circuit, which are discovered during the type test programme and the subsequent check, shall not exceed two.

La répartition des niveaux court-circuités et des autres défauts de niveaux de thyristors à la fin de tous les essais de type doit être essentiellement aléatoire et ne doit pas présenter de modèles indiquant une éventuelle inadéquation de la conception.

4.6 Documentation des résultats d'essai

4.6.1 Rapports d'essai à émettre

Le fournisseur doit fournir des rapports d'essai certifiés de tous les essais de type effectués sur les valves ou les sections de valve.

Les enregistrements d'essai pour les résultats des essais individuels de série doivent être fournis par le fournisseur.

4.6.2 Contenu d'un rapport d'essai de type

Un rapport des essais de type réalisés sur des valves à thyristor doit être produit. Le rapport doit comprendre ce qui suit:

- a) des informations générales telles que:
 - l'identification de l'équipement soumis à l'essai (par exemple type et caractéristiques assignées, numéro de dessin, numéro de série, etc.);
 - l'identification des principales parties des objets soumis aux essais (par exemple thyristors, bobines d'inductance de valve, cartes de circuit imprimé, etc.);
 - le nom et l'emplacement de l'installation où l'essai a été effectué;
 - les conditions applicables, le cas échéant (par exemple température, humidité et pression barométrique pendant les essais diélectriques, etc.);
 - la référence à la spécification d'essai;
 - les dates des essais;
 - le ou les noms et signatures du personnel responsable;
 - la signature du contrôleur de l'acheteur (s'il était présent) et visa d'approbation (s'il est exigé);
- b) description des sources d'énergie (par exemple générateur de tension de choc, source de tension continue, etc.) utilisées pour l'essai particulier, telles que le nom du fabricant, les caractéristiques assignées, les propriétés, etc.;
- c) description de l'instrumentation de mesure, y compris les informations sur la précision garantie et la date du dernier étalonnage;
- d) les informations détaillées sur le dispositif utilisé pour chaque essai (par exemple schéma de circuit);
- e) description des procédures d'essai;
- f) toutes dérogations ou écarts convenus;
- g) résultats sous forme de tableau, y compris les photographies, oscillogrammes, graphiques , etc.;
- h) rapports de défaillances de composants ou autres événements inhabituels;
- i) conclusions et recommandations éventuelles.

5 Essais de type des valves TCR et TSR

5.1 Essais diélectriques entre bornes de valve et terre

Pour ces essais, chaque niveau de thyristor doit être court-circuité.

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

4.6 Documentation of test results

4.6.1 Test reports to be issued

The supplier shall provide certified test reports of all type tests performed on the valves or valve sections.

Test records on the result of routine tests shall be provided by the supplier.

4.6.2 Contents of a type test report

A report on the type tests conducted on the thyristor valves shall be produced. The report shall include the following:

- a) general data such as:
 - identification of the equipment tested (e.g. type and ratings, drawing number, serial number, etc.);
 - identification of major parts of the test objects (e.g. thyristors, valve reactors, printed circuit cards, etc.);
 - name and location of the facility where the test was carried out;
 - relevant circumstances wherever necessary (e.g. temperature, humidity and barometric pressure during the dielectric tests, etc.);
 - reference to the test specification;
 - dates of the tests;
 - name(s) and signature(s) of the personnel responsible;
 - signature of the purchaser's inspector (if present) and the sign of his approval (if required);
- b) description of power sources (i.e. impulse voltage generator, d.c. voltage source, etc.) used for the particular test, such as the name of the manufacturer, ratings, characteristics, etc.;
- c) description of the measuring instrumentation, including information on guaranteed accuracy and date of the last calibration;
- d) detailed information on the arrangement for each test (e.g. circuit diagram);
- e) description of the test procedures;
- f) any agreed deviations or waivers;
- g) tabulated results including photographs, oscillograms, graphs, etc.;
- h) reports on component failures or other unusual events;
- i) conclusions and recommendations, if any.

5 Type tests on TCR and TSR valves

5.1 Dielectric tests between valve terminals and earth

For these tests, each thyristor level shall be short-circuited.

Pour des valves appartenant à une unité de valve multiple (UVM), chaque niveau de thyristor des autres valves dans la même structure doit être court-circuité et relié à la terre. Les essais doivent être répétés pour chaque valve de l'UVM à moins que la disposition physique de l'UVM rende ces essais inutiles.

5.1.1 Essai en courant alternatif

5.1.1.1 Objectifs

Voir 4.2.1.1.

5.1.1.2 Valeurs d'essai et formes d'onde

U_{ts1} et U_{ts2} ont des formes d'onde sinusoïdales d'une fréquence de 50 Hz ou 60 Hz selon les installations d'essai. U_{ts1} est la tension de tenue normalisée de courte durée à fréquence industrielle selon la CEI 60071-1, tableau 2. U_{ts2} doit être calculée à partir de la formule suivante:

$$U_{ts2} = \frac{k_{s2} \times U_{ms2}}{\sqrt{2}}$$

où

U_{ms2} est la valeur crête de la tension maximale de service en régime établi, y compris les dépassements d'extinction apparaissant entre toute borne de la valve et la terre;

k_{s2} est un facteur de sécurité d'essai;

$k_{s2} = 1,2$.

5.1.1.3 Procédures d'essai

L'essai consiste à appliquer les tensions d'essai spécifiées U_{ts1} et U_{ts2} pendant la durée spécifiée entre les deux bornes de la valve interconnectées et la terre.

- Elever la tension de 50 % à 100 % de U_{ts1} .
- Maintenir U_{ts1} pendant 1 min.
- Réduire la tension à U_{ts2} .
- Maintenir U_{ts2} pendant 10 min, enregistrer le niveau de décharges partielles puis réduire la tension à zéro.
- La valeur crête des décharges partielles périodiques enregistrée pendant la dernière minute de l'étape d) doit être inférieure à 200 pC, à condition que les composants qui sont sensibles aux décharges partielles dans la valve aient été soumis aux essais de manière séparée, ou, en remplacement, 50 pC dans le cas contraire.
- Les tensions d'apparition et d'extinction doivent être mesurées conformément à la CEI 60270. La valeur crête de la tension d'extinction doit être supérieure à U_{ms2} .

5.1.2 Essai de tension de choc de foudre

5.1.2.1 Objectifs

Voir 4.2.1.1.

5.1.2.2 Valeurs d'essai et formes d'onde

Une forme d'onde normalisée de 1,2/50 µs doit être utilisée.

For valves belonging to a multiple valve unit (MVU), each thyristor level of other valves in the same structure shall be short-circuited and connected to earth. The tests shall be repeated for each valve of the MVU unless the physical arrangement of the MVU makes it unnecessary.

5.1.1 AC test

5.1.1.1 Objectives

See 4.2.1.1.

5.1.1.2 Test values and waveshapes

U_{ts1} and U_{ts2} have sinusoidal waveshapes with a frequency of 50 Hz or 60 Hz, depending on the test facilities. U_{ts1} is the standard short-duration power-frequency withstand voltage according to IEC 60071-1, table 2. U_{ts2} shall be calculated from the following:

$$U_{ts2} = \frac{k_{s2} \times U_{ms2}}{\sqrt{2}}$$

where

U_{ms2} is the peak value of the maximum steady-state operating voltage, including extinction overshoot, appearing between any valve terminal and earth;

k_{s2} is a test safety factor;

$k_{s2} = 1,2$.

5.1.1.3 Test procedures

The test consists of applying the specified test voltages U_{ts1} and U_{ts2} for the specified duration between the two interconnected valve terminals and earth.

- Raise the voltage from 50 % to 100 % of U_{ts1} .
- Maintain U_{ts1} for 1 min.
- Reduce the voltage to U_{ts2} .
- Maintain U_{ts2} for 10 min, record the partial discharge level and then reduce the voltage to zero.
- The peak value of the periodic partial discharge recorded during the last minute of step d) shall be less than 200 pC, provided that the components which are sensitive to partial discharge in the valve have been separately tested, or alternatively, 50 pC if they have not.
- The measurement of inception and extinction voltage shall be performed in accordance with IEC 60270. The peak value of the extinction voltage shall be above U_{ms2} .

5.1.2 Lightning impulse test

5.1.2.1 Objectives

See 4.2.1.1.

5.1.2.2 Test values and waveshapes

A standard 1,2/50 μ s waveshape shall be used.

La valeur crête de la tension d'essai est la tension de tenue normalisée aux chocs de foudre selon la CEI 60071-1, tableau 2 ou 3.

5.1.2.3 Procédures d'essai

L'essai doit comprendre trois applications de tension de choc de foudre de polarité positive et trois applications de tension de choc de foudre de polarité négative entre la terre et les deux bornes de la valve reliées ensemble.

5.2 Essais diélectriques entre valves (UVM uniquement)

Pour ces essais, chaque niveau de thyristor dans chaque valve doit être court-circuité.

Les essais doivent être recommencés pour vérifier l'isolement entre chaque paire de valves placée dans la même structure, à moins que la disposition physique de l'UVM ne les rende inutiles.

5.2.1 Essai en courant alternatif

5.2.1.1 Objectifs

Voir 4.2.1.1.

5.2.1.2 Valeurs d'essai et formes d'onde

U_{ts1} et U_{ts2} ont des formes d'onde sinusoïdales d'une fréquence de 50 Hz ou 60 Hz selon les installations d'essai. U_{ts1} est la tension de tenue normalisée de courte durée à fréquence industrielle selon la CEI 60071-1, tableau 2. U_{ts2} doit être calculée à partir de la formule suivante:

$$U_{ts2} = \frac{k_{s2} \times U_{ms3}}{\sqrt{2}}$$

où

U_{ms3} est la valeur crête de la tension maximale de service en régime établi, y compris les dépassements d'extinction apparaissant entre les valves;

k_{s2} est un facteur de sécurité d'essai;

$k_{s2} \leq 1,2$.

5.2.1.3 Procédures d'essai

L'essai consiste à appliquer les tensions d'essai spécifiées U_{ts1} et U_{ts2} pendant la durée spécifiée entre les valves.

- Elever la tension de 50 % à 100 % de U_{ts1} .
- Maintenir U_{ts1} pendant 1 min.
- Réduire la tension à U_{ts2} .
- Maintenir U_{ts2} pendant 10 min, enregistrer le niveau des décharges partielles puis réduire la tension à zéro.
- La valeur crête des décharges partielles périodiques enregistrée pendant la dernière minute de l'étape d) doit être inférieure à 200 pC, à condition que les composants qui sont sensibles aux décharges partielles dans la valve aient été soumis aux essais de manière séparée, ou, en remplacement, 50 pC dans le cas contraire.
- Les tensions d'apparition et d'extinction doivent être mesurées conformément à la CEI 60270. La valeur crête de la tension d'extinction doit être supérieure à U_{ms3} .

The peak value of the test voltage is the standard lightning impulse withstand voltage according to IEC 60071-1, table 2 or 3.

5.1.2.3 Test procedures

The test shall comprise three applications of positive-polarity and three applications of negative-polarity lightning impulse voltages between the earth and the two valve terminals connected together.

5.2 Dielectric tests between valves (MVU only)

For these tests, each thyristor level in each valve shall be short-circuited.

The tests shall be repeated to verify the insulation between any two valves located in the same structure, unless the physical arrangement of the MVU makes it unnecessary.

5.2.1 AC test

5.2.1.1 Objectives

See 4.2.1.1.

5.2.1.2 Test values and waveshapes

U_{ts1} and U_{ts2} have sinusoidal waveshapes with a frequency of 50 Hz or 60 Hz depending on the test facilities. U_{ts1} is the standard short-duration power-frequency withstand voltage according to IEC 60071-1, table 2. U_{ts2} shall be calculated from the following equation:

$$U_{ts2} = \frac{k_{s2} \times U_{ms3}}{\sqrt{2}}$$

where

U_{ms3} is the peak value of the maximum steady-state operating voltage, including extinction overshoot, appearing between valves;

k_{s2} is a test safety factor,

$k_{s2} = 1,2$

5.2.1.3 Test procedures

The test consists of applying the specified test voltages U_{ts1} and U_{ts2} for the specified duration between the valves.

- Raise the voltage from 50 % to 100 % of U_{ts1} .
- Maintain U_{ts1} for 1 min.
- Reduce the voltage to U_{ts2} .
- Maintain U_{ts2} for 10 min, record the partial discharge level and then reduce the voltage to zero.
- The peak value of the periodic partial discharge recorded during the last minute of step d) shall be less than 200 pC, provided that the components which are sensitive to partial discharge in the valve have been separately, or alternatively 50 pC if they have not.
- The measurement of inception and extinction voltage shall be performed in accordance with IEC 60270. The peak value of the extinction voltage shall be above U_{ms3} .

5.2.2 Essai de tension de choc de foudre

5.2.2.1 Objectifs

Voir 4.2.1.1.

5.2.2.2 Valeurs d'essai et formes d'onde

Une forme d'onde normalisée de 1,2/50 µs doit être utilisée.

La valeur crête de la tension d'essai est la tension de tenue normalisée aux chocs de foudre selon la CEI 60071-1, tableau 2 ou 3.

5.2.2.3 Procédures d'essai

L'essai doit comprendre trois applications de tension de choc de foudre de polarité positive et trois applications de tension de choc de foudre de polarité négative entre les valves.

5.3 Essais diélectriques entre bornes de valve

Pour des valves appartenant à une unité de valve multiple, il est nécessaire d'effectuer ces essais uniquement sur une valve. Chaque niveau de thyristor des autres valves dans la même structure doit être court-circuité et relié à la terre.

5.3.1 Essai en courant alternatif

5.3.1.1 Objectifs

Voir 4.2.1.2.

5.3.1.2 Valeurs d'essai et formes d'onde

U_{tv1} et U_{tv2} ont des formes d'onde sinusoïdales d'une fréquence de 50 Hz ou 60 Hz selon les installations d'essai.

La valeur de la tension d'essai U_{tv1} dépend du système de protection de la valve et est égale à la plus faible des valeurs de U_{tv11} et U_{tv12} . Lorsque ni U_{tv11} ni U_{tv12} ne peuvent être déterminées, U_{tv13} doit être utilisée.

U_{tv11} est déterminée par l'allumage de protection VBO de la valve;

U_{tv12} est déterminée par le niveau de protection des parafoudres;

U_{tv13} est déterminée par la surtension temporaire maximale qui peut avoir lieu.

U_{tv11} , U_{tv12} et U_{tv13} doivent être évaluées comme suit:

$$U_{tv11} = \frac{k_{s11} \times U_1}{\sqrt{2}}$$

où

U_1 est la valeur instantanée maximale de la tension entre bornes de la valve qui est garantie pour ne pas déclencher le système d'allumage de protection VBO, s'il est utilisé;

k_{s11} est un facteur de sécurité d'essai;

$k_{s11} = 0,95$.

5.2.2 Lightning impulse test

5.2.2.1 Objectives

See 4.2.1.1.

5.2.2.2 Test values and waveshapes

A standard 1,2/50 µs waveshape shall be used.

The peak value of the test voltage is the standard lightning impulse withstand voltage according to IEC 60071-1, table 2 or 3.

5.2.2.3 Test procedures

The test shall comprise three applications of positive-polarity and three applications of negative-polarity lightning impulse voltages between valves.

5.3 Dielectric tests between valve terminals

For valves belonging to a multiple valve unit, these tests need only be performed on one valve. Each thyristor level of other valves in the same structure shall be short-circuited and connected to earth.

5.3.1 AC test

5.3.1.1 Objectives

See 4.2.1.2.

5.3.1.2 Test values and waveshapes

U_{tv1} and U_{tv2} have sinusoidal waveshapes with a frequency of 50 Hz or 60 Hz depending on the test facilities.

The value of the test voltage U_{tv1} depends on the protection system of the valve and is equal to the smaller of U_{tv11} and U_{tv12} . Where neither U_{tv11} nor U_{tv12} can be determined, U_{tv13} shall be used.

U_{tv11} is determined by the VBO protective firing of the valve;

U_{tv12} is determined by the protective action of the arresters;

U_{tv13} is determined by the maximum temporary overvoltage that can occur.

U_{tv11} , U_{tv12} and U_{tv13} shall be evaluated as follows:

$$U_{tv11} = \frac{k_{s11} \times U_1}{\sqrt{2}}$$

where

U_1 is the maximum instantaneous value of the valve terminal-to-terminal voltage that is guaranteed not to initiate the VBO protective firing system, if fitted;

k_{s11} is a test safety factor;

$k_{s11} = 0,95$.

$$U_{tv12} = \frac{k_{s12} \times U_2}{\sqrt{2}}$$

où

U_2 est la tension de protection du parafoudre, s'il est utilisé, branché entre les bornes de la valve;

k_{s12} est un facteur de sécurité d'essai;

$k_{s12} = 1,1$.

$$U_{tv13} = \frac{k_{s13} \times U_3}{\sqrt{2}}$$

où

U_3 est la valeur crête de la surtension répétitive maximale, y compris les dépassements d'extinction, entre les bornes de la valve pour l'état de surtension temporaire le plus sévère spécifié;

k_{s13} est un facteur de sécurité d'essai;

$k_{s13} = 1,3$.

NOTE – L'essai prescrit peut appliquer sur certains composants de la valve des surcontraintes thermiques irréalistes. Dans ce cas, et sous réserve de l'accord entre l'acheteur et le fournisseur, l'essai de tenue en tension alternative de 1 min peut être remplacé par plusieurs essais plus courts dont la durée minimale est déterminée sur la base de la durée maximale possible de la condition de surtension spécifiée multipliée par 2, mais d'une durée totale d'au moins 1 min.

La tension d'essai U_{tv2} doit être choisie parmi la valeur la plus faible de U_{tv1} et U_{tv21} :

$$U_{tv21} = \frac{k_{s2} \times U_{mv2}}{\sqrt{2}}$$

où

U_{mv2} est la valeur crête de la tension répétitive maximale, y compris les dépassements d'extinction, apparaissant entre les bornes de la valve pendant l'état de service en régime établi le plus sévère;

k_{s2} est un facteur de sécurité d'essai;

$k_{s2} = 1,2$.

5.3.1.3 Procédures d'essai

L'essai consiste à appliquer les tensions d'essai spécifiées pendant la durée spécifiée entre les deux bornes de la valve. Une borne de la valve peut être mise à la terre.

- Elever la tension de 50 % à 100 % de U_{tv1} .
- Maintenir U_{tv1} pendant 1 min.
- Réduire la tension à U_{tv2} .
- Maintenir U_{tv2} pendant 10 min, enregistrer le niveau des décharges partielles puis réduire la tension à zéro.
- La valeur crête des décharges partielles périodiques enregistrée pendant la dernière minute de l'étape d) doit être inférieure à 200 pC, à condition que les composants qui sont sensibles aux décharges partielles dans la valve aient été soumis aux essais de manière séparée, ou, en remplacement, 50 pC dans le cas contraire.

$$U_{tv12} = \frac{k_{s12} \times U_2}{\sqrt{2}}$$

where

U_2 is the protective voltage of the arrester, if fitted, connected across the valve terminals;

k_{s12} is a test safety factor;

$k_{s12} = 1,1$.

$$U_{tv13} = \frac{k_{s13} \times U_3}{\sqrt{2}}$$

where

U_3 is the peak value of maximum repetitive overvoltage, including extinction overshoot, across the valve terminals for the most severe temporary overvoltage condition specified;

k_{s13} is a test safety factor;

$k_{s13} = 1,3$.

NOTE – The prescribed test may thermally overstress some valve components unrealistically. Where this is the case, subject to agreement between purchaser and supplier, the 1 min a.c. voltage withstand test may be replaced by several shorter tests whose minimum duration is determined from the maximum possible duration of the specified overvoltage condition multiplied by 2, but with a total duration of not less than 1 min.

The test voltage U_{tv2} shall be the smaller of U_{tv1} and U_{tv21} :

$$U_{tv21} = \frac{k_{s2} \times U_{mv2}}{\sqrt{2}}$$

where

U_{mv2} is the peak value of the maximum repetitive voltage, including extinction overshoot, appearing between valve terminals during the most severe steady-state operating condition;

k_{s2} is a test safety factor;

$k_{s2} = 1,2$.

5.3.1.3 Test procedures

The test procedure consists of applying the specified test voltages, for the specified duration, between the two valve terminals. One terminal of the valve may be earthed.

- Raise the voltage from 50 % to 100 % U_{tv1} .
- Maintain U_{tv1} for 1 min.
- Reduce the voltage to U_{tv2} .
- Maintain U_{tv2} for 10 min, record the partial discharge level and reduce the voltage to zero.
- The peak value of the periodic partial discharge recorded during the last minute of step d) shall be less than 200 pC, provided that the components which are sensitive to partial discharge in the valve have been separately tested, or alternatively 50 pC if they have not.

- f) Les tensions d'apparition et d'extinction doivent être mesurées conformément à la CEI 60270. La valeur crête de la tension d'extinction doit être supérieure à U_{mv2} .

Si l'allumage de protection VBO est fourni, il ne doit pas fonctionner pendant cet essai.

5.3.2 Essai de tension de choc de manœuvre

5.3.2.1 Objectifs

Voir 4.2.1.2. Un objectif supplémentaire est de vérifier l'insensibilité de la valve aux perturbations électromagnétiques (voir l'article 7).

5.3.2.2 Valeurs d'essai et formes d'onde

Forme d'onde 1: Utiliser une forme d'onde de 20/200 μ s qui représente, autant que possible, une forme d'onde d'extinction type ou une approximation de remplacement confirmée par les études de système.

Forme d'onde 2: utiliser une forme d'onde normalisée de 250/2 500 μ s.

a) Essai 1

Cet essai est destiné à vérifier que le système d'allumage de protection de la valve (s'il est applicable à la conception de la valve) ne fonctionnera pas pour des valeurs de tension inférieure à la tension d'essai.

La tension d'essai U_{tsv1} est déterminée de la manière suivante:

$$U_{tsv1} = k_s \times U_{pf} \text{ (formes d'onde 1 et 2)}$$

où

U_{pf} est la valeur de la tension de choc que la valve doit supporter sans déclencher un fonctionnement du système d'allumage de protection dans des conditions de service;

k_s est un facteur de sécurité d'essai;

$k_s = 1,05$.

b) Essai 2

Cet essai est destiné à vérifier l'isolement de la valve et le fonctionnement correct du système d'allumage de protection (s'il est applicable à la conception de la valve).

– Valves protégées par des parafoudres:

La tension d'essai présumée U_{tsv2} est déterminée de la manière suivante:

$$U_{tsv2} = k_s \times U_{cms} \text{ (formes d'onde 1 et 2)}$$

où

U_{cms} est le niveau de protection du parafoudre;

k_s est un facteur de sécurité d'essai;

$k_s = 1,1$.

- f) The measurement of inception and extinction voltage shall be performed in accordance with IEC 60270. The peak value of the extinction voltage shall be above U_{mv2} .

If protective VBO firing is provided, it shall not operate during this test.

5.3.2 Switching impulse test

5.3.2.1 Objectives

See 4.2.1.2. An additional objective is to verify the electromagnetic interference insensitivity of the valve (see clause 7).

5.3.2.2 Test values and waveshapes

- Waveshape 1:

Use a 20/200 μ s waveshape, which approximates a typical extinction waveshape, or an alternative approximation if supported by system studies.

- Waveshape 2:

Use a standard 250/2 500 μ s waveshape.

a) Test 1

This test is intended to verify that the protective firing system of the valve (if applicable to the valve design) will not operate for voltage values up to the test voltage.

The test voltage U_{tsv1} is determined as follows:

$$U_{tsv1} = k_s \times U_{pf} \text{ (waveshapes 1 and 2)}$$

where

U_{pf} is the value of surge voltage that the valve shall withstand without initiating operation of the protective firing system under service conditions;

k_s is a test safety factor;

$k_s = 1,05$.

b) Test 2

This test is intended to verify the valve insulation and the proper operation of the protective firing system (if applicable to the valve design).

- Valves protected by surge arresters:

The prospective test voltage U_{tsv2} is determined as follows:

$$U_{tsv2} = k_s \times U_{cms} \text{ (waveshapes 1 and 2)}$$

where

U_{cms} is the arrester protective level;

k_s is a test safety factor;

$k_s = 1,1$.

– Valves protégées par VBO:

La tension d'essai présumée U_{tsv2} est déterminée de la manière suivante:

$$U_{tsv2} = k_s \times U_{VBO} \text{ (formes d'onde 1 et 2)}$$

où

U_{VBO} est le niveau de tension maximal de protection VBO avec les niveaux de thyristors redondants opérationnels;

k_s est un facteur de sécurité d'essai;

$k_s = 1,1$.

Les limites supérieure et inférieure du seuil d'allumage de protection VBO, les niveaux de thyristors redondants étant opérationnels, doivent être confirmées par le fabricant, et un contrôle doit être effectué pour s'assurer que la tension observée à l'allumage s'inscrit entre ces deux limites.

a) Essai 3

Cet essai est destiné à vérifier l'isolement de la valve lorsque ni des parafoudres ni des VBO ne sont utilisés.

$$U_{tsv2} = k_s \times U_{cms} \text{ (formes d'onde 1 et 2)}$$

où

U_{cms} est la tension de choc de manœuvre présumée, selon la CEI 60071 ou tel que déterminée par des études de coordination de l'isolement;

k_s est un facteur de sécurité d'essai;

$k_s = 1,3$.

La valve doit supporter la tension d'essai sans commutation ou rupture de l'isolement.

5.3.2.3 Procédures d'essai

Pour chacun de ces essais, trois applications de tension de choc de manœuvre de chaque polarité doivent être effectuées entre les bornes de la valve, l'une des bornes étant mise à la terre.

Au lieu d'inverser la polarité du générateur de surtension, il est admis d'effectuer l'essai avec une polarité de ce générateur et en inversant les bornes de la valve.

Trois essais sont spécifiés en fonction de la conception.

Des conditions supplémentaires particulières sont énumérées ci-dessous.

a) Essai 1

Le système d'allumage de protection de la valve est à l'état opérationnel, et la tension d'essai est inférieure au niveau d'allumage, en tenant compte de la présence d'un parafoudre de valve s'il est prévu dans la conception.

Pendant l'essai, il ne doit pas y avoir d'allumage de la valve par un éventuel système de commande ou de protection.

– Valves protected by VBO:

The prospective test voltage U_{tsv2} is determined as follows:

$$U_{tsv2} = k_s \times U_{VBO} \text{ (waveshapes 1 and 2)}$$

where

U_{VBO} is the maximum VBO protective voltage level with redundant thyristor levels operational;

k_s is a test safety factor;

$k_s = 1,1$.

The upper and lower limits of the protective VBO firing threshold, with the redundant thyristor levels operational, shall be stated by the manufacturer and a check made that the observed voltage at firing lies between the two limits.

c) Test 3

This test is intended to verify the valve insulation when neither arresters nor VBOs are used.

$$U_{tsv2} = k_s \times U_{cms} \text{ (waveshapes 1 and 2)}$$

where

U_{cms} is the switching impulse prospective voltage according to IEC 60071, or as determined by insulation coordination studies;

k_s is a test safety factor;

$k_s = 1,3$.

The valve shall withstand the test voltage without switching or insulation breakdown.

5.3.2.3 Test procedures

For any of these tests, three applications of switching impulse voltages of each polarity shall be applied between the valve terminals, with one terminal earthed.

Instead of reversing the polarity of the surge generator, the test may be performed with one polarity of the surge generator and reversing the valve terminals.

Three tests are specified depending on the design.

Special additional conditions are listed below.

1) Test 1

The valve protective firing system is operational and the test voltage below the firing level, taking into account the presence of a valve arrester if one is included in the design.

The valve shall not be fired by any control or protective system during this test.

b) Essai 2

Le système d'allumage de protection de la valve est opérationnel, la tension supérieure au niveau d'allumage (le cas échéant).

Lorsque l'allumage VBO est fondé sur des mesures de tension de niveaux de thyristors individuels, l'essai doit être effectué avec les niveaux de thyristors redondants à l'état opérationnel.

5.4 Essais opérationnels

5.4.1 Essai d'extinction et d'allumage périodique

5.4.1.1 Objectifs

Le principal objectif de cet essai est de démontrer la capacité de manœuvre de la valve à des tensions et des courants élevés, pendant des opérations de blocage et de déblocage périodiques. Cet essai vérifie également le fonctionnement correct du circuit de diviseur/amortisseur des potentiels, prévu pour assurer une distribution uniforme de la tension.

Si la conception de la valve permet un fonctionnement en continu de l'allumage de protection individuel (tel que VBO), cet essai doit être utilisé pour vérifier le fonctionnement fiable du circuit d'allumage de protection proprement dit et du circuit d'amortissement au niveau de thyristor concerné.

5.4.1.2 Valeurs d'essai et formes d'onde

Il convient de démontrer la capacité de la valve à supporter les contraintes de tension et de courant combinés, résultant de surtension temporaire. Par conséquent, les conditions d'essai doivent correspondre – en fonction du temps – à la surtension du système la plus défavorable spécifiée (cycle de charge) pour laquelle il faut que le SVC reste en service, en tenant compte des caractéristiques de commande et de protection de l'installation. On doit, notamment, démontrer que la valve peut bloquer les tensions les plus élevées (y compris les dépassements d'extinction) combinées aux températures maximales de jonction du thyristor données par le cycle de charge.

La valve ou les sections de valve doivent être soumises à des formes d'onde de courant et de tension aussi proches que possible de celles que subit la valve pendant l'allumage et l'extinction, pour les conditions de service les plus critiques spécifiées ci-dessous. L'intervalle de temps le plus intéressant pour l'allumage est le premier 10-20 μ s tandis que, pour l'extinction, l'intervalle considéré s'inscrit entre 0,2 ms avant et 1 ms après la valeur de courant nulle.

Les conditions suivantes doivent, notamment, être aussi sévères que les conditions de service:

- amplitudes de tension au blocage et au déblocage;
- di/dt au déblocage et au moins pendant 0,2 ms avant la valeur de courant nulle;
- la température de jonction du thyristor.

Les facteurs ci-dessous doivent aussi être pris en compte:

- la représentation de la capacité parasite entre bornes de la valve;
- amplitude et durée suffisantes du courant de charge pour réaliser une pleine conduction de la jonction du thyristor.

b) Test 2

The valve protective firing system is operational and the voltage above the firing level (if applicable).

Where the VBO firing is based on measurements of voltage on individual thyristor levels, the test shall be performed with the redundant thyristor levels operational.

5.4 Operational tests**5.4.1 Periodic firing and extinction test****5.4.1.1 Objectives**

The main objective of this test is to demonstrate the valve switching capability at elevated voltage and current, during periodic turn-on and turn-off operation. This test also verifies the proper operation of the dividing/damping network provided to ensure uniform voltage distribution.

If the valve design allows continuous operation of individual protective firing (such as VBO), this test shall be used to verify reliable operation of the protective firing circuit itself and the damping circuit at the affected thyristor level.

5.4.1.2 Test values and waveshapes

The valve should be shown to withstand the combined voltage and current stresses resulting from temporary overvoltage. Therefore, the test conditions shall correspond to the specified worst-case, time-dependent system overvoltage (load cycle) for which the SVC must remain in service, taking into account the control and protection characteristics of the scheme. In particular, it shall be demonstrated that the valve can block the highest voltage (including extinction overshoot) combined with the maximum thyristor junction temperature given by the load cycle.

The valve or valve sections shall be subjected to current and voltage waveshapes as close as possible to those experienced by the valve during firing and extinction, for the most critical operating conditions specified below. The time interval of principal interest for firing is the first 10-20 μ s while, for extinction, the interval of interest is between 0,2 ms before and 1 ms after current zero.

In particular, the following conditions shall be no less severe than in service :

- voltage magnitudes at turn-on and turn-off;
- the di/dt at turn-on and at least for 0,2 ms before current zero;
- the thyristor junction temperature.

The following factors shall also be considered:

- the representation of stray capacitance between valve terminals;
- sufficient magnitude and duration of the load current to achieve full area conduction of the thyristor junction.

5.4.1.3 Procédures d'essai

Les essais doivent être effectués en utilisant les circuits d'essai appropriés, fournissant les contraintes de blocage et de déblocage équivalentes aux conditions de service applicables, telles qu'une source à fréquence industrielle alimentant une bobine d'inductance reliée en série avec la section de valve, ou un circuit d'essai synthétique approprié.

Tous les sous-systèmes auxiliaires qui peuvent influencer le comportement de la valve dans les conditions de service spécifiées ci-dessous (par exemple l'allumage forcé) doivent être en fonctionnement.

Dans l'idéal, l'essai serait effectué en reproduisant la tension de source en fonction du temps spécifiée. Pour des raisons pratiques, il est admis d'adopter une procédure d'essai modifiée de la manière qui suit:

- a) créer des conditions maximales en régime établi pour la tension et le courant et les maintenir jusqu'à ce que l'équilibre thermique soit atteint;
- b) augmenter la tension de source à sa valeur la plus élevée en fonction de la caractéristique de surcharge ou à la valeur la plus élevée pour laquelle la commande de déphasage est garantie. Un facteur de sécurité d'essai de 1,05 doit être appliqué;
- c) maintenir l'angle d'allumage constant au voisinage de 90°, jusqu'à ce que le thyristor ait atteint la température maximale donnée par le cycle de surtension temporaire spécifié;
- d) revenir aux conditions de service en régime établi.

Les dépassements d'extinction, correspondant à la tension de rétablissement d'échelon maximale, doivent être mesurés et vérifiés pour s'assurer qu'ils sont inférieurs à la valeur de calcul. Si la conception de la valve permet un fonctionnement continu de l'allumage de protection VBO des niveaux de thyristors individuels, cette caractéristique doit également être soumise aux essais dans des conditions de régime établi en désactivant le signal d'allumage normal vers un thyristor donné, pendant une période suffisamment longue pour obtenir l'équilibre thermique des composants soumis aux contraintes.

NOTE – Le cycle de surcharge temporaire pour une valve TSR sera une surcharge de courant sans tension. Afin de satisfaire aux objectifs de l'essai, le fonctionnement en régime établi qui suit immédiatement la surcharge doit être un état bloqué. Cela démontrera la capacité des thyristors surchauffés à supporter la tension de blocage.

5.4.2 Essai de tension minimale en courant alternatif

5.4.2.1 Objectifs

L'objet de cet essai est de vérifier le fonctionnement correct du système d'allumage dans la valve TCR, à la tension alternative minimale spécifiée et dans les conditions de service spécifiées.

5.4.2.2 Procédures d'essai, valeurs et formes d'onde

L'essai doit être réalisé sur une valve complète ou des sections de valve.

La procédure d'essai doit être la suivante:

- a) appliquer la sous-tension temporaire minimale pour laquelle la TCR doit pouvoir être commandée et la maintenir pendant une durée au moins égale à deux fois la durée spécifiée de la sous-tension temporaire;
- b) varier l'angle de commande α entre $\alpha_{\min}$ et $\alpha_{\max}$;
- c) répéter le point b) ci-dessus en réduisant (en continu ou par échelons) la tension jusqu'à zéro (ou jusqu'au niveau d'intervention de la protection), afin de démontrer que cet état n'est pas préjudiciable à la valve.

NOTE – En fonction de la conception de la valve, il peut être nécessaire de revenir à la valeur minimale en régime établi de la tension alternative après chaque échelon de sous-tension, afin de recharger les alimentations de la gâchette.

5.4.1.3 Test procedures

The tests shall be performed using suitable test circuits giving turn-on and turn-off stresses equivalent to the appropriate service conditions, such as a power frequency source feeding a reactor in series with the valve section, or an appropriate synthetic test circuit.

All the auxiliary systems which may influence the behaviour of the valve in the operating conditions specified below (e.g. forced firing) shall be in operation.

Ideally, the test would be performed by reproducing the specified time-dependent source voltage. For practical reasons, a modified test procedure may be adopted as follows:

- a) establish maximum steady-state conditions for voltage and current and maintain them until thermal equilibrium is reached;
- b) raise the source voltage to the highest value according to the overload characteristic or to the highest value for which phase angle control is guaranteed. A test safety factor of 1,05 shall be applied;
- c) keep the firing angle constant close to 90° until the thyristor temperature has reached the maximum temperature given by the specified temporary overvoltage cycle;
- d) return to the steady-state operating conditions.

The extinction overshoot, corresponding to the maximum step recovery voltage, shall be measured and checked to ensure that it is less than the design value. If the valve design allows for continuous operation of VBO protective firing of individual thyristor levels, this feature shall be tested under steady-state conditions by disabling the normal firing signal to one thyristor for a period long enough to reach thermal equilibrium for the stressed components.

NOTE – The temporary overload cycle for a TSR valve will be a current overload without voltage. In order for the objectives of the test to be fulfilled, the steady-state operation immediately following the overload shall be a blocked condition. This will demonstrate the ability of overheated thyristors to withstand the blocking voltage.

5.4.2 Minimum a.c. voltage test

5.4.2.1 Objectives

The purpose of this test is to verify proper operation of the firing system in the TCR valve at the specified minimum a.c. voltage and specified operating conditions.

5.4.2.2 Test procedures, values and waveshapes

The test shall be performed on a complete valve or valve sections.

The test procedure shall be as follows:

- a) apply the minimum temporary undervoltage for which the TCR shall remain controlled and maintain it for a time which is at least equal to twice the specified duration of the temporary undervoltage;
- b) vary the control angle α between $\alpha_{\min}$ and $\alpha_{\max}$;
- c) Repeat item b) by reducing (continuously or in steps) the voltage to zero (or to the intervention level of the protection), in order to demonstrate that this condition is not harmful to the valve.

NOTE – Depending on the valve design, it may be necessary to return to the minimum steady-state value of the a.c. voltage after each undervoltage step in order to replenish the gate power supplies.

5.4.3 Essai d'échauffement

5.4.3.1 Objectifs

Le principal objectif de cet essai est de démontrer que l'élévation de température des composants thermogènes les plus critiques reste dans les limites spécifiées, de vérifier qu'aucun composant ou matériau n'est soumis à des températures excessives dans diverses conditions de service en régime établi et de démontrer que le refroidissement prévu est approprié.

5.4.3.2 Procédures d'essai

L'essai doit être effectué sur une valve complète ou des sections de valve.

La valve doit être soumise à des tensions et des courants qui entraînent des pertes de 5 % supérieures à celles qui ont lieu en service, dans des conditions de fonctionnement spécifiées, pour les conditions de refroidissement les plus astreignantes. L'essai doit être poursuivi pendant 30 min après réalisation de l'équilibre thermique.

Plusieurs essais peuvent être requis afin de déterminer l'échauffement de certains composants dont les charges thermiques maximales peuvent apparaître dans différentes conditions de fonctionnement.

NOTE – Lorsque la température de la partie critique des composants thermogènes ne peut, dans la pratique, être déterminée par des mesures, par exemple la température de jonction des thyristors ou la température des éléments des résistances du circuit d'amortissement, il est admis d'effectuer une mesure en un point permettant d'estimer cette température.

6 Essais de type des valves TSC

6.1 Essais diélectriques entre bornes de valve et terre

Pour ces essais, chaque niveau de thyristor doit être court-circuité.

Pour des valves appartenant à une unité de valve multiple (UVM), chaque niveau de thyristor des autres valves dans la même structure doit être court-circuité et relié à la terre. Les essais doivent être répétés pour chaque valve de l'UVM à moins que la disposition physique de l'UVM rende ces essais inutiles.

6.1.1 Essai en courant alternatif/continu

6.1.1.1 Objectifs

Voir 4.2.1.1.

6.1.1.2 Valeurs d'essai et formes d'onde

a) Tension d'essai U_{ts1} , 1 min

U_{ts1} a une forme d'onde sinusoïdale, superposée sur un niveau c.c. U_{ts1} doit être calculée à partir de la formule suivante:

$$U_{ts1} = U_{tac1} + U_{tdc1}$$

$$U_{tac1} = k_{s1} \times k_d \times U_{ac1} \times \sin(2\pi ft)$$

$$U_{tdc1} = k_{s1} \times k_d \times U_{dcm1}$$

5.4.3 Temperature rise test

5.4.3.1 Objectives

The main purpose of this test is to demonstrate that the temperature rise of the most critical heat producing components is within specified limits, to verify that no components or materials are subjected to excessive temperatures under different steady-state operating conditions and to demonstrate that the cooling provided is adequate.

5.4.3.2 Test procedures

The test shall be performed on a complete valve or on valve sections.

The valve shall be subjected to voltages and currents that result in losses that are 5 % greater than those occurring in service under specified operating conditions, for the most stringent cooling conditions. The test shall be continued for 30 min after thermal equilibrium has been reached.

More than one test may be required in order to determine the temperature rise of some components whose maximum thermal loadings can occur under different operating conditions.

NOTE – Where the temperature of the critical part of the heat-producing components cannot practically be determined by measurement, for example the junction temperature of the thyristors or the element temperature of the dividing/damping resistors, a measurement at an appropriate point from which this temperature can be estimated may be used.

6 Type tests on TSC valves

6.1 Dielectric tests between valve terminals and earth

For these tests, each thyristor level shall be short-circuited.

For valves belonging to a multiple valve unit (MVU), each thyristor level of other valves in the same structure shall be short-circuited and connected to earth. The tests shall be repeated for each valve of the MVU unless the physical arrangement of the MVU makes it unnecessary.

6.1.1 AC-DC test

6.1.1.1 Objectives

See 4.2.1.1.1.

6.1.1.2 Test values and waveshapes

a) Test voltage U_{ts1} , 1 min

U_{ts1} has a sinusoidal waveshape superimposed on a d.c. level. U_{ts1} shall be calculated from the following:

$$U_{ts1} = U_{tac1} + U_{tdc1}$$

$$U_{tac1} = k_{s1} \times k_d \times U_{ac1} \times \sin(2\pi ft)$$

$$U_{tdc1} = k_{s1} \times k_d \times U_{dcm1}$$

où

U_{dcm1} est la tension continue maximale résiduelle dans la batterie de condensateurs, après que chaque dispositif de décharge rapide tel que les parafoudres (constante de temps de déclin inférieure à 100 ms) a cessé d'être conducteur, après blocage de la valve suite à une perturbation du système;

U_{ac1} est la valeur crête de la surtension maximale de longue durée prévue (à l'exception de la composante continue) qui peut apparaître entre toute borne de la valve et la terre;

k_{s1} est un facteur de sécurité d'essai;

$k_{s1} = 1,3$;

k_d est le facteur de correction de la densité de l'air sur le site (voir 4.4.1.1);

f est la fréquence d'essai (50 Hz ou 60 Hz en fonction des installations d'essai).

b) Tension d'essai U_{ts2} , 30 min

U_{ts2} a une forme d'onde sinusoïdale superposée sur un niveau c.c. U_{ts2} doit être calculée à partir de la formule suivante:

$$U_{ts2} = U_{tac2} + U_{tdc2}$$

$$U_{tac2} = k_{s2} \times U_{ac2} \times \sin(2\pi ft)$$

$$U_{tdc2} = k_{s2} \times U_{dcm2}$$

où

U_{dcm2} est la tension continue maximale résiduelle dans la batterie de condensateurs, après que chaque dispositif de décharge rapide tel que les parafoudres (constante de temps de déclin inférieure à 100 ms) a cessé d'être conducteur, après blocage dans des conditions de fonctionnement en régime établi;

U_{ac2} est la valeur crête de la tension maximale de longue durée prévue (à l'exception de la composante continue) qui peut apparaître entre toute borne de la valve et la terre;

k_{s2} est un facteur de sécurité d'essai;

$k_{s2} = 1,2$;

f est la fréquence d'essai (50 Hz ou 60 Hz en fonction des installations d'essai).

6.1.1.3 Procédures d'essai

L'essai consiste à appliquer les tensions d'essai spécifiées U_{ts1} et U_{ts2} pendant les durées spécifiées entre les deux bornes de la valve interconnectées et la terre.

a) Augmenter la tension de 50 % à 100 % de U_{ts1} .

b) Maintenir U_{ts1} pendant 1 min.

c) Réduire la tension à U_{ts2} .

d) Maintenir U_{ts2} pendant 30 min, enregistrer le niveau des décharges partielles puis réduire la tension à zéro.

e) La valeur crête des décharges partielles périodiques enregistrée pendant la dernière minute de l'étape d) doit être inférieure à 200 pC, à condition que les composants qui sont sensibles aux décharges partielles dans la valve aient été soumis aux essais séparément ou, en remplacement, 50 pC dans le cas contraire. Le nombre d'impulsions supérieures à 300 pC ne doit pas dépasser 15 par minute, calculé en moyenne sur la période d'enregistrement. Parmi celles-ci, il ne doit pas y avoir plus de sept impulsions par minute au-dessus de 500 pC, ni plus de trois impulsions par minute au-dessus de 1 000 pC et pas plus d'une impulsion par minute au-dessus de 2 000 pC.

where

U_{dcm1} is the maximum d.c. voltage remaining across the capacitor bank after any fast-acting discharge devices, e.g. arresters (decay time constant less than 100 ms) have ceased conducting after blocking of the valve following a system disturbance;

U_{ac1} is the peak value of the maximum predicted long duration overvoltage (excluding the d.c. component) that can appear between any valve terminal and earth;

k_{s1} is a test safety factor;

$k_{s1} = 1,3$;

k_d is the site air density correction factor (see 4.4.1.1);

f is the test frequency (50 Hz or 60 Hz depending on test facilities).

b) Test voltage U_{ts2} , 30 min

U_{ts2} has a sinusoidal waveshape superimposed on a d.c. level. U_{ts2} shall be calculated from the following:

$$U_{ts2} = U_{tac2} + U_{tdc2}$$

$$U_{tac2} = k_{s2} \times U_{ac2} \times \sin(2\pi ft)$$

$$U_{tdc2} = k_{s2} \times U_{dcm2}$$

where

U_{dcm2} is the maximum d.c. voltage remaining across the capacitor bank after any fast acting discharge devices, e.g. arresters (decay time constant less than 100 ms) have ceased conducting after blocking during steady-state operating conditions;

U_{ac2} is the peak value of the maximum steady-state operating voltage (excluding the d.c. component) that can appear between any valve terminal and earth;

k_{s2} is a test safety factor;

$k_{s2} = 1,2$;

f is the test frequency (50 Hz or 60 Hz depending on test facilities).

6.1.1.3 Test procedures

The test consists of applying the specified test voltages U_{ts1} and U_{ts2} for the specified durations between the two interconnected valve terminals and earth.

- Raise the voltage from 50 % to 100 % of U_{ts1} .
- Maintain U_{ts1} for 1 min.
- Reduce the voltage to U_{ts2} .
- Maintain U_{ts2} for 30 min, record the partial discharge level and then reduce the voltage to zero.
- The peak value of the periodic partial discharge recorded during the last minute of step d) shall be less than 200 pC, provided that the components which are sensitive to partial discharge in the valve have been separately tested, or alternatively 50 pC if they have not. The number of pulses exceeding 300 pC shall not exceed 15 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.

- f) La tension d'apparition et d'extinction doit être mesurée selon la CEI 60270 pour les essais c.a. La valeur crête de la tension d'extinction doit être supérieure à $U_{ac1} + U_{dcm1}$.

NOTE – Il y a peu d'expérience industrielle en matière de mesure des décharges partielles avec les tensions alternatives et continues composites. En cas de difficultés, il est admis de mesurer les décharges partielles séparément pour les tensions appliquées en courant alternatif et en courant continu, en utilisant les valeurs de $U_{t2(ac)}$ et $U_{t2(dc)}$ comme défini en 6.1.1.4.

L'essai doit être recommencé pour les deux polarités de la composante continue.

6.1.1.4 Procédures d'essai de remplacement

L'essai du courant alternatif-courant continu combiné peut être remplacé par un essai en courant alternatif et un essai en courant continu réalisés séparément.

a) Essai en courant alternatif

L'essai consiste à appliquer les tensions d'essai spécifiées $U_{t1(ac)}$ et $U_{t2(ac)}$ pendant la durée spécifiée entre les deux bornes de la valve interconnectées et la terre. $U_{t1(ac)}$ et $U_{t2(ac)}$ ont des formes d'onde sinusoïdales, à une fréquence de 50 Hz ou 60 Hz, en fonction des installations d'essai.

$$U_{t1(ac)} = k_{s1} \times k_d \times (U_{ac1} + U_{dcm1}) / \sqrt{2}$$

$$U_{t2(ac)} = k_{s2} \times (U_{ac2} + U_{dcm2}) / \sqrt{2}$$

- 1) Augmenter la tension de 50 % à 100 % de $U_{t1(ac)}$.
- 2) Maintenir $U_{t1(ac)}$ pendant 1 min.
- 3) Réduire la tension à $U_{t2(ac)}$.
- 4) Maintenir $U_{t2(ac)}$ pendant 10 min, enregistrer le niveau des décharges partielles puis réduire la tension à zéro.
- 5) La valeur crête des décharges partielles périodiques enregistrée pendant la dernière minute de l'étape d) doit être inférieure à 200 pC, à condition que les composants qui sont sensibles aux décharges partielles dans la valve aient été soumis aux essais de manière séparée, ou, en remplacement, 50 pC dans le cas contraire.
- 6) La tension d'apparition et d'extinction doit être mesurée conformément à la CEI 60270. La valeur crête de la tension d'extinction doit être supérieure à U_{ac2} .

b) Essai en courant continu

En utilisant une tension d'essai continue, procéder comme pour l'essai de courant alternatif-courant continu combiné, en remplaçant U_{ts1} par $U_{t1(dc)}$ et U_{ts2} par $U_{t2(dc)}$.

$$U_{t1(dc)} = k_{s1} \times k_d \sqrt{\left(\frac{U_{ac1}}{\sqrt{2}}\right)^2 + U_{dcm1}^2}$$

$$U_{t2(dc)} = k_{s2} \sqrt{\left(\frac{U_{ac2}}{\sqrt{2}}\right)^2 + U_{dcm2}^2}$$

L'essai doit être effectué sur les deux polarités de la tension continue.

- f) The measurement of inception and extinction voltage shall be performed according to IEC 60270 for a.c. tests. The peak value of the extinction voltage shall be above $U_{ac1} + U_{dcm1}$.

NOTE – There is little industry experience with measurement of partial discharge with composite a.c.-d.c. voltages. In the event of difficulty, the measurement of partial discharge may be made separately for a.c. and d.c. applied voltages using the values of $U_{t2(ac)}$ and $U_{t2(dc)}$ as defined in 6.1.1.4 below.

The test shall be repeated for both polarities of the d.c. component.

6.1.1.4 Alternative test procedures

The composite a.c.-d.c. test may be replaced by an a.c. test and a d.c. test performed separately.

a) AC test

The test consists of applying the specified test voltages $U_{t1(ac)}$ and $U_{t2(ac)}$ for the specified duration between the two interconnected valve terminals and earth. $U_{t1(ac)}$ and $U_{t2(ac)}$ have sinusoidal waveshapes with a frequency of 50 Hz or 60 Hz, depending on the test facilities.

$$U_{t1(ac)} = k_{s1} \times k_d \times (U_{ac1} + U_{dcm1}) / \sqrt{2}$$

$$U_{t2(ac)} = k_{s2} \times (U_{ac2} + U_{dcm2}) / \sqrt{2}$$

- 1) Raise the voltage from 50 % to 100 % of $U_{t1(ac)}$.
- 2) Maintain $U_{t1(ac)}$ for 1 min.
- 3) Reduce the voltage to $U_{t2(ac)}$.
- 4) Maintain $U_{t2(ac)}$ for 10 min, record the partial discharge level and then reduce the voltage to zero.
- 5) The peak value of the periodic partial discharge recorded during the last minute of step d) shall be less than 200 pC, provided that the components which are sensitive to partial discharge in the valve have been separately tested, or alternatively, 50 pC if they have not.
- 6) The measurement of inception and extinction voltage shall be performed in accordance with IEC 60270. The peak value of the extinction voltage shall be above U_{ac2} .

b) DC test

Using a d.c. test voltage, proceed as for the combined a.c.-d.c. test above, with U_{ts1} replaced by $U_{t1(dc)}$ and U_{ts2} replaced by $U_{t2(dc)}$.

$$U_{t1(dc)} = k_{s1} \times k_d \sqrt{\left(\frac{U_{ac1}}{\sqrt{2}}\right)^2 + U_{dcm1}^2}$$

$$U_{t2(dc)} = k_{s2} \sqrt{\left(\frac{U_{ac2}}{\sqrt{2}}\right)^2 + U_{dcm2}^2}$$

The test shall be carried out with both polarities of d.c. voltage.

6.1.2 Essai de tension de choc de foudre

6.1.2.1 Objectifs

Voir 4.2.1.1.

6.1.2.2 Valeurs d'essai et formes d'onde

Une forme d'onde normalisée de 1,2/50 µs doit être utilisée.

La valeur crête de la tension d'essai est la tension de tenue normalisée aux chocs de foudre selon la CEI 60071-1, tableau 2 ou 3.

6.1.2.3 Procédures d'essai

L'essai doit comprendre trois applications de tension de choc de foudre à polarité positive et trois applications de tension de choc de foudre à polarité négative entre la terre et les deux bornes de la valve reliées ensemble.

6.2 Essais diélectriques entre valves (pour UVM uniquement)

Pour ces essais, chaque niveau de thyristor dans chaque valve doit être court-circuité.

Les essais doivent être recommencés pour vérifier l'isolement entre chaque paire de valves placées dans la même structure, à moins que la disposition physique de l'UVM les rende inutiles.

6.2.1 Essai en courant alternatif/continu

6.2.1.1 Objectifs

Voir 4.2.1.1.

6.2.1.2 Valeurs d'essai et formes d'onde

a) Tension d'essai U_{tvv1} , 1 min

U_{tvv1} a une forme d'onde sinusoïdale superposée sur un niveau c.c. U_{tvv1} doit être calculée à partir de la formule suivante:

$$U_{tvv1} = U_{tac1} + U_{tdc1}$$

$$U_{tac1} = k_{s1} \times k_d \times U_{ac1} \times \sin(2\pi ft)$$

$$U_{tdc1} = k_{s1} \times k_d \times U_{dcm1} \times k_{dc}$$

où

U_{dcm1} est la tension continue maximale résiduelle dans la batterie de condensateurs, après que chaque dispositif de décharge rapide tel que les parafoudres (constante de temps de déclin inférieure à 100 ms) a cessé d'être conducteur, après blocage de la valve suite à une perturbation du système;

U_{ac1} est la valeur crête de la surtension maximale de longue durée prévue (à l'exception de la composante continue) qui peut apparaître entre bornes de valves adjacentes;

k_{s1} est un facteur de sécurité d'essai;

$k_{s1} = 1,3$;

6.1.2 Lightning impulse test

6.1.2.1 Objectives

See 4.2.1.1.

6.1.2.2 Test values and waveshapes

A standard 1,2/50 μ s waveshape shall be used.

The peak value of the test voltage is the standard lightning impulse withstand voltage according to IEC 60071-1, table 2 or 3.

6.1.2.3 Test procedures

The test shall comprise three applications of positive-polarity and three applications of negative-polarity lightning impulse voltages between earth and the two valve terminals connected together.

6.2 Dielectric tests between valves (for MVU only)

For these tests, each thyristor level in each valve shall be short-circuited.

The tests shall be repeated to verify the insulation between any two valves located in the same structure, unless the physical arrangement of the MVU makes it unnecessary.

6.2.1 AC-DC test

6.2.1.1 Objectives

See 4.2.1.1.

6.2.1.2 Test values and waveshapes

a) Test voltage U_{tvv1} , 1 min

U_{tvv1} has a sinusoidal waveshape superimposed on a d.c. level. U_{tvv1} shall be calculated from the following:

$$U_{tvv1} = U_{tac1} + U_{tdc1}$$

$$U_{tac1} = k_{s1} \times k_d \times U_{ac1} \times \sin(2\pi ft)$$

$$U_{tdc1} = k_{s1} \times k_d \times U_{dcm1} \times k_{dc}$$

where

U_{dcm1} is the maximum d.c. voltage remaining across the capacitor bank after any fast-acting discharge devices e.g. arresters (decay time constant less than 100 ms) have ceased conducting after blocking of the valve following a system disturbance;

U_{ac1} is the peak value of the maximum predicted long duration overvoltage (excluding the d.c. component) that can appear between adjacent valve terminals;

k_{s1} is a test safety factor;

$k_{s1} = 1,3$;

- k_d est le facteur de correction de la densité de l'air sur le site (voir 4.4.1.1);
- k_{dc} = 2. Une valeur de remplacement, par exemple 1, peut être utilisée si le fournisseur peut démontrer de manière satisfaisante pour l'acheteur que ce chiffre est applicable à la conception de l'UVM;
- f est la fréquence d'essai (50 Hz ou 60 Hz en fonction des installations d'essai).

b) Tension d'essai U_{tw2} , 30 min

U_{tvv2} a une forme d'onde sinusoïdale superposée sur un niveau c.c. U_{tvv2} doit être calculée à partir de la formule suivante:

$$U_{tvv2} = U_{tac2} + U_{tdc2}$$

$$U_{tac2} = k_{s2} \times U_{ac2} \times \sin(2\pi ft)$$

$$U_{tdc2} = k_{s2} \times U_{dcm2} \times k_{dc}$$

où

- U_{dcm2} est la tension continue maximale résiduelle dans la batterie de condensateurs, après que chaque dispositif de décharge rapide tel que les parafoudres (constante de temps de déclin inférieure à 100 ms) a cessé d'être conducteur, après blocage dans des conditions de fonctionnement en régime établi;
- U_{ac2} est la valeur crête de la tension maximale de longue durée prévue (à l'exception de la composante continue) qui peut apparaître entre bornes de valves adjacentes;
- k_{s2} est un facteur de sécurité d'essai;
- k_{s2} = 1,2;
- k_{dc} = 2. Une valeur de remplacement, par exemple 1, peut être utilisée si le fournisseur peut démontrer de manière satisfaisante pour l'acheteur que ce chiffre est applicable à la conception de l'UVM;
- f est la fréquence d'essai (50 Hz ou 60 Hz en fonction des installations d'essai).

6.2.1.3 Procédures d'essai

L'essai consiste à appliquer les tensions d'essai spécifiées U_{tvv1} et U_{tvv2} pendant la durée spécifiée entre les valves. La tension d'essai U_{tac1} ou U_{tac2} peut être appliquée entre les bornes (court-circuitées ensemble) et la terre d'une valve et la tension continue U_{tdc1} ou U_{tdc2} entre les bornes (toutes étant court-circuitées ensemble) de toutes les valves restantes et la terre. D'autres dispositifs de combinaison des tensions alternative et continue sont également possibles.

- Augmenter la tension de 50 % à 100 % de U_{tvv1} .
- Maintenir U_{tvv1} pendant 1 min.
- Réduire la tension à U_{tvv2} .
- Maintenir U_{tvv2} pendant 30 min, enregistrer le niveau des décharges partielles puis réduire la tension à zéro.
- La valeur crête des décharges partielles périodiques enregistrée pendant la dernière minute de l'étape d) doit être inférieure à 200 pC, à condition que les composants qui sont sensibles aux décharges partielles dans l'UVM aient été soumis aux essais séparément, ou, en remplacement, 50 pC dans le cas contraire. Le nombre d'impulsions supérieures à 300 pC ne doit pas dépasser 15 par minute, calculé en moyenne sur la période d'enregistrement. Parmi celles-ci, il ne doit pas y avoir plus de sept impulsions par minute au-dessus de 500 pC, ni plus de trois impulsions par minute au-dessus de 1 000 pC et pas plus d'une impulsion par minute au-dessus de 2 000 pC.

- k_d is the site air density correction factor (see 4.4.1.1);
 k_{dc} = 2. An alternative value, e.g. 1, may be used if the supplier can demonstrate to the satisfaction of the purchaser that this figure is applicable to the MVU design;
 f is the test frequency (50 Hz or 60 Hz depending on test facilities).

b) Test voltage U_{tvv2} , 30 min

U_{tvv2} has a sinusoidal waveshape superimposed on a d.c. level. U_{tvv2} shall be calculated from the following:

$$U_{tvv2} = U_{tac2} + U_{tdc2}$$

$$U_{tac2} = k_{s2} \times U_{ac2} \times \sin(2\pi ft)$$

$$U_{tdc2} = k_{s2} \times U_{dcm2} \times k_{dc}$$

where

- U_{dcm2} is the maximum d.c. voltage remaining across the capacitor bank after any fast-acting discharge devices e.g. arresters (decay time constant less than 100 ms) have ceased conducting after blocking during steady-state operating conditions;
 U_{ac2} is the peak value of the maximum steady-state operating voltage (excluding the d.c. component) that can appear between adjacent valve terminals;
 k_{s2} is a test safety factor;
 k_{s2} = 1,2;
 k_{dc} = 2. An alternative value, for example 1, can be used if the supplier can demonstrate to the satisfaction of the purchaser that this figure is applicable to the MVU design;
 f is the test frequency (50 Hz or 60 Hz depending on test facilities).

6.2.1.3 Test procedures

The test consists of applying the specified test voltages U_{tvv1} and U_{tvv2} for the specified duration between the valves. The test voltage U_{tac1} or U_{tac2} may be applied between the terminals (short-circuited together) and earth of one valve and the d.c. voltage U_{tdc1} or U_{tdc2} between the terminals (all short-circuited together) of all remaining valves and earth. Other arrangements for combining the a.c. and d.c. voltages are also possible.

- Raise the voltage from 50 % to 100 % of U_{tvv1} .
- Maintain U_{tvv1} for 1 min.
- Reduce the voltage to U_{tvv2} .
- Maintain U_{tvv2} for 30 min, record the partial discharge level and then reduce the voltage to zero.
- The peak value of the periodic partial discharge recorded during the last minute of step d) shall be less than 200 pC, provided that the components which are sensitive to partial discharge in the MVU have been separately tested, or alternatively 50 pC if they have not. The number of pulses exceeding 300 pC shall not exceed 15 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.

- f) La tension d'apparition et d'extinction doit être mesurée selon la CEI 60270 pour les essais c.a. La valeur crête de la tension d'extinction doit être supérieure à $U_{ac2} + U_{dcm2}$.

NOTE – Il y a peu d'expérience industrielle en matière de mesure des décharges partielles avec les tensions alternatives et continues composites. En cas de difficultés, il est admis de mesurer les décharges partielles séparément pour les tensions appliquées en courant alternatif et en courant continu, en utilisant les valeurs de $U_{t2(ac)}$ et $U_{t2(dc)}$ comme défini en 6.2.1.4.

L'essai doit être recommencé pour les deux polarités de la composante continue.

6.2.1.4 Procédures d'essai de remplacement

L'essai de courant alternatif-courant continu combiné peut être remplacé par un essai en courant alternatif et un essai en courant continu réalisés séparément.

a) Essai en courant alternatif

L'essai consiste à appliquer les tensions d'essai spécifiées $U_{t1(ac)}$ et $U_{t2(ac)}$ pendant la durée spécifiée entre les deux valves. $U_{t1(ac)}$ et $U_{t2(ac)}$ ont des formes d'onde sinusoïdales, à une fréquence de 50 Hz ou 60 Hz, en fonction des installations d'essai.

$$U_{t1(ac)} = k_{s1} \times k_d \times (U_{ac1} + k_{dc} \times U_{dcm1}) / \sqrt{2}$$

$$U_{t2(ac)} = k_{s2} \times (U_{ac2} + k_{dc} \times U_{dcm2}) / \sqrt{2}$$

- 1) Augmenter la tension de 50 % à 100 % de $U_{t1(ac)}$;
- 2) Maintenir $U_{t1(ac)}$ pendant 1 min;
- 3) Réduire la tension à $U_{t2(ac)}$;
- 4) Maintenir $U_{t2(ac)}$ pendant 10 min, enregistrer le niveau des décharges partielles puis réduire la tension à zéro;
- 5) La valeur crête des décharges partielles périodiques enregistrée pendant la dernière minute de l'étape d) doit être inférieure à 200 pC, à condition que les composants qui sont sensibles aux décharges partielles dans l'UVM aient été soumis aux essais de manière séparée ou, en remplacement, 50 pC dans le cas contraire;
- 6) La tension d'apparition et d'extinction doit être mesurée conformément à la CEI 60270. La valeur crête de la tension d'extinction doit être supérieure à U_{ac2} .

b) Essai en courant continu

En utilisant une tension d'essai continue, procéder comme pour l'essai de courant alternatif-courant continu combiné, en remplaçant U_{tvv1} par $U_{t1(dc)}$ et U_{tvv2} par $U_{t2(dc)}$.

$$U_{t1(dc)} = k_{s1} \times k_d \times \sqrt{\left(\frac{U_{ac1}}{\sqrt{2}}\right)^2 + (k_{dc} \times U_{dcm1})^2}$$

$$U_{t2(dc)} = k_{s2} \times \sqrt{\left(\frac{U_{ac2}}{\sqrt{2}}\right)^2 + (k_{dc} \times U_{dcm2})^2}$$

L'essai doit être recommencé pour les deux polarités de la composante continue.

- f) The measurement of inception and extinction voltage shall be performed according to IEC 60270 for a.c. tests. The peak value of the extinction voltage shall be above $U_{ac2} + U_{dcm2}$.

NOTE – There is little industry experience with measurement of partial discharge with composite a.c.- d.c. voltages. In the event of difficulty, the measurement of partial discharge may be made separately for a.c. and d.c. applied voltages using the values of $U_{t2(ac)}$ and $U_{t2(dc)}$ as defined in 6.2.1.4.

The test shall be repeated for both polarities of the d.c. component.

6.2.1.4 Alternative test procedures

The composite a.c.-d.c. test may be replaced by an a.c. test and a d.c. test performed separately.

a) AC test:

The test consists of applying the specified test voltages $U_{t1(ac)}$ and $U_{t2(ac)}$ for the specified duration between the two valves. $U_{t1(ac)}$ and $U_{t2(ac)}$ have sinusoidal waveshapes with a frequency of 50 Hz or 60 Hz, depending on the test facilities.

$$U_{t1(ac)} = k_{s1} \times k_d \times (U_{ac1} + k_{dc} \times U_{dcm1}) / \sqrt{2}$$

$$U_{t2(ac)} = k_{s2} \times (U_{ac2} + k_{dc} \times U_{dcm2}) / \sqrt{2}$$

- 1) Raise the voltage from 50 % to 100 % of $U_{t1(ac)}$.
- 2) Maintain $U_{t1(ac)}$ for 1 min.
- 3) Reduce the voltage to $U_{t2(ac)}$.
- 4) Maintain $U_{t2(ac)}$ for 10 min, record the partial discharge level and then reduce the voltage to zero.
- 5) The peak value of the periodic partial discharge recorded during the last minute of step d) shall be less than 200 pC, provided that the components which are sensitive to partial discharge in the MVU have been separately tested, or alternatively 50 pC if they have not.
- 6) The measurement of inception and extinction voltage shall be performed in accordance with IEC 60270. The peak value of the extinction voltage shall be above U_{ac2} .

b) DC test

Using a d.c. test voltage, proceed as for the combined a.c.- d.c. test above, with U_{tvv1} replaced by $U_{t1(dc)}$ and U_{tvv2} replaced by $U_{t2(dc)}$.

$$U_{t1(dc)} = k_{s1} \times k_d \sqrt{\left(\frac{U_{ac1}}{\sqrt{2}}\right)^2 + (k_{dc} \times U_{dcm1})^2}$$

$$U_{t2(dc)} = k_{s2} \sqrt{\left(\frac{U_{ac2}}{\sqrt{2}}\right)^2 + (k_{dc} \times U_{dcm2})^2}$$

The test shall be repeated for both polarities of the d.c. component.

6.2.2 Essai de tension de choc de foudre

6.2.2.1 Objectifs

Voir 4.2.1.1.

6.2.2.2 Valeurs d'essai et formes d'onde

Une forme d'onde normalisée de 1,2/50 µs doit être utilisée.

La valeur crête de la tension d'essai est la tension de tenue normalisée aux chocs de foudre selon la CEI 60071-1, tableau 2 ou 3.

6.2.2.3 Procédures d'essai

L'essai doit comprendre trois applications de tension de choc de foudre à polarité positive et trois applications de tension de choc de foudre à polarité négative entre les valves.

6.3 Essais diélectriques entre bornes de valve

Pour des valves appartenant à une unité de valve multiple, il est nécessaire d'effectuer ces essais uniquement sur une valve. Chaque niveau de thyristor des autres valves dans la même structure doit être court-circuité et relié à la terre.

6.3.1 Essai en courant alternatif/continu

6.3.1.1 Objectifs

Voir 4.2.1.1.

6.3.1.2 Valeurs d'essai et formes d'onde

Tension d'essai U_{tv1} , 1 min

U_{tv1} a une forme d'onde sinusoïdale, superposée sur un niveau c.c. U_{tv1} doit être calculée à partir de la formule suivante:

$$U_{tv1} = U_{tac1} + U_{tdc1}$$

$$U_{tac1} = k_{s1} \times U_{ac1} \times \sin(2\pi ft)$$

$$U_{tdc1} = k_{s1} \times U_{dcm1}$$

où

U_{dcm1} est la tension continue maximale résiduelle dans la batterie de condensateurs, après que chaque dispositif de décharge rapide tel que les parafoudres (constante de temps de déclin inférieure à 100 ms) a cessé d'être conducteur, après blocage de la valve suite à une perturbation du système;

U_{ac1} est la valeur crête de la surtension de longue durée (à l'exception de la composante continue) qui peut apparaître dans la valve;

k_{s1} est un facteur de sécurité d'essai;

$k_{s1} = 1,1$ si la tension est limitée par un parafoudre;

$k_{s1} = 1,30$ si aucun parafoudre n'est utilisé;

f est la fréquence d'essai (50 Hz ou 60 Hz en fonction des installations d'essai).

6.2.2 Lightning impulse test

6.2.2.1 Objectives

See 4.2.1.1.

6.2.2.2 Test values and waveshapes

A standard 1,2/50 µs waveshape shall be used.

The peak value of the test voltage is the standard lightning impulse withstand voltage according to IEC 60071-1, table 2 or 3.

6.2.2.3 Test procedures

The test shall comprise three applications of positive polarity and three applications of negative polarity lightning impulse voltages between the valves.

6.3 Dielectric tests between valve terminals

For valves belonging to a multiple valve unit, these tests need only be performed on one valve. Each thyristor level of other valves in the same structure shall be short-circuited and connected to earth.

6.3.1 AC-DC test

6.3.1.1 Objectives

See 4.2.1.1.

6.3.1.2 Test values and waveshapes

a) Test voltage U_{tv1} , 1 min

U_{tv1} has a sinusoidal waveshape superimposed on a d.c. level. U_{tv1} shall be calculated from the following:

$$U_{tv1} = U_{tac1} + U_{tdc1}$$

$$U_{tac1} = k_{s1} \times U_{ac1} \times \sin(2\pi ft)$$

$$U_{tdc1} = k_{s1} \times U_{dcm1}$$

where

U_{dcm1} is the maximum d.c. voltage remaining across the capacitor bank after any fast acting discharge devices e.g. arresters (decay time constant less than 100 ms) have ceased conducting after blocking of the valve following a system disturbance;

U_{ac1} is the peak value of the long duration overvoltage (excluding the d.c. component) that can appear across the valve;

k_{s1} is a test safety factor;

$k_{s1} = 1,1$ if the voltage is limited by a surge arrester;

$k_{s1} = 1,30$ if no arrester is fitted;

f is the test frequency (50 Hz or 60 Hz depending on test facilities).

b) Tension d'essai U_{tv2} , 30 min

U_{tv2} a une forme d'onde sinusoïdale, superposée sur un niveau c.c. U_{tv2} doit être calculée à partir de la formule suivante:

$$U_{tv2} = U_{tac2} + U_{tdc2}$$

$$U_{tac2} = k_{s2} \times U_{ac2} \times \sin(2\pi ft)$$

$$U_{tdc2} = k_{s2} \times U_{dcm2}$$

où

U_{ac2} est la valeur crête de la tension maximale entre phases, dans des conditions de fonctionnement en régime établi;

U_{dcm2} est la tension continue maximale résiduelle dans la batterie de condensateurs, après que chaque dispositif de décharge rapide tel que les parafoudres (constante de temps de déclin inférieure à 100 ms) a cessé d'être conducteur après blocage dans des conditions de fonctionnement en régime établi;

k_{s2} est un facteur de sécurité d'essai;

$k_{s2} = 1,2$;

f est la fréquence d'essai (50 Hz ou 60 Hz en fonction des installations d'essai).

6.3.1.3 Procédures d'essai

L'essai consiste à appliquer les tensions d'essai spécifiées U_{tv1} et U_{tv2} pendant la durée spécifiée entre les deux bornes de la valve. Une borne de la valve peut être mise à la terre.

- Elever la tension de 50 % à 100 % de U_{tv1} .
- Maintenir U_{tv1} pendant 1 min.
- Réduire la tension à U_{tv2} .
- Maintenir U_{tv2} pendant 30 min, enregistrer le niveau des décharges partielles puis réduire la tension à zéro.
- La valeur crête des décharges partielles périodiques enregistrée pendant la dernière minute de l'étape d) doit être inférieure à 200 pC, à condition que les composants qui sont sensibles aux décharges partielles dans la valve aient été soumis aux essais séparément, ou, en remplacement, 50 pC dans le cas contraire. Le nombre d'impulsions supérieures à 300 pC ne doit pas dépasser 15 par minute, calculé en moyenne sur la période d'enregistrement. Parmi celles-ci, il ne doit pas y avoir plus de sept impulsions par minute au-dessus de 500 pC, ni plus de trois impulsions par minute au-dessus de 1 000 pC et pas plus d'une impulsion par minute au-dessus de 2 000 pC.
- La tension d'apparition et d'extinction doit être mesurée selon la CEI 60270 pour les essais c.a. La valeur crête de la tension d'extinction doit être inférieure à $U_{ac2} + U_{dcm2}$.

NOTE – Il y a peu d'expérience industrielle en matière de mesure des décharges partielles avec les tensions alternatives et continues composites. En cas de difficultés, il est admis de mesurer les décharges partielles séparément pour les tensions appliquées en courant alternatif et en courant continu, en utilisant les valeurs de $U_{t2(ac)}$ et $U_{t2(dc)}$ comme défini en 6.3.1.4.

L'essai doit être recommencé pour les deux polarités de la composante continue.

6.3.1.4 Procédures d'essai de remplacement

L'essai de courant alternatif-courant continu combiné peut être remplacé par un essai en courant alternatif et un essai en courant continu réalisés séparément.

b) Test voltage U_{tv2} , 30 min

U_{tv2} has a sinusoidal waveshape superimposed on a d.c. level. U_{tv2} shall be calculated from the following:

$$U_{tv2} = U_{tac2} + U_{tdc2}$$

$$U_{tac2} = k_{s2} \times U_{ac2} \times \sin(2\pi ft)$$

$$U_{tdc2} = k_{s2} \times U_{dcm2}$$

where

U_{ac2} is the peak value of the maximum line-to-line voltage during steady-state operating conditions;

U_{dcm2} is the maximum d.c. voltage remaining across the capacitor bank after any fast acting discharge devices e.g. arresters (decay time constant less than 100 ms) have ceased conducting after blocking during steady-state operating conditions;

k_{s2} is a test safety factor;

$k_{s2} = 1,2$;

f is the test frequency (50 Hz or 60 Hz depending on test facilities).

6.3.1.3 Test procedures

The test consists of applying the specified test voltages U_{tv1} and U_{tv2} for the specified duration between the two valve terminals. One terminal of the valve may be earthed.

- Raise the voltage from 50 % to 100 % U_{tv1} .
- Maintain U_{tv1} for 1 min.
- Reduce the voltage to U_{tv2} .
- Maintain U_{tv2} for 30 min, record the partial discharge level and reduce the voltage to zero.
- The peak value of the periodic partial discharge recorded during the last minute of step d) shall be less than 200 pC, provided that the components which are sensitive to partial discharge in the valve have been separately tested, or alternatively 50 pC if they have not. The number of pulses exceeding 300 pC shall not exceed 15 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.
- The measurement of inception and extinction voltage shall be performed according to IEC 60270 for a.c. tests. The peak value of the extinction voltage shall be below $U_{ac2} + U_{dcm2}$.

NOTE – There is little industry experience with measurement of partial discharge with composite a.c.-d.c. voltages. In the event of difficulty, the measurement of partial discharge may be made separately for a.c. and d.c. applied voltages using the values of $U_{l2(ac)}$ and $U_{l2(dc)}$ as defined in 6.3.1.4 below.

The test shall be repeated for both polarities of the d.c. component.

6.3.1.4 Alternative test procedures

The composite a.c.-d.c. test may be replaced by an a.c. test and a d.c. test performed separately.

a) Essai en courant alternatif

L'essai consiste à appliquer les tensions d'essai spécifiées $U_{t1(ac)}$ et $U_{t2(ac)}$ pendant la durée spécifiée entre les deux bornes de la valve. $U_{t1(ac)}$ et $U_{t2(ac)}$ ont des formes d'onde sinusoïdales, à une fréquence de 50 Hz ou 60 Hz, en fonction des installations d'essai.

$$U_{t1(ac)} = k_{s1} \times (U_{ac1} + U_{dcm1}) / \sqrt{2}$$

$$U_{t2(ac)} = k_{s2} \times (U_{ac2} + U_{dcm2}) / \sqrt{2}$$

- 1) Augmenter la tension de 50 % à 100 % de $U_{t1(ac)}$.
- 2) Maintenir $U_{t1(ac)}$ pendant 1 min.
- 3) Réduire la tension à $U_{t2(ac)}$.
- 4) Maintenir $U_{t2(ac)}$ pendant 10 min, enregistrer le niveau des décharges partielles puis réduire la tension à zéro.
- 5) La valeur crête des décharges partielles périodiques enregistrée pendant la dernière minute de l'étape d) doit être inférieure à 200 pC, à condition que les composants qui sont sensibles aux décharges partielles dans la valve aient été soumis aux essais de manière séparée, ou, en remplacement, 50 pC dans le cas contraire.
- 6) La tension d'apparition et d'extinction doit être mesurée conformément à la CEI 60270. La valeur crête de la tension d'extinction doit être supérieure à U_{ac2} .

NOTE – L'essai prescrit peut appliquer sur certains composants de la valve des surcontraintes thermiques irréalistes. Dans ce cas, et sous réserve de l'accord entre l'acheteur et le fournisseur, l'essai de tenue en tension alternative d'1 min peut être remplacé par plusieurs essais plus courts dont la durée minimale est déterminée sur la base de la durée maximale possible de la condition de surtension spécifiée multipliée par 2, mais d'une durée totale d'au moins 1 min.

b) Essai en courant continu

En utilisant une tension d'essai continue, procéder comme pour l'essai de courant alternatif-courant continu combiné, en remplaçant U_{tv1} par $U_{t1(dc)}$ et U_{tv2} par $U_{t2(dc)}$.

$$U_{t1(dc)} = k_{s1} \sqrt{\left(\frac{U_{ac1}}{\sqrt{2}}\right)^2 + U_{dcm1}^2}$$

$$U_{t2(dc)} = k_{s2} \sqrt{\left(\frac{U_{ac2}}{\sqrt{2}}\right)^2 + U_{dcm2}^2}$$

L'essai doit être recommencé pour les deux polarités de la composante continue.

6.3.2 Essai de tension de choc de manœuvre

6.3.2.1 Objectifs

Voir 4.2.1.2.

Le principal objectif de cet essai est de vérifier la tenue de la valve, y compris le non-fonctionnement des éventuels circuits d'allumage de protection VBO. Cet essai contrôle la coordination correcte entre le niveau de protection du parafoudre et le seuil d'allumage de protection de la valve. Un autre objectif est de vérifier l'insensibilité de la valve aux perturbations électromagnétiques (voir l'article 7).

a) AC test

The test consists of applying the specified test voltages $U_{t1(ac)}$ and $U_{t2(ac)}$ for the specified duration between the two valve terminals. $U_{t1(ac)}$ and $U_{t2(ac)}$ have sinusoidal waveshapes with a frequency of 50 Hz or 60 Hz, depending on the test facilities.

$$U_{t1(ac)} = k_{s1} \times (U_{ac1} + U_{dcm1}) / \sqrt{2}$$

$$U_{t2(ac)} = k_{s2} \times (U_{ac2} + U_{dcm2}) / \sqrt{2}$$

- 1) Raise the voltage from 50 % to 100 % of $U_{t1(ac)}$.
- 2) Maintain $U_{t1(ac)}$ for 1 min.
- 3) Reduce the voltage to $U_{t2(ac)}$.
- 4) Maintain $U_{t2(ac)}$ for 10 min, record the partial discharge level and then reduce the voltage to zero.
- 5) The peak value of the periodic partial discharge recorded during the last minute of step d) shall be less than 200 pC, provided that the components which are sensitive to partial discharge in the valve have been separately tested, or alternatively 50 pC if they have not.
- 6) The measurement of inception and extinction voltage shall be performed in accordance with IEC 60270. The peak value of the extinction voltage shall be above U_{ac2} .

NOTE – The prescribed test may thermally overstress some valve components unrealistically. Where this is the case, subject to agreement between purchaser and supplier, the 1 min a.c. voltage withstand test may be replaced by several shorter tests whose minimum duration is determined from the maximum possible duration of the specified overvoltage condition multiplied by 2, but with a total duration of not less than 1 min.

b) DC test

Using a d.c. test voltage, proceed as for the combined a.c.-d.c. test above, with U_{tv1} replaced by $U_{t1(dc)}$ and U_{tv2} replaced by $U_{t2(dc)}$.

$$U_{t1(dc)} = k_{s1} \sqrt{\left(\frac{U_{ac1}}{\sqrt{2}} \right)^2 + U_{dcm1}^2}$$

$$U_{t2(dc)} = k_{s2} \sqrt{\left(\frac{U_{ac2}}{\sqrt{2}} \right)^2 + U_{dcm2}^2}$$

The test shall be repeated for both polarities of the d.c. component.

6.3.2 Switching impulse test

6.3.2.1 Objectives

See 4.2.1.2.

The main objective of this test is to verify the withstand of the valve including the non-operation of VBO protective firing circuits, if fitted. This test checks for correct coordination between the arrester protective level and the valve protective firing threshold. An additional objective is to verify the electromagnetic interference insensitivity of the valve (see clause 7).

6.3.2.2 Valeurs d'essai et formes d'onde

– Forme d'onde 1

Utiliser une forme d'onde de 20/200 μs qui s'approche, autant que possible, d'une forme d'onde d'extinction type ou une approximation de remplacement si elle est acceptée par les études système.

– Forme d'onde 2

Une forme d'onde normalisée de 250/2 500 μs doit être utilisée.

a) Valves protégées par des parafoudres

La tension d'essai doit être calculée à partir de la formule suivante:

$$U_{\text{tsv}} = k_s \times U_{\text{cms}} \quad (\text{formes d'onde 1 et 2})$$

où

U_{cms} est le niveau de protection du parafoudre pour les tensions de choc de manœuvre;

k_s est un facteur de sécurité d'essai;

$k_s = 1,1$.

b) Valves non protégées par des parafoudres

La tension d'essai doit être calculée à partir de la formule suivante:

$$U_{\text{tsv}} = k_s \times U_{\text{cms}} \quad (\text{formes d'onde 1 et 2})$$

où

U_{cms} est la tension de choc de manœuvre présumée, selon la CEI 60071 ou tel que déterminé par des études de coordination de l'isolement;

k_s est un facteur de sécurité d'essai;

$k_s = 1,3$.

La valve doit supporter l'essai sans commutation ou rupture de l'isolement.

6.3.2.3 Procédures d'essai

Il faut effectuer trois applications de chaque polarité d'une tension de choc de manœuvre de l'amplitude et de la forme d'onde spécifiées, entre les bornes de la valve, dont l'une peut être mise à la terre.

Au lieu d'inverser la polarité du générateur de surtension, il est admis d'effectuer l'essai en inversant les bornes de la valve avec le générateur dans la même polarité.

NOTE – L'éventuel allumage de protection ne doit pas fonctionner pendant l'essai.

6.3.2.2 Test values and waveshapes

– Waveshape 1

Use a 20/200 μ s waveshape, which approximates a typical extinction waveshape, or an alternative approximation if supported by system studies.

– Waveshape 2

A standard 250/2 500 μ s waveshape shall be used.

a) Valves protected by surge arresters:

The test voltage shall be calculated from the following equation:

$$U_{tsv} = k_s \times U_{cms} \text{ (waveshapes 1 and 2)}$$

where

U_{cms} is the arrester protective level for switching impulses;

k_s is a safety factor;

$k_s = 1,1$.

b) Valves not protected by surge arresters:

The test voltage shall be calculated from the following equation:

$$U_{tsv} = k_s \times U_{cms} \text{ (waveshapes 1 and 2)}$$

where

U_{cms} is the switching impulse prospective voltage according to IEC 60071, or as determined by insulation coordination studies;

k_s is a safety factor;

$k_s = 1,3$.

The valve shall withstand the test without switching or insulation breakdown.

6.3.2.3 Test procedures

Three applications of each polarity of a switching impulse voltage of the specified amplitude and waveshape shall be applied between the valve terminals, one of which may be earthed.

Instead of reversing the polarity of the surge generator, the test may be performed with one polarity of the surge generator and reversing the valve terminals.

NOTE – Protective firing, if fitted, shall not operate during the test.

6.4 Essais opérationnels

6.4.1 Essais de surintensité

Le principal objectif de ces essais est de démontrer la conception correcte de la valve dans des conditions de surintensité dues à l'allumage de la valve par instants, en présence de tension non nulle entre ses bornes.

6.4.1.1 Surintensité avec blocage résultant

6.4.1.1.1 Objectifs

L'objectif de cet essai est de démontrer la conception correcte de la valve en termes de contraintes de tension à des températures élevées de jonction du thyristor, induites par une surintensité. Il est nécessaire de démontrer la tenue en tension directe et inverse réappliquée.

6.4.1.1.2 Valeurs d'essai et formes d'onde

Les paramètres les plus importants à reproduire sont l'amplitude et la temporisation de la tension réappliquée (directe et inverse) ainsi que la température de thyristor correspondante. Une représentation convenable de di/dt et de la tension de rétablissement en échelon est également importante.

Le schéma du circuit d'une branche TSC est illustrée à la figure 1.

La forme d'onde du courant d'essai doit comprendre une ou deux impulsions ayant une valeur de courant de crête au moins égale à la valeur la plus élevée de la surintensité après laquelle le blocage est permis. Le cas le plus défavorable de surintensité et de la tension réappliquée correspondante (valeur échelon et crête), en considérant l'instant d'allumage et le nombre d'impulsions, doit être déterminé à partir d'études système en utilisant la séquence d'événements suivante:

- la valve doit être bloquée à la tension système la plus élevée admise par les systèmes de commande et de protection SVC;
- la valve doit être allumée avec la tension système telle qu'indiquée ci-dessus et les condensateurs étant chargés. Elle doit s'allumer peu de temps avant que la tension entre ses bornes ait atteint sa valeur maximale. Lorsqu'un système de protection est installé pour éviter l'allumage à des niveaux de tension élevés, l'allumage doit avoir lieu à la limite établie par la protection. Cet allumage de la valve doit déterminer la crête de courant;
- la valve doit être bloquée au premier croisement de courant nul afin de définir la contrainte de tension inverse maximale de la valve (figure 2). L'échelon de tension doit être directement défini après blocage de la valve et il ne doit pas comprendre le dépassement d'extinction de courant de la valve. La tension crête doit être définie à la crête de tension la plus élevée qui s'ensuit, dans le cadre d'un cycle de fréquences fondamentales;
- la valve doit être bloquée au second croisement de courant nul afin de définir la contrainte de tension directe maximale de la valve (figure 3). L'échelon de tension doit être directement défini après blocage de la valve et il ne doit pas comprendre le dépassement d'extinction de courant de la valve. La tension crête doit être définie à la crête de tension la plus élevée qui s'ensuit, dans le cadre d'un cycle de fréquences fondamentales.

Il est recommandé que la fréquence du courant d'essai soit aussi proche que possible de la fréquence résonnante du circuit TSC réel.

Si un parafoudre est utilisé pour limiter la tension de la valve, dans ce cas il est admis d'inclure dans le circuit d'essai un parafoudre spécial déterminé au prorata du nombre de niveaux de thyristors soumis à l'essai.

6.4 Operational tests

6.4.1 Overcurrent tests

The main objective of these tests is to demonstrate the proper design of the valve during overcurrent conditions, caused by valve firing at instants with non-zero voltage between its terminals.

6.4.1.1 Overcurrent with subsequent blocking

6.4.1.1.1 Objectives

The objective of the test is to demonstrate the correct design of the valve with regard to voltage stress at elevated thyristor junction temperatures produced by the overcurrent. Both forward and reverse reappplied voltage need to be demonstrated.

6.4.1.1.2 Test values and waveshapes

The most important parameters to be reproduced are the magnitude and timing of the reappplied voltage (forward and reverse), and the corresponding thyristor temperature. Adequate representation of di/dt and step recovery voltage is also important.

The circuit diagram of one TSC branch is shown in figure 1.

The test current waveshape shall comprise one or two pulses having a current of peak value at least equal to the highest value of overcurrent after which blocking is permitted. The worst case of overcurrent and corresponding reappplied voltage (step and peak value), considering firing instant and number of pulses, shall be determined from system studies using the following sequence of events:

- a) the valve shall be blocked at the highest system voltage permitted by the SVC control and protective systems;
- b) the valve shall be fired with the system voltage as indicated above, with the capacitors charged. It shall be fired shortly before the voltage between its terminals is at its maximum. Where a protective system is installed to prevent firing at high-voltage levels, the firing shall occur at the limit set by the protection. This valve firing shall determine the current peak;
- c) the valve shall be blocked at its first current zero crossing in order to define the valve maximum reverse voltage stress (figure 2). The step voltage shall be defined directly after the valve blocking, and it shall not include the valve current extinction overshoot. The peak voltage shall be defined at the largest subsequent voltage peak within a fundamental frequency cycle;
- d) the valve shall be blocked at its second current zero crossing in order to define the valve maximum forward voltage stress (figure 3). The step voltage shall be defined directly after the valve blocking, and it shall not include the valve current extinction overshoot. The peak voltage shall be defined at the largest subsequent voltage peak within a fundamental frequency cycle.

The frequency of the test current should approximate to the resonant frequency of the real TSC circuit.

If a surge arrester is used to limit the valve voltage, then a special arrester, pro-rated according to the number of thyristor levels under test, may be included in the test circuit.

6.4.1.1.3 Procédures d'essai

L'essai de surintensité peut être effectué en utilisant un circuit oscillatoire qui est constitué d'une bobine d'inductance et d'un condensateur alimenté à partir d'une source d'énergie à fréquence fondamentale ou par un circuit d'essai synthétique approprié.

Il convient d'effectuer l'essai de façon que les deux sens de conduction des chaînes de thyristors soient couverts.

- a) Préchauffer la valve (ou section de valve) à un état qui représente la température maximale en régime établi.
- b) Soumettre la valve (ou section de valve) à la surintensité et à la tension réappliquée associée la plus défavorable, déterminée selon 6.4.1.1.2.

NOTE – Il est admis que cet essai comprenne une ou deux boucles ou les deux à la fois, à condition que les objectifs d'essai soient remplis.

6.4.1.2 Surintensité sans blocage

6.4.1.2.1 Objectifs

L'objectif de cet essai est de démontrer la conception correcte de la valve en termes d'effet calorifique et de forces électromagnétiques imposées par la surintensité la plus astreignante à laquelle la valve peut être soumise en service.

6.4.1.2.2 Valeurs d'essai et formes d'onde

La forme d'onde du courant d'essai doit être une oscillation de courant sinusoïdale amortie ou une autre représentation appropriée qui donne un courant crête total I^2t ainsi qu'une température crête de jonction du thyristor au moins égale à la température de service.

Il convient que la fréquence du courant d'essai s'approche autant que possible de la fréquence résonnante du circuit TSC réel.

6.4.1.2.3 Procédures d'essai

L'essai de surintensité peut être effectué en utilisant un circuit oscillatoire qui est constitué d'une bobine d'inductance et d'un condensateur alimenté à partir d'une source d'énergie à fréquence fondamentale ou par un circuit d'essai synthétique approprié.

- a) Préchauffer la valve (ou section de valve) à un état qui représente la température maximale en régime établi.
- b) Soumettre la valve (ou section de valve) à la surintensité.

6.4.2 Essai de tension alternative minimale

6.4.2.1 Objectifs

L'objet de cet essai est de vérifier le fonctionnement correct du système d'allumage dans la valve TSC à la tension alternative minimale spécifiée et dans les conditions de service spécifiées.

6.4.2.2 Procédures d'essai, valeurs et formes d'onde

L'essai peut être réalisé sur une valve complète ou des sections de valve.

La procédure d'essai doit être la suivante:

6.4.1.1.3 Test procedure

The overcurrent test may be carried out using an oscillatory circuit, which consists of a reactor and capacitor fed from a fundamental frequency power source, or by an appropriate synthetic test circuit.

The test should be performed such that both directions of conduction of thyristor strings are tested.

- a) Preheat the valve (or valve section) to a condition which represents the maximum steady-state temperature.
- b) Subject the valve (or valve section) to the worst overcurrent and associated reapplied voltage determined by 6.4.1.1.2.

NOTE – The test may comprise one or two loops or both, provided the test objectives are met.

6.4.1.2 Overcurrent without blocking

6.4.1.2.1 Objectives

The objective of this test is to demonstrate the correct design of the valve with regard to the heating effect and electromagnetic forces imposed by the most onerous overcurrent to which the valve can be subjected in service.

6.4.1.2.2 Test values and waveshapes

The test current waveshape shall be a damped sinusoidal current oscillation, or a suitable alternative representation which gives a peak current total I^2t and peak thyristor junction temperature not less than in service.

The frequency of the test current should approximate to the resonant frequency of the real TSC circuit.

6.4.1.2.3 Test procedure

The overcurrent test may be carried out using an oscillatory circuit, which consists of a reactor and capacitor fed from a fundamental frequency power source, or by an appropriate synthetic test circuit.

- a) Preheat the valve (or valve section) to a condition which represents the maximum steady state temperature.
- b) Subject the valve (or valve section) to the overcurrent.

6.4.2 Minimum a.c. voltage test

6.4.2.1 Objectives

The purpose of this test is to verify proper operation of the firing system in the TSC valve at specified minimum a.c. voltage and specified operating conditions.

6.4.2.2 Test procedures, values and waveshapes

The test may be performed on a complete valve or valve sections.

The test procedure shall be as follows:

- a) appliquer la sous-tension temporaire minimale pour laquelle le TSC doit pouvoir être commandé et maintenir la valve en l'état conducteur pendant une durée au moins égale à deux fois la durée spécifiée de la sous-tension temporaire;
- b) répéter le point a) ci-dessus en réduisant (en continu ou par étapes) la tension jusqu'à zéro (ou jusqu'au niveau d'intervention de la protection), afin de démontrer que cet état n'est pas préjudiciable à la valve.

NOTE – En fonction de la conception de la valve, il peut être nécessaire de revenir à la valeur minimale en régime établi de la tension alternative, après chaque échelon de sous-tension, afin de recharger les alimentations de la gâchette.

6.4.3 Essai d'échauffement

6.4.3.1 Objectifs

Le principal objectif de cet essai est de démontrer que l'élévation de température des composants thermogènes les plus critiques reste dans les limites spécifiées, de vérifier qu'aucun composant ou matériau n'est soumis à des températures excessives dans diverses conditions de service en régime établi et de démontrer que le refroidissement prévu est approprié.

6.4.3.2 Procédures d'essai

L'essai peut être réalisé sur une valve complète ou des sections de valve.

La valve doit être soumise à des tensions et des courants qui entraînent des pertes de 5 % supérieures à celles qui ont lieu en service, dans des conditions de fonctionnement spécifiées, pour les conditions de refroidissement les plus astreignantes. L'essai doit être poursuivi pendant 30 min et après réalisation de l'équilibre thermique.

Il est admis que plusieurs essais soient requis afin de déterminer l'échauffement de certains composants dont les charges thermiques maximales peuvent apparaître dans différentes conditions de fonctionnement.

NOTE – Lorsque la température de la partie critique des composants thermogènes ne peut, dans la pratique, être déterminée par des mesures, par exemple la température de jonction des thyristors ou la température des éléments des résistances du circuit d'amortissement, il est admis d'effectuer une mesure en un point permettant d'estimer cette température.

7 Essais de perturbations électromagnétiques

7.1 Objectifs

L'objectif de ces essais est de démontrer l'insensibilité de la valve aux émissions électromagnétiques imposées par des événements extérieurs ou par la commutation d'autres valves placées à proximité.

Les essais doivent démontrer qu'à la suite d'émissions électromagnétiques

- il n'y a pas de déclenchement parasite de thyristors;
- il n'y a pas de fausse indication de défauts de niveau de thyristor ou de signaux erronés envoyés aux systèmes de commande et de protection du convertisseur par l'électronique de la valve.

7.2 Procédures d'essai

L'insensibilité aux perturbations électromagnétiques est vérifiée en surveillant la valve pendant les essais de tension de choc de manœuvre et les essais d'allumage non périodiques. Dans le premier cas, la valve qui est soumise à la tension de choc de manœuvre est également

- a) apply the minimum temporary undervoltage for which the TSC shall remain controlled and maintain the valve in the conducting state for a time which is at least equal to twice the specified duration of the temporary undervoltage;
- b) repeat item a) by reducing (continuously or in steps) the voltage to zero (or to the intervention level of the protection), in order to demonstrate that this condition is not harmful to the valve.

NOTE – Depending on the valve design, it may be necessary after each undervoltage step to return to the minimum steady-state value of the a.c. voltage in order to replenish the gate power supplies.

6.4.3 Temperature rise test

6.4.3.1 Objectives

The main purpose of this test is to demonstrate that the temperature rise of the most critical heat producing components is within specified limits, to verify that no components or materials are subjected to excessive temperatures under different steady-state operating conditions and to verify that the cooling is adequate.

6.4.3.2 Test procedures

The test may be performed on a complete valve or on valve sections.

The valve shall be subjected to voltages and currents that result in losses that are 5 % greater than those occurring in service under specified operating conditions, for the most stringent cooling conditions. The test shall be continued for 30 min after thermal equilibrium has been reached.

More than one test may be required in order to determine the temperature rise of components whose maximum thermal loading can occur under different operating conditions.

NOTE – Where the temperature of the critical part of the heat-producing components cannot practically be determined by measurement, for example the junction temperature of the thyristors or the element temperature of the damping resistors, a measurement at an appropriate point from which this temperature can be estimated may be used.

7 Electromagnetic interference tests

7.1 Objectives

The objective of these tests is to demonstrate the insensitivity of the valve to electromagnetic emission imposed by external events or by the switching of other closely located valves.

The tests shall demonstrate that, as a result of electromagnetic emission,

- spurious triggering of thyristors does not occur;
- false indication of thyristor level faults or erroneous signals sent to the converter control and protection systems by the valve electronics do not occur.

7.2 Test procedures

Insensitivity to electromagnetic interference is verified by monitoring the valve during the switching impulse and non-periodic firing tests. In the first case, the valve which is subjected to the switching impulse is also monitored for electromagnetic interference insensitivity. In the

surveillée en termes d'insensibilité aux perturbations électromagnétiques. Dans le second cas, une valve d'essai supplémentaire doit être mise en position adjacente à la valve soumise à l'essai d'allumage non périodique. L'objet d'essai supplémentaire doit être surveillé en termes de perturbations électromagnétiques.

Les dispositions géométriques des valves d'essai doivent représenter les conditions de service.

7.2.1 Essai de tension de choc de manœuvre

L'essai est réalisé dans le cadre des essais de type TCR/TSR (voir 5.3.2.1) et TSC (voir 6.3.2.1).

L'électronique de la valve soumise à l'essai doit être alimentée.

Les parties de l'électronique de base de la valve qui sont nécessaires à l'échange correct d'informations avec la valve d'essai doivent être incluses.

Les critères d'acceptation de l'essai sont l'absence de tout allumage parasite de la valve ou fausse indication de la valve vers le système de commande ou de protection.

7.2.2 Essai d'allumage non périodique

L'essai est réalisé dans le cadre des essais facultatifs TCR/TSR (voir 9.3) et TSC (voir 10.2).

L'électronique de la valve soumise à l'essai doit être alimentée.

Les parties de l'électronique de base de la valve qui sont nécessaires à l'échange correct d'informations avec la valve d'essai doivent être incluses.

Une fréquence opérationnelle à fréquence fondamentale (tension nominale de service) doit être appliquée entre les bornes de l'objet soumis à l'essai. Les essais doivent être réalisés à proximité de la crête de tension et exécutés pour les deux polarités de tension.

NOTE – Dans de nombreuses situations, il est possible de satisfaire aux objectifs de l'essai d'allumage non périodique en réalisant d'autres essais, par exemple pour la TCR par l'essai de tension de choc de manœuvre avec allumage VBO et pour le TSC par les essais de surintensité.

Les critères d'acceptation de l'essai sont l'absence de tout allumage parasite de la valve ou fausse indication de la valve vers le système de commande ou de protection. Ces critères s'appliquent tant à l'objet soumis à l'essai qu'à la valve auxiliaire.

8 Essais de production

Les essais spécifiés définissent les exigences d'essai minimales. Le fournisseur doit remettre une description détaillée des procédures d'essai destinée à satisfaire aux objectifs d'essai.

8.1 Contrôle visuel

Objectif de l'essai:

- a) vérifier que tous les matériaux et composants sont exempts de dommages et correctement installés;
- b) vérifier les données des composants installés;
- c) vérifier les distances d'isolement dans l'air et les lignes de fuite dans la valve.

second case, an additional test valve shall be positioned adjacent to the valve being subjected to the non-periodic firing test. This additional test object shall be monitored for electromagnetic interference.

The geometric arrangements of the test valves shall be as in service.

7.2.1 Switching impulse test

The test is performed as a part of the TCR/TSR and TSC type tests (5.3.2.1 and 6.3.2.1, respectively).

The electronics of the valve under test shall be energized.

Those parts of the valve base electronics that are necessary for the proper exchange of information with the test valve shall be included.

The criteria for test acceptance are that no spurious valve firing or false indication from the valve to control or protection system occur.

7.2.2 Non-periodic firing test

The test is performed as a part of the TCR/TSR and TSC optional tests (9.3 and 10.2, respectively).

The electronics of the valve under test shall be energized.

Those parts of the valve base electronics that are necessary for the proper exchange of information with the test valve shall be included.

The test object shall have operational fundamental frequency voltage (nominal service voltage) across its terminals. The tests shall be performed close to the peak of the voltage and run at both polarities of the voltage.

NOTE – In many cases the non-periodic firing test objectives can be fulfilled by other tests e.g. for the TCR by the switching impulse test with VBO firing and for the TSC by the overcurrent tests.

The criteria for test acceptance are that no spurious valve firing or false indication from the valve to control or protection system occur. These criteria apply to both the test object and the auxiliary valve.

8 Production tests

The specified tests define the minimum testing required. The supplier shall provide a detailed description of the test procedures to meet the test objectives.

8.1 Visual inspection

Test objective:

- a) to check that all materials and components are undamaged and correctly installed;
- b) to check data of components installed;
- c) to check air clearances and creepage distances within the valve.

8.2 Contrôle des connexions

Objectif de l'essai:

- a) vérifier que les principales connexions conductrices ont été correctement réalisées;
- b) vérifier le couple de serrage des thyristors;
- c) vérifier le câblage point à point.

8.3 Contrôle du circuit diviseur/amortisseur des potentiels

Objectif de l'essai: vérifier les paramètres (résistance et capacité) du circuit diviseur/ amortisseur des potentiels et s'assurer ainsi que les tensions entre thyristors montés en série seront correctement partagées.

8.4 Contrôle de la tenue en tension

Objectif de l'essai: vérifier que les niveaux de thyristors peuvent supporter la tension correspondant à la valeur maximale spécifiée pour la valve.

8.5 Contrôle des auxiliaires

Objectif de l'essai: vérifier que les auxiliaires (tels que les circuits de contrôle et de protection) à chaque niveau de thyristor ainsi que ceux qui sont communs à la valve complète (ou à la section de valve) fonctionnent correctement.

8.6 Contrôle de l'allumage

Objectif de l'essai: vérifier que les thyristors dans chaque niveau de thyristor s'amorcent correctement en réponse à des signaux d'allumage.

8.7 Essai de pression du circuit de refroidissement

Objectif de l'essai:

- a) vérifier qu'il n'y a pas de fuite;
- b) vérifier que le débit est correct à la fois dans la valve dans son ensemble et dans tous les sous-circuits;
- c) vérifier la pression différentielle.

9 Essais facultatifs sur valves TCR et TSR

9.1 Essai de surintensité

9.1.1 Surintensité avec blocage résultant

9.1.1.1 Objectifs

Cet essai vérifie la capacité de la valve à supporter des surintensités avec blocage résultant à des températures de thyristor égales à la valeur maximale admise par le système de commande ou de protection de la valve. Cet essai tient compte du courant continu piégé lorsqu'il est mis fin à la surintensité par blocage à di/dt élevé.

NOTE – Dans de nombreuses circonstances, les objectifs de cet essai peuvent être satisfaits par l'essai d'allumage et d'extinction périodique (voir 5.4.1), auquel cas il est admis d'omettre le présent essai.

8.2 Connection check

Test objective:

- a) to check that all the main current-carrying connections have been made correctly;
- b) to check the clamping force of thyristors;
- c) to check the point to point wiring.

8.3 Voltage-dividing/damping circuit check

Test objective: check the dividing/damping circuit parameters (resistance and capacitance) and thereby ensure that voltage sharing between series-connected thyristors will be correct.

8.4 Voltage withstand check

Test objective: check that the thyristor levels can withstand the voltage corresponding to the maximum value specified for the valve.

8.5 Check of auxiliaries

Test objective: 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.

8.6 Firing check

Test objective: check that the thyristors in each thyristor level turn on correctly in response to firing signals.

8.7 Cooling system pressure test

Test objective:

- a) check that there are no leaks;
- b) check for adequate flow, both in the valve as a whole and in all subcircuits;
- c) check the differential pressure.

9 Optional tests on TCR and TSR valves

9.1 Overcurrent test

9.1.1 Overcurrent with subsequent blocking

9.1.1.1 Objectives

This test verifies the capability of the valve to withstand overcurrent with subsequent blocking at thyristor temperatures equal to the maximum value allowed by valve control or protection. The test considers the condition of d.c. trapped current where the overcurrent is terminated by blocking at high di/dt .

NOTE – In many cases the objectives of this test can be satisfied by the periodic firing and extinction test (5.4.1), in which case this test may be omitted.

9.1.1.2 Valeurs d'essai et formes d'onde

La valve doit être soumise à une tension réappliquée qui s'approche de la forme d'onde d'extinction observée en service. La tension réappliquée peut être produite soit par un générateur d'impulsion séparé, soit par le circuit d'essai proprement dit.

Forme d'onde 1: utiliser une forme d'onde de 20/200 µs qui s'approche d'une forme d'onde d'extinction type ou une approximation de remplacement si elle est acceptée par les études système.

$$U_{tsv} = k_s \times U_{cms} \text{ (forme d'onde 1)}$$

où

U_{cms} est le niveau minimal de protection de la valve, défini par le parafoudre ou VBO, ou le niveau garanti de tenue de la valve lorsqu'aucune protection contre les surtensions n'est prévue;

k_s est un facteur d'essai;

$k_s = 0,9$.

9.1.1.3 Procédures d'essai

- Etablir une condition de courant maximal en régime établi et la maintenir jusqu'à ce que l'équilibre thermique soit atteint à la température de jonction en régime établi.
- Soumettre la valve à un courant d'essai convenable pour élever la température de jonction à sa valeur maximale admise par le système de commande et de protection de la valve.
- Bloquer la valve à une valeur di/dt représentative.
- Soumettre la valve à la tension inverse de dépassement d'extinction.

9.1.2 Surintensité sans blocage

9.1.2.1 Objectifs

On suppose des conditions de défaut telles que le courant de la valve dépasse la limite de calcul. Cet essai vérifie la capacité de la valve à supporter des surintensités sans blocage, jusqu'à déclenchement du SVC.

9.1.2.2 Valeurs d'essai et formes d'onde

Le courant d'essai doit avoir une valeur crête et un effet calorifique correspondant au cas le plus défavorable de surtension, spécifiée en fonction du temps, en soumettant les deux sens de conduction aux essais. La durée de l'essai doit être fondée sur le système de protection du SVC.

9.1.2.3 Procédures d'essai

Il est admis que le circuit d'essai utilise une source de courant à fréquence industrielle, l'objet soumis à l'essai étant monté en série avec une bobine d'inductance, ou un autre circuit de remplacement approprié. Il n'est pas nécessaire d'appliquer de tension à la valve à la fin de l'essai.

- Préchauffer la valve ou la section de valve de façon que les jonctions de thyristor atteignent la température maximale de fonctionnement en régime établi.
- Soumettre la valve à la forme d'onde de courant spécifiée.