



IEC 60700-1

Edition 1.2 2008-11

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Thyristor valves for high voltage direct current (HVDC) power transmission –
Part 1: Electrical testing**

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

CJ

ICS 29.200; 31.080.20

ISBN 2-8318-1004-1

CONTENS

FOREWORD.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references.....	7
3 Definitions.....	7
3.1 Insulation co-ordination terms.....	7
3.2 Valve construction terms.....	9
3.3 Type tests.....	9
3.4 Production tests.....	10
4 General requirements.....	10
4.1 Guidelines for the performance of type tests.....	10
4.1.1 Evidence in lieu.....	10
4.1.2 Test object.....	10
4.1.3 Sequence of tests.....	10
4.1.4 Test procedures.....	10
4.1.5 Ambient temperature for testing.....	10
4.1.6 Frequency for testing.....	10
4.1.7 Test reports.....	11
4.2 Atmospheric correction.....	11
4.3 Treatment of redundancy.....	11
4.3.1 Dielectric tests.....	11
4.3.2 Operational tests.....	11
4.4 Criteria for successful type testing.....	12
4.4.1 Criteria applicable to thyristor levels.....	12
4.4.2 Criteria applicable to the valve as a whole.....	13
5 List of type tests.....	13
6 Dielectric tests on valve support.....	14
6.1 Purpose of tests.....	14
6.2 Test object.....	15
6.3 Test requirements.....	15
6.3.1 Valve support d.c. voltage test.....	15
6.3.2 Valve support a.c. voltage test.....	16
6.3.3 Valve support switching impulse test.....	16
6.3.4 Valve support lightning impulse test.....	16
7 Dielectric tests for multiple valve units (MVU).....	17
7.1 Purpose of tests.....	17
7.2 Test object.....	17
7.3 Test requirements.....	17
7.3.1 MVU d.c. voltage test to earth.....	17
7.3.2 MVU a.c. voltage test.....	18
7.3.3 MVU switching impulse test.....	19
7.3.4 MVU lightning impulse test.....	19
8 Dielectric tests between valve terminals.....	20
8.1 Purpose of tests.....	20
8.2 Test object.....	20
8.3 Test requirements.....	21

8.3.1	Valve d.c. voltage test.....	21
8.3.2	Valve a.c. voltage test.....	21
8.3.3	Valve impulse tests (general).....	23
8.3.4	Valve switching impulse test.....	23
8.3.5	Valve lightning impulse test.....	24
8.3.6	Valve steep front impulse test.....	24
8.4	Valve non-periodic firing test.....	25
8.4.1	Purpose of test.....	25
8.4.2	Test object.....	25
8.4.3	Test requirements.....	25
9	Periodic firing and extinction tests.....	26
9.1	Purpose of tests.....	26
9.2	Test object.....	26
9.3	Test requirements.....	26
9.3.1	Maximum continuous operating duty tests.....	27
9.3.2	Maximum temporary operating duty test ($\alpha = 90^\circ$).....	29
9.3.3	Minimum a.c. voltage tests.....	30
9.3.4	Temporary undervoltage test.....	31
9.3.5	Intermittent direct current tests.....	32
10	Tests with transient forward voltage during the recovery period.....	32
10.1	Purpose of tests.....	32
10.2	Test object.....	32
10.3	Test requirements.....	32
11	Valve fault current tests.....	33
11.1	Purpose of tests.....	33
11.2	Test object.....	34
11.3	Test requirements.....	34
11.3.1	One-loop fault current test with re-applied forward voltage.....	35
11.3.2	Multiple-loop fault current test without re-applied forward voltage.....	36
12	Tests for valve insensitivity to electromagnetic disturbance.....	36
12.1	Purpose of tests.....	36
12.2	Test object.....	37
12.3	Test requirements.....	37
12.3.1	Approach one.....	37
12.3.2	Approach two.....	37
12.3.3	Acceptance criteria.....	38
13	Testing of special features and fault tolerance.....	38
13.1	Purpose of tests.....	38
13.1.1	General.....	38
13.1.2	Circuits to facilitate the proper control, protection and monitoring of the valve.....	38
13.1.3	Features included in the valve to provide fault tolerance.....	38
13.2	Test object.....	39
13.3	Test requirements.....	39

14	Production tests.....	39
14.1	Purpose of tests	39
14.2	Test object	39
14.3	Test requirements.....	39
14.4	Production test objectives.....	40
14.4.1	Visual inspection.....	40
14.4.2	Connection check	40
14.4.3	Voltage-grading circuit check	40
14.4.4	Voltage withstand check	40
14.4.5	Partial discharge tests	40
14.4.6	Check of auxiliaries	40
14.4.7	Firing check.....	40
14.4.8	Pressure test	40
15	Method for loss determination	40
16	Presentation of type test results	41
	Annex A (normative) Test safety factors	42
	Annex B (normative) Partial discharge measurements	47
	Figure 1 – Steep front impulse test voltage.....	8
	Table 1 – Thyristor level faults permitted during type tests.....	13
	Table 2 – List of type tests	14

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

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

Part 1: Electrical testing

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of 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, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). 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. 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 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 IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

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

This consolidated version of IEC 60700-1 consists of the first edition (1998) [documents 22F/44/FDIS and 22F/46/RVD], its amendment 1 (2003) [documents 22F/81/FDIS and 22F/85/RVD] and its amendment 2 (2008) [documents 22F/154/CDV and 22F/164/RVC].

The technical content is therefore identical to the base edition and its amendments and has been prepared for user convenience.

It bears the edition number 1.2.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendments 1 and 2.

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

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendments will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

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

Part 1: Electrical testing

1 Scope

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

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

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

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

IEC 60060, *High-voltage test techniques*

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

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

IEC 60099, *Surge arresters*

IEC 60270:2000, *High-voltage test techniques – Partial discharge measurements*

IEC 61803:1999, *Determination of power losses in high-voltage direct current (HVDC) converter stations*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	53
1 Domaine d'application	55
2 Références normatives	55
3 Définitions	55
3.1 Termes relatifs à la coordination de l'isolement	55
3.2 Termes relatifs à la construction des valves	57
3.3 Essais de type	57
3.4 Essais de série	58
4 Prescriptions générales	58
4.1 Lignes directrices concernant la réalisation d'essais de type	58
4.1.1 Substitution de preuve	58
4.1.2 Objet soumis à l'essai	58
4.1.3 Séquence d'essais	58
4.1.4 Procédures d'essai	58
4.1.5 Température ambiante des essais	58
4.1.6 Fréquence d'essai	59
4.1.7 Rapports d'essai	59
4.2 Correction atmosphérique	59
4.3 Traitement de la redondance	59
4.3.1 Essais diélectriques	59
4.3.2 Essais de fonctionnement	59
4.4 Critères de réussite des essais de type	60
4.4.1 Critères applicables aux niveaux de thyristors	60
4.4.2 Critères applicables à la valve dans son ensemble	61
5 Liste des essais de type	61
6 Essais diélectriques sur support de valve	62
6.1 Objectifs des essais	62
6.2 Objet soumis à l'essai	63
6.3 Prescriptions d'essai	63
6.3.1 Essai sur support de valve sous tension continue	63
6.3.2 Essai sur support de valve sous tension alternative	64
6.3.3 Essai de support de valve sous tension de choc de manoeuvre	64
6.3.4 Essai de support de valve sous tension de choc de foudre	64
7 Essais diélectriques pour unités de valves multiples (UVM)	65
7.1 Objectif des essais	65
7.2 Objet soumis à l'essai	65
7.3 Prescriptions d'essai	65
7.3.1 Essai d'UVM sous tension continue à la terre	65
7.3.2 Essai d'UVM sous tension alternative	66
7.3.3 Essai d'UVM sous tension de choc de manoeuvre	67
7.3.4 Essai d'UVM sous tension de choc de foudre	67
8 Essais diélectriques entre les bornes de valve	68
8.1 Objectifs des essais	68
8.2 Objet soumis à l'essai	69
8.3 Prescriptions d'essai	69

8.3.1	Essai de valve sous tension continue	69
8.3.2	Essai de valve sous tension alternative	70
8.3.3	Essais de valve sous tension de choc (généralités)	71
8.3.4	Essai de valve sous tension de choc de manoeuvre	71
8.3.5	Essai de valve sous tension de choc de foudre.....	72
8.3.6	Essai de valve sous tension de choc à front raide.....	72
8.4	Essai d'allumage non périodique de valve	73
8.4.1	Objectifs de l'essai.....	73
8.4.2	Objet soumis à l'essai.....	73
8.4.3	Prescriptions d'essai.....	74
9	Essais d'allumage et d'extinction périodiques	75
9.1	Objectifs des essais.....	75
9.2	Objet soumis à l'essai.....	75
9.3	Prescriptions d'essai.....	75
9.3.1	Essais en service continu maximal.....	76
9.3.2	Essai en service temporaire maximal ($\alpha = 90^\circ$).....	78
9.3.3	Essais sous tension alternative minimale	78
9.3.4	Essai à manque de tension temporaire.....	80
9.3.5	Essais avec courant continu intermittent	80
10	Essais sous tension directe transitoire durant la période de rétablissement	81
10.1	Objectifs des essais.....	81
10.2	Objet soumis à l'essai.....	81
10.3	Prescriptions d'essai.....	81
11	Essais de valve en courant de défaut	82
11.1	Objectif des essais	82
11.2	Objet soumis à l'essai.....	83
11.3	Prescriptions d'essai.....	83
11.3.1	Essai en courant de défaut à une boucle avec réapplication de tension directe	83
11.3.2	Essai en courant de défaut à boucles multiples sans réapplication de tension directe.....	84
12	Essais sur l'insensibilité de la valve aux perturbations électromagnétiques	85
12.1	Objectifs des essais.....	85
12.2	Objet soumis à l'essai.....	86
12.3	Prescriptions d'essai.....	86
12.3.1	Première approche	86
12.3.2	Deuxième approche	86
12.3.3	Critères d'acceptation	87
13	Essai de caractéristiques spéciales et tolérance aux défauts	87
13.1	Objectifs des essais.....	87
13.1.1	Généralités	87
13.1.2	Circuits fournis pour faciliter la commande, la protection et le contrôle corrects de la valve	87
13.1.3	Caractéristiques intégrées dans la valve pour fournir la tolérance aux défauts	87
13.2	Objet soumis à l'essai.....	88
13.3	Prescriptions d'essai.....	88

14	Essais de série	88
14.1	Objectifs des essais.....	88
14.2	Objet soumis à l'essai.....	88
14.3	Prescriptions d'essai.....	88
14.4	Objectifs des essais de série	89
14.4.1	Examen visuel	89
14.4.2	Vérification de connexion	89
14.4.3	Vérification du circuit de répartition des potentiels	89
14.4.4	Vérification de la résistance à la tension.....	89
14.4.5	Essais de décharge partielle	89
14.4.6	Vérification des auxiliaires	89
14.4.7	Vérification de l'allumage	89
14.4.8	Essai de pression	89
15	Méthode de détermination de perte	89
16	Présentation de résultats d'essai de type	90
	Annexe A (normative) Facteurs de sécurité d'essai.....	91
	Annexe B (normative) Mesures de décharge partielle	96
	Figure 1 – Tension d'essai aux ondes de front raide	56
	Tableau 1 – Défauts de niveaux de thyristors autorisés au cours des essais	61
	Tableau 2 – Liste des essais de type	62

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

Partie 1: Essais électriques

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

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

La présente version consolidée de la CEI 60700-1 comprend la première édition (1998) [documents 22F/44/FDIS et 22F/46/RVD], son amendement 1 (2003) [documents 22F/81/FDIS et 22F/85/RVD] et son amendement 2 (2008) [documents 22F/154/CDV et 22F/164/RVC].

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et à ses amendements; cette version a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

Elle porte le numéro d'édition 1.2.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par les amendements 1 et 2.

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

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

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

Partie 1: Essais électriques

1 Domaine d'application

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

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

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

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

CEI 60060, *Techniques des essais à haute tension*

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

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

CEI 60099, *Parafoudres*

CEI 60270:2000, *Techniques des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles*

CEI 61803:1999, *Détermination des pertes de puissance dans les postes de conversion en courant continu à haute tension (CCHT)*