



IEC 62501

Edition 1.0 2009-06

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE

---

**Voltage sourced converter (VSC) valves for high-voltage direct current (HVDC) power transmission – Electrical testing**

**Valves à convertisseur de source de tension (VSC) pour le transport d'énergie en courant continu à haute tension (CCHT) – Essais électriques**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX



---

ICS 29.200; 29.240

ISBN 2-8318-1048-1

## CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references .....	7
3 Terms and definitions .....	7
3.1 Insulation co-ordination terms .....	7
3.2 Power semiconductor terms .....	8
3.3 Operating states.....	8
3.3.1 Operating state of an IGBT-diode pair .....	8
3.3.2 Operating state of converter .....	9
3.4 VSC construction terms.....	9
3.5 Valve structure terms .....	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 test .....	11
4.1.4 Test procedure .....	11
4.1.5 Ambient temperature for testing.....	11
4.1.6 Frequency for testing.....	11
4.1.7 Test reports.....	11
4.2 Atmospheric correction factor.....	11
4.3 Treatment of redundancy.....	12
4.3.1 Operational tests .....	12
4.3.2 Dielectric tests.....	12
4.4 Criteria for successful type testing.....	12
4.4.1 General .....	12
4.4.2 Criteria applicable to valve levels .....	13
4.4.3 Criteria applicable to the valve as a whole.....	14
5 List of type tests .....	14
6 Operational tests .....	14
6.1 Purpose of tests .....	14
6.2 Test object .....	15
6.3 Test circuit .....	15
6.4 Maximum continuous operating duty test.....	15
6.5 Maximum temporary over-load operating duty test.....	16
6.6 Minimum d.c. voltage test.....	16
7 Dielectric tests on valve support structure .....	17
7.1 Purpose of tests .....	17
7.2 Test object .....	17
7.3 Test requirements .....	17
7.3.1 Valve support d.c. voltage test.....	17
7.3.2 Valve support a.c. voltage test.....	18
7.3.3 Valve support switching impulse test .....	19
7.3.4 Valve support lightning impulse test .....	19
8 Dielectric tests on multiple valve unit.....	19
8.1 Purpose of tests .....	19

8.2	Test object .....	19
8.3	Test requirements .....	20
8.3.1	MVU d.c. voltage test to earth .....	20
8.3.2	MVU a.c. voltage test .....	20
8.3.3	MVU switching impulse test .....	21
8.3.4	MVU lightning impulse test .....	22
9	Dielectric tests between valve terminals .....	22
9.1	Purpose of the test .....	22
9.2	Test object .....	23
9.3	Test requirements .....	23
9.3.1	Valve a.c. – d.c. voltage test .....	23
9.3.2	Valve impulse tests (general) .....	25
9.3.3	Valve switching impulse test .....	25
9.3.4	Valve lightning impulse test .....	26
10	IGBT overcurrent turn-off test .....	26
10.1	Purpose of test .....	26
10.2	Test object .....	27
10.3	Test requirements .....	27
11	Short-circuit current test .....	27
11.1	Purpose of tests .....	27
11.2	Test object .....	27
11.3	Test requirements .....	27
12	Tests for valve insensitivity to electromagnetic disturbance .....	28
12.1	Purpose of tests .....	28
12.2	Test object .....	28
12.3	Test requirements .....	28
12.3.1	General .....	28
12.3.2	Approach one .....	28
12.3.3	Approach two .....	29
12.3.4	Acceptance criteria .....	29
13	Production tests .....	29
13.1	Purpose of tests .....	29
13.2	Test object .....	29
13.3	Test requirements .....	30
13.4	Production test objectives .....	30
13.4.1	Visual inspection .....	30
13.4.2	Connection check .....	30
13.4.3	Voltage-grading circuit check .....	30
13.4.4	Control, protection and monitoring circuit checks .....	30
13.4.5	Voltage withstand check .....	30
13.4.6	Partial discharge tests .....	30
13.4.7	Turn-on / turn-off check .....	30
13.4.8	Pressure test .....	31
14	Presentation of type test results .....	31
	Annex A (informative) Overview of VSC topology .....	32
	Annex B (informative) Fault tolerance capability .....	40
	Bibliography .....	41

Figure A.1 – A single VSC phase unit and its idealized output voltage ..... 33

Figure A.2 – Output voltage of a VSC phase unit for a 2-level converter ..... 33

Figure A.3 – Output voltage of a VSC phase unit for a 15-level converter, without PWM ..... 34

Figure A.4 – Basic circuit topology of one phase unit of a 2-level converter ..... 35

Figure A.5 – Basic circuit topology of one phase unit of a 3-level diode-clamped converter ..... 36

Figure A.6 – Basic circuit topology of one phase unit of a 5-level diode-clamped converter ..... 36

Figure A.7 – Basic circuit topology of one phase unit of a 3-level flying capacitor converter ..... 37

Figure A.8 – A single VSC phase unit with valves of the “controllable voltage source” type ..... 38

Figure A.9 – One possible implementation of a multi-level “voltage source” VSC valve ..... 38

  

Table 1 – Minimum number of valve levels to be tested as a function of the number of valve levels per valve..... 11

Table 2 – Valve level faults permitted during type tests..... 13

Table 3 – List of type tests ..... 14

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

---

**VOLTAGE SOURCED CONVERTER (VSC)  
VALVES FOR HIGH-VOLTAGE DIRECT CURRENT (HVDC)  
POWER TRANSMISSION – 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.

IEC 62501 has been prepared by subcommittee 22F: Power electronics for electrical transmission and distribution systems, of IEC technical committee 22: Power electronic systems and equipment.

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

FDIS	Report on voting
22F/185/FDIS	22F/193/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 2.

The committee has decided that the contents of this publication 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.

# VOLTAGE SOURCED CONVERTER (VSC) VALVES FOR HIGH-VOLTAGE DIRECT CURRENT (HVDC) POWER TRANSMISSION – ELECTRICAL TESTING

## 1 Scope

This International Standard applies to self-commutated converter valves, for use in a three-phase bridge voltage sourced converter (VSC) 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.

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

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

IEC 60071-1:2006, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

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

Amendment 1(2003)

Amendment (2008)

ISO/IEC 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

---

<sup>1)</sup> There exists a consolidated edition 1.2 (2008) that comprises IEC 60700-1, Amendment 1 and Amendment 2.

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	45
1 Domaine d'application .....	47
2 Références normatives .....	47
3 Termes et définitions .....	47
3.1 Termes relatifs à la coordination de l'isolement .....	47
3.2 Termes relatifs au semi-conducteur de puissance .....	48
3.3 États de fonctionnement .....	48
3.3.1 État de fonctionnement d'une paire IGBT-diode .....	48
3.3.2 État de fonctionnement d'un convertisseur .....	49
3.4 Termes relatifs à la construction du VSC .....	49
3.5 Termes relatifs à la structure de la valve .....	50
4 Exigences générales .....	50
4.1 Lignes directrices pour l'exécution des essais de type .....	50
4.1.1 Autres éléments pouvant faire office de preuve .....	50
4.1.2 Objet d'essai .....	51
4.1.3 Séquence d'essai .....	51
4.1.4 Procédure d'essai .....	51
4.1.5 Température ambiante pour les essais .....	51
4.1.6 Fréquence des essais .....	51
4.1.7 Rapports d'essai .....	52
4.2 Facteur de correction atmosphérique .....	52
4.3 Traitement de la redondance .....	52
4.3.1 Essais de fonctionnement .....	52
4.3.2 Essais diélectriques .....	52
4.4 Critères pour des essais de type réussis .....	53
4.4.1 Généralités .....	53
4.4.2 Critères applicables aux niveaux de valve .....	53
4.4.3 Critères applicables à l'ensemble de la valve .....	54
5 Liste des essais de type .....	54
6 Essais de fonctionnement .....	55
6.1 Objectif des essais .....	55
6.2 Objet d'essai .....	55
6.3 Circuit d'essai .....	56
6.4 Essai de contrainte en fonctionnement continu maximal .....	56
6.5 Essai de contrainte en fonctionnement en surcharge temporaire maximale .....	57
6.6 Essai de tension c.c. minimale .....	57
7 Essais diélectriques sur la structure de support de valve .....	58
7.1 Objectif des essais .....	58
7.2 Objet d'essai .....	58
7.3 Exigences relatives aux essais .....	58
7.3.1 Essai de tension c.c. du support de valve .....	58
7.3.2 Essai de tension c.a. du support de valve .....	59
7.3.3 Essai d'impulsion de commutation de support de valve .....	60
7.3.4 Essai d'impulsion de foudre du support de valve .....	60
8 Essais diélectriques sur une unité de valves multiples .....	60
8.1 Objectif des essais .....	60



8.2	Objet d'essai .....	60
8.3	Exigences relatives aux essais .....	61
8.3.1	Essai de tension c.c. de la MVU à la terre .....	61
8.3.2	Essai de tension c.a. de la MVU .....	61
8.3.3	Essai d'impulsion de commutation de la MVU .....	62
8.3.4	Essai d'impulsion de foudre de la MVU .....	63
9	Essais diélectriques entre les bornes de la valve .....	64
9.1	Objectif de l'essai .....	64
9.2	Objet d'essai .....	64
9.3	Exigences relatives aux essais .....	65
9.3.1	Essai de tension c.a. – c.c. de la valve .....	65
9.3.2	Essais d'impulsion de la valve (généralités) .....	66
9.3.3	Essai d'impulsion de commutation de la valve .....	67
9.3.4	Essai d'impulsion de foudre de la valve .....	67
10	Essai de mise hors tension de l'IGBT en cas de surintensité .....	68
10.1	Objectif de l'essai .....	68
10.2	Objet d'essai .....	68
10.3	Exigences relatives à l'essai .....	68
11	Essai de courant de court-circuit .....	69
11.1	Objectif des essais .....	69
11.2	Objet d'essai .....	69
11.3	Exigences relatives aux essais .....	69
12	Essai d'insensibilité de la valve aux perturbations électromagnétiques .....	69
12.1	Objectif des essais .....	69
12.2	Objet d'essai .....	70
12.3	Exigences relatives aux essais .....	70
12.3.1	Généralités .....	70
12.3.2	Première approche .....	70
12.3.3	Deuxième approche .....	70
12.3.4	Critères d'acceptation .....	71
13	Essais de production .....	71
13.1	Objectif des essais .....	71
13.2	Objet d'essai .....	71
13.3	Exigences relatives aux essais .....	72
13.4	Objectifs des essais de production .....	72
13.4.1	Examen visuel .....	72
13.4.2	Vérification de la connexion .....	72
13.4.3	Vérification du circuit d'évaluation de la tension .....	72
13.4.4	Vérification des circuits de commande, de protection et de surveillance .....	72
13.4.5	Vérification de la tenue en tension .....	72
13.4.6	Essais de décharge partielle .....	72
13.4.7	Vérification de la mise sous / hors tension .....	73
13.4.8	Essais de pression .....	73
14	Présentation des résultats d'essais de type .....	73
	Annexe A (informative) Vue d'ensemble de la topologie des VSC .....	74
	Annexe B (informative) Capacité de tolérance aux pannes .....	82
	Bibliographie .....	83

Figure A.1 – Une unité de phase VSC unique et sa tension de sortie idéale.....	75
Figure A.2 – Tension de sortie d'une unité de phase VSC pour un convertisseur à 2 niveaux.....	75
Figure A.3 – Tension de sortie d'une unité de phase VSC pour un convertisseur à 15 niveaux, sans MLI.....	76
Figure A.4 – Topologie de circuit élémentaire d'une unité de phase d'un convertisseur à 2 niveaux.....	77
Figure A.5 – Topologie de circuit élémentaire d'une unité de phase d'un convertisseur lié à une diode à 3 niveaux.....	78
Figure A.6 – Topologie de circuit élémentaire d'une unité de phase d'un convertisseur lié à une diode à 5 niveaux.....	78
Figure A.7 – Topologie de circuit élémentaire d'une unité de phase d'un convertisseur à condensateur volant à 3 niveaux.....	79
Figure A.8 – Une unité de phase VSC unique avec des valves du type «source de tension commandable».....	80
Figure A.9 – Une mise en œuvre possible d'une valve à VSC « à source de tension » multi-niveaux.....	80
Tableau 1 – Nombre minimal de niveaux de valve à essayer en fonction du nombre de niveaux de valve par valve.....	51
Tableau 2 – Pannes de niveau de valve autorisées au cours des essais de type.....	54
Tableau 3 – Liste des essais de type.....	55

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

---

### **VALVES À CONVERTISSEUR DE SOURCE DE TENSION (VSC) POUR LE TRANSPORT D'ÉNERGIE EN COURANT CONTINU À HAUTE TENSION (CCHT) – 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 CEI 62501 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: Systèmes et équipements électroniques de puissance.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
22F/185/FDIS	22F/193/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 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication 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 CONVERTISSEUR DE SOURCE DE TENSION (VSC) POUR LE TRANSPORT D'ÉNERGIE EN COURANT CONTINU À HAUTE TENSION (CCHT) – ESSAIS ÉLECTRIQUES

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale s'applique aux valves à convertisseur autocommuté, conçues pour être utilisées dans un convertisseur de source de tension (VSC, valve sourced converter en anglais) en pont triphasé pour le transport d'énergie en courant continu à haute tension ou en tant qu'élément d'une liaison dos-à-dos. Elle se limite aux essais de type électrique et de production.

Les essais spécifiés dans la présente norme sont établis à partir de valves dans l'air. Pour les autres types de valves, il faut que les exigences relatives aux essais 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 (y compris les éventuels amendements) s'applique.

CEI 60060 (toutes les parties), *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 60071-1:2006, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

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

Amendement 1(2003)

Amendement (2008)

ISO/CEI 17025, *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais*

---

<sup>1)</sup> Il existe une édition consolidée 1.2 (2008) comprenant la CEI 60700-1, l'Amendement 1 et l'Amendement 2.