

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Voltage sourced converter (VSC) valves for static synchronous compensator (STATCOM) – Electrical testing

Valves de convertisseur source de tension (VSC) pour compensateur synchrone statique (STATCOM) – Essais électriques

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.200; 29.240.99

ISBN 978-2-8322-5415-8

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor. Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.
--

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 of converter	8
3.4 STATCOM construction terms.....	9
3.5 Valve structure terms.....	10
4 General requirements	11
4.1 Guidelines for the performance of type tests	11
4.1.1 General	11
4.1.2 Dielectric tests	11
4.1.3 Operational tests	11
4.1.4 Electromagnetic interference tests	11
4.1.5 Evidence in lieu	11
4.1.6 Test object.....	12
4.1.7 Test procedure	12
4.1.8 Ambient temperature for testing.....	12
4.1.9 Frequency for testing.....	12
4.1.10 Conditions to be considered in determination of type test parameters	12
4.1.11 Test reports	12
4.2 Atmospheric correction factor	12
4.3 Treatment of redundancy	13
4.3.1 Operational tests	13
4.3.2 Dielectric tests.....	13
4.4 Permissible component failures during type testing	14
5 List of tests.....	14
6 Operational tests	15
6.1 Purpose of tests.....	15
6.2 Test object.....	15
6.3 Test circuit.....	16
6.4 Maximum continuous operating duty test	16
6.5 Maximum temporary overload operating duty test	17
6.6 Minimum start voltage test	17
7 Dielectric tests on valve support	18
7.1 Purpose of tests.....	18
7.2 Test object.....	18
7.3 Test requirements.....	18
7.3.1 Valve support DC voltage test.....	18
7.3.2 Valve support AC voltage test.....	19
7.3.3 Valve support lightning impulse test.....	20
8 Dielectric tests on multiple valve unit (MVU)	20
8.1 General.....	20
8.2 Purpose of tests.....	20
8.3 Test object.....	20

8.4	Test requirements	20
8.4.1	MVU AC voltage test	20
8.4.2	MVU DC voltage test	21
8.4.3	MVU lightning impulse test	21
9	Dielectric tests between valve terminals	21
9.1	Purpose of the test.....	21
9.2	Test object.....	22
9.3	Test methods	22
9.3.1	General	22
9.3.2	Method 1	22
9.3.3	Method 2	23
9.4	Test requirements	23
9.4.1	Valve AC voltage or AC-DC voltage test	23
9.4.2	Valve switching impulse test	25
10	IGBT overcurrent turn-off test	26
10.1	Purpose of test	26
10.2	Test object.....	26
10.3	Test requirements	26
11	Tests for valve insensitivity to electromagnetic disturbance	27
11.1	Purpose of tests.....	27
11.2	Test object.....	27
11.3	Test requirements	27
11.3.1	General	27
11.3.2	Approach 1	27
11.3.3	Approach 2	28
11.3.4	Acceptance criteria	28
12	Short-circuit current test (optional).....	28
12.1	Purpose of tests.....	28
12.2	Test object.....	28
12.3	Test requirements	28
13	Production tests.....	29
13.1	General.....	29
13.2	Purpose of tests.....	29
13.3	Test object.....	29
13.4	Test requirements	29
13.5	Production test objectives	30
13.5.1	Visual inspection	30
13.5.2	Connection check	30
13.5.3	Voltage-grading circuit check.....	30
13.5.4	Control, protection and monitoring circuit checks	30
13.5.5	Voltage withstand check	30
13.5.6	Turn-on/turn-off check	30
13.5.7	Pressure test	30
14	Presentation of type test results	30
Annex A (informative)	Overview of STATCOM valves	31
A.1	General.....	31
A.2	STATCOM applications and operating limits	31
A.3	Overview of STATCOM valve types.....	32

A.4	STATCOMs based on switch type valve	32
A.4.1	General	32
A.4.2	Two-level converter	33
A.4.3	Three-level converters	33
A.4.4	Multi-level converters.....	34
A.5	STATCOMs based on controllable voltage source type valve	35
A.6	Valve switching principles	36
Annex B (informative)	Valve component fault tolerance.....	38
Bibliography		39
Figure A.1	– STATCOM U - I characteristics	32
Figure A.2	– Two-level converter	33
Figure A.3	– Three-level NPC converter.....	34
Figure A.4	– Three-level flying capacitor converter	34
Figure A.5	– Modular multilevel converter	35
Figure A.6	– Single-phase full-bridge converter.....	36
Figure A.7	– Two-level converter output voltage	36
Figure A.8	– Output voltage shape of three-level converter and modular multi-level converter	37
Table 1	– Minimum number of valve levels to be tested as a function of valve levels per valve.....	12
Table 2	– Valve level faults permitted during type tests.....	14
Table 3	– List of type tests	15

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**VOLTAGE SOURCED CONVERTER (VSC) VALVES FOR STATIC
SYNCHRONOUS COMPENSATOR (STATCOM) –
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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 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 62927 has been prepared by subcommittee 22F: Power electronics for electrical transmission and distribution systems, of IEC technical committee 22: Power electronic systems and equipment.

This bilingual version (2018-02) corresponds to the monolingual English version, published in 2017-07.

The text of this International Standard is based on the following documents:

CDV	Report on voting
22F/412/CDV	22F/431A/RVC

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

The French version of this standard has not been voted upon.

This document has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

VOLTAGE SOURCED CONVERTER (VSC) VALVES FOR STATIC SYNCHRONOUS COMPENSATOR (STATCOM) – ELECTRICAL TESTING

1 Scope

This document applies to self-commutated valves, for use in voltage sourced converter (VSC) for static synchronous compensator (STATCOM). It is restricted to electrical type and production tests.

The tests specified in this document are based on air insulated valves. For other types of valves, the test requirements and acceptance criteria are agreed between the purchaser and the supplier.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements 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, *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 60700-1:2015, *Thyristor valves for high voltage direct current (HVDC) power transmission – Part 1: Electrical testing*

IEC 62501, *Voltage sourced converter (VSC) valves for high-voltage direct current (HVDC) power transmission – Electrical testing*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	43
1 Domaine d'application	45
2 Références normatives	45
3 Termes et définitions	45
3.1 Termes relatifs à la coordination de l'isolement	46
3.2 Termes relatifs au semiconducteur de puissance	46
3.3 Etats de fonctionnement du convertisseur	47
3.4 Termes relatifs à la construction du STATCOM	47
3.5 Termes relatifs à la structure de la valve	49
4 Exigences générales	49
4.1 Lignes directrices pour l'exécution des essais de type	49
4.1.1 Généralités	49
4.1.2 Essais diélectriques	50
4.1.3 Essais de fonctionnement	50
4.1.4 Essais de brouillage électromagnétique	50
4.1.5 Autres éléments pouvant faire office de preuve	50
4.1.6 Objet d'essai	50
4.1.7 Procédure d'essai	51
4.1.8 Température ambiante pour les essais	51
4.1.9 Fréquence des essais	51
4.1.10 Conditions à prendre en considération pour la détermination des paramètres des essais de type	51
4.1.11 Rapports d'essai	51
4.2 Facteur de correction atmosphérique	51
4.3 Traitement de la redondance	52
4.3.1 Essais de fonctionnement	52
4.3.2 Essais diélectriques	52
4.4 Dysfonctionnements de composants admissibles au cours des essais de type	52
5 Liste des essais	53
6 Essais de fonctionnement	54
6.1 Objectif des essais	54
6.2 Objet d'essai	55
6.3 Circuit d'essai	55
6.4 Contraintes maximales à reproduire durant les essais de fonctionnement en continu	55
6.5 Essai d'endurance en fonctionnement en surcharge temporaire maximale	56
6.6 Essai de tension de démarrage minimale	56
7 Essais diélectriques sur le support de valve	57
7.1 Objectif des essais	57
7.2 Objet d'essai	57
7.3 Exigences relatives aux essais	57
7.3.1 Essai de tension continue du support de valve	57
7.3.2 Essai de tension alternative du support de valve	58
7.3.3 Essai d'impulsion de foudre du support de valve	59
8 Essais diélectriques sur une unité de valve multiple (MVU)	59
8.1 Généralités	59

8.2	Objectif des essais.....	60
8.3	Objet d'essai.....	60
8.4	Exigences relatives aux essais	60
8.4.1	Essai de tension alternative de la MVU.....	60
8.4.2	Essai de tension continue de la MVU.....	61
8.4.3	Essai d'impulsion de foudre de la MVU	61
9	Essais diélectriques entre les bornes de la valve	61
9.1	Objectif de l'essai	61
9.2	Objet d'essai	62
9.3	Méthodes d'essai	62
9.3.1	Généralités	62
9.3.2	Méthode 1	62
9.3.3	Méthode 2	62
9.4	Exigences relatives aux essais	63
9.4.1	Essai de tension alternative ou composite alternative/continue de la valve.....	63
9.4.2	Essai d'impulsion de commutation de la valve	65
10	Essai de mise hors tension de l'IGBT en cas de surintensité	66
10.1	Objectif de l'essai	66
10.2	Objet d'essai.....	66
10.3	Exigences relatives à l'essai	67
11	Essais d'insensibilité de la valve aux perturbations électromagnétiques	67
11.1	Objectif des essais.....	67
11.2	Objet d'essai.....	68
11.3	Exigences relatives aux essais	68
11.3.1	Généralités	68
11.3.2	Première approche	68
11.3.3	Deuxième approche.....	68
11.3.4	Critères d'acceptation	69
12	Essai de courant de court-circuit (facultatif).....	69
12.1	Objectif des essais.....	69
12.2	Objet d'essai.....	69
12.3	Exigences relatives aux essais	69
13	Essais de production	70
13.1	Généralités	70
13.2	Objectif des essais.....	70
13.3	Objet d'essai.....	70
13.4	Exigences relatives aux essais	70
13.5	Objectifs des essais de production.....	70
13.5.1	Examen visuel	70
13.5.2	Vérification de la connexion	71
13.5.3	Vérification du circuit d'évaluation de la tension.....	71
13.5.4	Vérification des circuits de commande, de protection et de surveillance	71
13.5.5	Vérification de la tenue en tension	71
13.5.6	Vérification de la mise sous/hors tension	71
13.5.7	Essais de pression	71
14	Présentation des résultats d'essais de type	71
Annexe A (informative)	Présentation des valves de STATCOM	72

A.1	Généralités	72
A.2	Applications et limites d'exploitation d'un STATCOM.....	72
A.3	Présentation des types de valves de STATCOM	73
A.4	Valves de STATCOM de type commutateur.....	74
A.4.1	Généralités	74
A.4.2	Convertisseur à deux niveaux.....	74
A.4.3	Convertisseurs à trois niveaux.....	75
A.4.4	Convertisseurs multiniveaux	76
A.5	Valves de STATCOM de type source de tension commandable.....	76
A.6	Principes de commutation de la valve	78
Annexe B (informative)	Tolérance aux pannes des composants de valves	80
Bibliographie.....		81
Figure A.1	– Caractéristiques de la courbe $U-I$ d'un STATCOM	73
Figure A.2	– Convertisseur à deux niveaux	74
Figure A.3	– Convertisseur NPC à trois niveaux.....	75
Figure A.4	– Convertisseur à trois niveaux à condensateur volant.....	76
Figure A.5	– Convertisseur multiniveaux modulaire	77
Figure A.6	– Convertisseur monophasé en pont complet.....	77
Figure A.7	– Tension de sortie d'un convertisseur à deux niveaux	78
Figure A.8	– Forme de la tension de sortie d'un convertisseur à trois niveaux et d'un convertisseur modulaire multiniveaux	79
Tableau 1	– Nombre minimal de niveaux de valve à soumettre à l'essai en fonction du nombre de niveaux de valve par valve	50
Tableau 2	– Défauts des niveaux de valves admis au cours des essais de type	53
Tableau 3	– Liste des essais de type	54

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**VALVES DE CONVERTISSEUR SOURCE DE TENSION (VSC) POUR
COMPENSATEUR SYNCHRONE STATIQUE (STATCOM) –
ESSAIS ÉLECTRIQUES**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62927 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 l'IEC: Systèmes et équipements électroniques de puissance.

La présente version bilingue (2018-02) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2017-07.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 22F/412/CDV et 22F/431A/RVC.

Le rapport de vote 22F/431A/RVC donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote. Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC 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.

IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

VALVES DE CONVERTISSEUR SOURCE DE TENSION (VSC) POUR COMPENSATEUR SYNCHRONES STATIQUE (STATCOM) – ESSAIS ÉLECTRIQUES

1 Domaine d'application

Le présent document s'applique aux valves autocommutées, conçues pour être utilisées dans un convertisseur source de tension (VSC¹) pour compensateur synchrone statique (STATCOM). Elle se limite aux essais de type électrique et de production.

Les essais spécifiés dans le présent document sont établis pour des valves isolées à l'air. Pour les autres types de valves, les exigences relatives aux essais et les critères d'acceptation font l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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).

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

IEC 60060-1, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et exigences générales*

IEC 60071-1:2006, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

IEC 60700-1:2015, *Valves à thyristors pour le transport d'énergie en courant continu à haute tension (CCHT) – Partie 1: Essais électriques*

IEC 62501, *Valves à convertisseur de source de tension (VSC) pour le transport d'énergie en courant continu à haute tension (CCHT) – Essais électriques*

¹ VSC = valve sourced converter.