IEC 62501

Edition 2.0 2024-04
COMMENTED VERSION

INTERNATIONAL STANDARD

colour inside

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

ICS 29.200, 29.240.99

ISBN 978-2-8322-8751-4

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission

CONTENTS

FOREWORD 5
1 Scope 7
2 Normative references 7
3 Terms and definitions 7
3.1 Insulation coordination terms 8
3.2 Power semiconductor terms 8
3.3 Operating states of converter 8
3.4 VSC 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 Evidence in lieu 11
4.1.2 Selection of test object 12
4.1.3 Test procedure 12
4.1.4 Ambient temperature for testing 12
4.1.5 Frequency for testing 12
4.1.6 Test reports 12
4.1.7 Conditions to be considered in determination of type test parameters 13
4.2 Atmospheric correction factor 13
4.3 Treatment of redundancy 13
4.3.1 Operational tests 13
4.3.2 Dielectric tests 13
4.4 Criteria for successful type testing 14
4.4.1 General 14
4.4.2 Criteria applicable to valve levels 14
4.4.3 Criteria applicable to the valve as a whole 15
5 List of type tests 15
6 Operational tests 16
6.1 Purpose of tests 16
6.2 Test object 16
6.3 Test circuit 17
6.4 Maximum continuous operating duty test 17
6.5 Maximum temporary over-load operating duty test 18
6.6 Minimum DC voltage test 18
7 Dielectric tests on valve support structure 19
7.1 Purpose of tests 19
7.2 Test object 19
7.3 Test requirements 20
7.3.1 General 20
7.3.2 Valve support DC voltage test 20
7.3.3 Valve support AC voltage test 21
7.3.4 Valve support switching impulse test 21
7.3.5 Valve support lightning impulse test 22
8 Dielectric tests on multiple valve unit 22
8.1 General 22
8.2 Purpose of tests 22

8.3 Test object 22
8.4 Test requirements 22
8.4.1 MVU DC voltage test to earth 22
8.4.2 MVU AC voltage test 23
8.4.3 MVU switching impulse test 24
8.4.4 MVU lightning impulse test 25
9 Dielectric tests between valve terminals 26
9.1 Purpose of the test 26
9.2 Test object 26
9.3 Test methods 27
9.3.1 General 27
9.3.2 Method one 27
9.3.3 Method two 28
9.4 Test requirements 28
9.4.1 ~~Valve~~ Composite AC-DC voltage test 28
9.4.2 Alternative tests (Method 2 only) 31
9.4.3 Valve impulse tests ~~(general)~~ 32
10 IGBT overcurrent turn-off test 34
10.1 Purpose of test 34
10.2 Test object 34
10.3 Test requirements 34
11 Short-circuit current test 35
11.1 Purpose of tests 35
11.2 Test object 36
11.3 Test requirements 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 General 37
12.3.2 Approach one 37
12.3.3 Approach two 37
12.3.4 Acceptance criteria 37
13 Tests for dynamic braking valves 38
14 Production tests 38
14.1 General 38
14.2 Purpose of tests 38
14.3 Test object 38
14.4 Test requirements 39
14.5 Production test objectives 39
14.5.1 Visual inspection 39
14.5.2 Connection check 39
14.5.3 Voltage-grading circuit check 39
14.5.4 Control, protection and monitoring circuit checks 39
14.5.5 Voltage withstand check 39
~~13.4.6 Partial discharge tests ..... ~~
14.5.6 Turn-on / turn-off check 40
14.5.7 Pressure test 40

15 Presentation of type test results 40
Annex A (informative) Overview of VSC converters in HVDC power transmission 41
A.1 General 41
A.2 VSC basics 41
A.3 Overview of main types of VSC valve 43
A.4 Switch type VSC valve 43
A.4.1 General 43
A.4.2 2-level converter 44
A.4.3 Multi-level diode clamped converter 44
A.4.4 Multi-level flying capacitor converter 45
A.5 Controllable voltage source type VSC valve 46
A.5.1 General 46
A.5.2 Modular multi-level converter (MMC) 47
A.5.3 Cascaded two-level converter (CTL) 49
A.5.4 Terminology for valves of the controllable voltage source type 50
A.6 Hybrid VSC valves 52
A.7 Main differences between VSC and conventional HVDC valves 52
Annex B (informative) Valve component fault tolerance 53
Annex C (informative) Valve losses determination 55
Bibliography 56
List of comments 57

Figure A.1 – A single VSC phase unit and its idealized output voltage 42
Figure A.2 – Output voltage of a VSC phase unit for a 2-level converter 42
Figure A.3 – Output voltage of a VSC phase unit for a 15-level converter, without PWM 43
Figure A.4 – Basic circuit topology of one phase unit of a 2-level converter 44
Figure A.5 – Basic circuit topology of one phase unit of a 3-level diode-clamped converter 45
Figure A.6 – Basic circuit topology of one phase unit of a 5-level diode-clamped converter 45
Figure A.7 – Basic circuit topology of one phase unit of a 3-level flying capacitor converter 46
Figure A.8 – A single VSC phase unit with controllable voltage source type VSC valves 47
Figure A.9 – The half-bridge MMC circuit 48
Figure A.10 – The full-bridge MMC circuit 48
Figure A.11 – The half-bridge CTL circuit 50
Figure A.12 – Construction terms in MMC valves 51
Figure A.13 – Construction terms in CTL valves 51

Table 1 – Conditions for use of evidence in lieu from another HVDC project 11
Table 2 – Minimum number of valve levels to be operational type tested as a function of the number of valve levels per valve 12
Table 3 – Valve level faults permitted during type tests 15
Table 4 – List of type tests 16

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 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) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at https://patents.iec.ch. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

This commented version (CMV) of the official standard IEC 62501:2024 edition 2.0 allows the user to identify the changes made to the previous IEC 62501:2009+AMD1:2014 +AMD2:2017 CSV edition 1.2. Furthermore, comments from IEC SC 22F experts are provided to explain the reasons of the most relevant changes, or to clarify any part of the content.

A vertical bar appears in the margin wherever a change has been made. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text. Experts' comments are identified by a blue-background number. Mouse over a number to display a pop-up note with the comment.

This publication contains the CMV and the official standard. The full list of comments is available at the end of the CMV.

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. It is an International Standard.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2009, Amendment 1:2014 and Amendment 2:2017. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

a) Conditions for use of evidence in lieu are inserted as a new Table 1;
b) Test parameters for valve support DC voltage test, 7.3.2, and MVU DC voltage test, 8.4.1, updated;
c) AC-DC voltage test between valve terminals, Clause 9, is restructured and alternative tests, by individual AC and DC voltage tests, added in 9.4.2;
d) Partial discharge test in routine test program is removed;
e) More information on valve component fault tolerance, Annex B, is added;
f) Valve losses determination is added as Annex C.

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

Draft	Report on voting
22F/731/CDV	22F/748A/RVC

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

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

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document 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 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 DC power transmission or as part of a back-to-back link, and to dynamic braking valves. It is restricted to electrical type and production tests.

~~The scope of this standard includes the electrical type and production tests of dynamic braking valves which may be used in some HVDC schemes for d.c. overvoltage limitation.~~

This document can be used as a guide for testing of high-voltage VSC valves used in energy storage systems (ESS). 1

The tests specified in this document are based on air insulated valves. ~~For other types of valves, The test requirements and acceptance criteria should be agreed between the purchaser and the supplier.~~ The test requirements and acceptance criteria can be used for guidance to specify the electrical type and production tests of other types of valves.

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

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

IEC 60700-1:2015, *Thyristor valves for high voltage direct current (HVDC) power transmission – Part 1: Electrical testing*
IEC 60700-1:2015/AMD1:2021

IEC 62747, *Terminology for voltage-sourced converters (VSC) for high-voltage direct current (HVDC) systems*

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

IEC 62501

Edition 2.0 2024-04

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

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



IEC 62501:2024-04(en-fr)

CONTENTS

FOREWORD 5
1 Scope 7
2 Normative references 7
3 Terms and definitions 7
3.1 Insulation coordination terms 8
3.2 Power semiconductor terms 8
3.3 Operating states of converter 8
3.4 VSC 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 Evidence in lieu 11
4.1.2 Selection of test object 12
4.1.3 Test procedure 12
4.1.4 Ambient temperature for testing 12
4.1.5 Frequency for testing 12
4.1.6 Test reports 12
4.1.7 Conditions to be considered in determination of type test parameters 12
4.2 Atmospheric correction factor 13
4.3 Treatment of redundancy 13
4.3.1 Operational tests 13
4.3.2 Dielectric tests 13
4.4 Criteria for successful type testing 14
4.4.1 General 14
4.4.2 Criteria applicable to valve levels 14
4.4.3 Criteria applicable to the valve as a whole 15
5 List of type tests 15
6 Operational tests 16
6.1 Purpose of tests 16
6.2 Test object 16
6.3 Test circuit 17
6.4 Maximum continuous operating duty test 17
6.5 Maximum temporary over-load operating duty test 18
6.6 Minimum DC voltage test 18
7 Dielectric tests on valve support structure 19
7.1 Purpose of tests 19
7.2 Test object 19
7.3 Test requirements 19
7.3.1 General 19
7.3.2 Valve support DC voltage test 19
7.3.3 Valve support AC voltage test 20
7.3.4 Valve support switching impulse test 21
7.3.5 Valve support lightning impulse test 21
8 Dielectric tests on multiple valve unit 22
8.1 General 22
8.2 Purpose of tests 22

8.3 Test object 22
8.4 Test requirements 22
8.4.1 MVU DC voltage test to earth 22
8.4.2 MVU AC voltage test 23
8.4.3 MVU switching impulse test 24
8.4.4 MVU lightning impulse test 25
9 Dielectric tests between valve terminals 25
9.1 Purpose of the test 25
9.2 Test object 26
9.3 Test methods 26
9.3.1 General 26
9.3.2 Method one 27
9.3.3 Method two 27
9.4 Test requirements 28
9.4.1 Composite AC-DC voltage test 28
9.4.2 Alternative tests (Method 2 only) 29
9.4.3 Valve impulse tests 31
10 IGBT overcurrent turn-off test 33
10.1 Purpose of test 33
10.2 Test object 33
10.3 Test requirements 33
11 Short-circuit current test 34
11.1 Purpose of tests 34
11.2 Test object 34
11.3 Test requirements 34
12 Tests for valve insensitivity to electromagnetic disturbance 35
12.1 Purpose of tests 35
12.2 Test object 35
12.3 Test requirements 36
12.3.1 General 36
12.3.2 Approach one 36
12.3.3 Approach two 36
12.3.4 Acceptance criteria 36
13 Tests for dynamic braking valves 36
14 Production tests 37
14.1 General 37
14.2 Purpose of tests 37
14.3 Test object 37
14.4 Test requirements 37
14.5 Production test objectives 38
14.5.1 Visual inspection 38
14.5.2 Connection check 38
14.5.3 Voltage-grading circuit check 38
14.5.4 Control, protection and monitoring circuit checks 38
14.5.5 Voltage withstand check 38
14.5.6 Turn-on / turn-off check 38
14.5.7 Pressure test 38
15 Presentation of type test results 39

Annex A (informative) Overview of VSC converters in HVDC power transmission 40
A.1 General 40
A.2 VSC basics 40
A.3 Overview of main types of VSC valve 42
A.4 Switch type VSC valve 42
A.4.1 General 42
A.4.2 2-level converter 43
A.4.3 Multi-level diode clamped converter 43
A.4.4 Multi-level flying capacitor converter 44
A.5 Controllable voltage source type VSC valve 45
A.5.1 General 45
A.5.2 Modular multi-level converter (MMC) 46
A.5.3 Cascaded two-level converter (CTL) 47
A.5.4 Terminology for valves of the controllable voltage source type 48
A.6 Hybrid VSC valves 50
A.7 Main differences between VSC and conventional HVDC valves 50
Annex B (informative) Valve component fault tolerance 51
Annex C (informative) Valve losses determination 53
Bibliography 54

Figure A.1 – A single VSC phase unit and its idealized output voltage 41
Figure A.2 – Output voltage of a VSC phase unit for a 2-level converter 41
Figure A.3 – Output voltage of a VSC phase unit for a 15-level converter, without PWM 42
Figure A.4 – Basic circuit topology of one phase unit of a 2-level converter 43
Figure A.5 – Basic circuit topology of one phase unit of a 3-level diode-clamped converter 44
Figure A.6 – Basic circuit topology of one phase unit of a 5-level diode-clamped converter 44
Figure A.7 – Basic circuit topology of one phase unit of a 3-level flying capacitor converter 45
Figure A.8 – A single VSC phase unit with controllable voltage source type VSC valves 46
Figure A.9 – The half-bridge MMC circuit 46
Figure A.10 – The full-bridge MMC circuit 47
Figure A.11 – The half-bridge CTL circuit 48
Figure A.12 – Construction terms in MMC valves 49
Figure A.13 – Construction terms in CTL valves 49

Table 1 – Conditions for use of evidence in lieu from another HVDC project 11
Table 2 – Minimum number of valve levels to be operational type tested as a function of the number of valve levels per valve 12
Table 3 – Valve level faults permitted during type tests 15
Table 4 – List of type tests 16

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 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) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at https://patents.iec.ch. 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. It is an International Standard.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2009, Amendment 1:2014 and Amendment 2:2017. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

a) Conditions for use of evidence in lieu are inserted as a new Table 1;
b) Test parameters for valve support DC voltage test, 7.3.2, and MVU DC voltage test, 8.4.1, updated;
c) AC-DC voltage test between valve terminals, Clause 9, is restructured and alternative tests, by individual AC and DC voltage tests, added in 9.4.2;

d) Partial discharge test in routine test program is removed;

e) More information on valve component fault tolerance, Annex B, is added;

f) Valve losses determination is added as Annex C.

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

Draft	Report on voting
22F/731/CDV	22F/748A/RVC

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

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

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document 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 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 DC power transmission or as part of a back-to-back link, and to dynamic braking valves. It is restricted to electrical type and production tests.

This document can be used as a guide for testing of high-voltage VSC valves used in energy storage systems (ESS).

The tests specified in this document are based on air insulated valves. The test requirements and acceptance criteria can be used for guidance to specify the electrical type and production tests of other types of valves.

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

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

IEC 60700-1:2015, *Thyristor valves for high voltage direct current (HVDC) power transmission – Part 1: Electrical testing*
IEC 60700-1:2015/AMD1:2021

IEC 62747, *Terminology for voltage-sourced converters (VSC) for high-voltage direct current (HVDC) systems*

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 60
1 Domaine d'application 62
2 Références normatives 62
3 Termes et définitions 62
3.1 Termes relatifs à la coordination de l'isolement 63
3.2 Termes relatifs aux semiconducteurs de puissance 63
3.3 États de fonctionnement du convertisseur 64
3.4 Termes relatifs à la construction des VSC 64
3.5 Termes relatifs à la structure des valves 65
4 Exigences générales 66
4.1 Lignes directrices concernant la réalisation d'essais de type 66
4.1.1 Substitution de preuve 66
4.1.2 Choix de l'objet d'essai 67
4.1.3 Procédure d'essai 68
4.1.4 Température ambiante pour les essais 68
4.1.5 Fréquence des essais 68
4.1.6 Rapports d'essai 68
4.1.7 Conditions à prendre en compte pour la détermination des paramètres des essais de type 68
4.2 Facteur de correction atmosphérique 69
4.3 Traitement de la redondance 69
4.3.1 Essais de fonctionnement 69
4.3.2 Essais diélectriques 69
4.4 Critères de réussite des essais de type 70
4.4.1 Généralités 70
4.4.2 Critères applicables aux niveaux de valve 70
4.4.3 Critères applicables à la valve dans son ensemble 71
5 Liste des essais de type 71
6 Essais de fonctionnement 72
6.1 Objectif des essais 72
6.2 Objet d'essai 72
6.3 Circuit d'essai 73
6.4 Essai en service permanent maximal 73
6.5 Essai en surcharge temporaire maximale 74
6.6 Essai sous tension continue minimale 75
7 Essais diélectriques sur la structure de support de valve 75
7.1 Objectif des essais 75
7.2 Objet d'essai 76
7.3 Exigences d'essai 76
7.3.1 Généralités 76
7.3.2 Essai de support de valve sous tension continue 76
7.3.3 Essai de support de valve sous tension alternative 77
7.3.4 Essai de support de valve sous tension de choc de manœuvre 78
7.3.5 Essai de support de valve sous tension de choc de foudre 78
8 Essais diélectriques sur un ensemble à valves multiples 78
8.1 Généralités 78

8.2 Objectif des essais 79
8.3 Objet d'essai 79
8.4 Exigences d'essai 79
8.4.1 Essai de MVU sous tension continue à la terre 79
8.4.2 Essai de MVU sous tension alternative 80
8.4.3 Essai de MVU sous tension de choc de manœuvre 81
8.4.4 Essai de MVU sous tension de choc de foudre 82
9 Essais diélectriques entre les bornes de valve 83
9.1 Objectifs des essais 83
9.2 Objet d'essai 83
9.3 Méthodes d'essai 84
9.3.1 Généralités 84
9.3.2 Première méthode 84
9.3.3 Seconde méthode 84
9.4 Exigences d'essai 85
9.4.1 Essai sous tension alternative-continue composite 85
9.4.2 Variantes d'essai (seconde méthode seulement) 87
9.4.3 Essais de valve sous tension de choc 89
10 Essai de blocage de l'IGBT en cas de surintensité 91
10.1 Objectif de l'essai 91
10.2 Objet d'essai 91
10.3 Exigences d'essai 91
11 Essai de courant de court-circuit 92
11.1 Objectif des essais 92
11.2 Objet d'essai 92
11.3 Exigences d'essai 92
12 Essais d'insensibilité de la valve aux perturbations électromagnétiques 93
12.1 Objectif des essais 93
12.2 Objet d'essai 93
12.3 Exigences d'essai 93
12.3.1 Généralités 93
12.3.2 Première approche 94
12.3.3 Seconde approche 94
12.3.4 Critères d'acceptation 94
13 Essais pour valves à freinage dynamique 94
14 Essais de série 95
14.1 Généralités 95
14.2 Objectif des essais 95
14.3 Objet d'essai 95
14.4 Exigences d'essai 95
14.5 Objectifs des essais de série 96
14.5.1 l'examen visuel; 96
14.5.2 Vérification de la connexion 96
14.5.3 Vérification du circuit de répartition des potentiels 96
14.5.4 Vérification des circuits de commande, de protection et de surveillance 96
14.5.5 Vérification de la tenue en tension 96
14.5.6 Vérification du changement d'état passant/bloqué 96
14.5.7 Essai de pression 96

15 Présentation des résultats des essais de type 97
Annexe A (informative) Vue d'ensemble des convertisseurs VSC utilisés pour le transport d'énergie CCHT 98
A.1 Généralités 98
A.2 Caractéristiques élémentaires d'un VSC 98
A.3 Vue d'ensemble des principaux types de valves à VSC 100
A.4 Valve à VSC de type commutateur 100
A.4.1 Généralités 100
A.4.2 Convertisseur à 2 niveaux 101
A.4.3 Convertisseur à diode de blocage multiniveau 101
A.4.4 Convertisseur à condensateur volant multiniveau 103
A.5 Valve à VSC de type à source de tension commandable 103
A.5.1 Généralités 103
A.5.2 Convertisseur multiniveau modulaire (MMC) 104
A.5.3 Convertisseur à deux niveaux monté en cascade (CTL) 106
A.5.4 Terminologie relative aux valves de type à source de tension commandable 107
A.6 Valves à VSC hybrides 109
A.7 Principales différences entre les valves à VSC et les valves CCHT classiques 109
Annexe B (informative) Tolérance aux pannes des composants de valves 110
Annexe C (informative) Détermination des pertes de valve 112
Bibliographie 113

Figure A.1 – Unité de phase VSC unique et sa tension de sortie idéale 99
Figure A.2 – Tension de sortie d'une unité de phase VSC pour un convertisseur à 2 niveaux 99
Figure A.3 – Tension de sortie d'une unité de phase VSC pour un convertisseur à 15 niveaux, sans MLI 100
Figure A.4 – Topologie de circuit élémentaire d'une unité de phase d'un convertisseur à 2 niveaux 101
Figure A.5 – Topologie de circuit élémentaire d'une unité de phase d'un convertisseur à diode de blocage à 3 niveaux 102
Figure A.6 – Topologie de circuit élémentaire d'une unité de phase d'un convertisseur à diode de blocage à 5 niveaux 102
Figure A.7 – Topologie de circuit élémentaire d'une unité de phase d'un convertisseur à condensateur volant à 3 niveaux 103
Figure A.8 – Unité de phase VSC unique avec valves à VSC de type source de tension commandable 104
Figure A.9 – Circuit MMC en demi-pont 105
Figure A.10 – Circuit MMC en pont complet 105
Figure A.11 – Circuit CTL en demi-pont 107
Figure A.12 – Termes relatifs à la construction des valves de type MMC 108
Figure A.13 – Termes relatifs à la construction des valves de type CTL 108

Tableau 1 – Conditions d'utilisation de la substitution de preuve issue d'un autre projet CCHT 67
Tableau 2 – Nombre minimal de niveaux de valve à soumettre à l'essai de type fonctionnel en fonction du nombre de niveaux de valve par valve 68
Tableau 3 – Défauts de niveaux de valve autorisés au cours des essais de type 71
Tableau 4 – Liste des essais de type 72

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 (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. À 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'IEC attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de brevet revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'IEC n'a pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse https://patents.iec.ch. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié tout ou partie de tels droits de propriété.

L'IEC 62501 a été établie par le sous-comité 22F: Électronique 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. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2009, son Amendement 1:2014 et son Amendement 2:2017. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

a) un nouveau tableau relatif aux conditions d'utilisation de la substitution de preuve (Tableau 1) a été inséré;

b) les paramètres d'essai relatifs à l'essai de support de valve sous tension continue (7.3.2) et à l'essai de MVU sous tension continue (8.4.1) ont été mis à jour;

c) l'Article 9 concernant l'essai sous tension alternative-continue entre les bornes de valve a été réorganisé et des variantes ont été ajoutées en 9.4.2 pour les essais individuels sous tension alternative et continue;

d) l'essai de décharge partielle a été supprimé du programme des essais individuels de série;

e) des informations complémentaires relatives à la tolérance aux pannes des composants de valve ont été ajoutées à l'Annexe B;

f) la détermination des pertes de valve a été ajoutée à l'Annexe C.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
22F/731/CDV	22F/748A/RVC

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications/.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de ce document 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 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 auto-commuté, conçues pour être utilisées dans un convertisseur de source de tension (VSC) en pont triphasé pour le transport d'énergie en courant continu à haute tension ou dans une liaison dos-à-dos, ainsi qu'aux valves à freinage dynamique. Elle est limitée aux essais de type électriques et de série.

Le présent document peut servir de guide pour les essais des valves à VSC à haute tension utilisées dans les systèmes de stockage d'énergie (ESS).

Les essais spécifiés dans le présent document sont basés sur des valves isolées par l'air. Les exigences d'essai et les critères d'acceptation peuvent servir de guide pour spécifier les essais de type électriques et de série d'autres types de valves.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils 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 60071 (toutes les parties), *Coordination de l'isolement*

IEC 60270, *Techniques des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles*

IEC 60700-1:2015, *Valves à thyristors pour le transport d'énergie en courant continu à haute tension (CCHT) - Partie 1: Essais électriques*
IEC 60700-1:2015/AMD1:2021

IEC 62747*, Terminologie relative aux convertisseurs de source de tension (VSC) des systèmes en courant continu à haute tension (CCHT)*

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