

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Terminology for voltage-sourced converters (VSC) for high-voltage direct current (HVDC) systems

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



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2019 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Terminology for voltage-sourced converters (VSC) for high-voltage direct current (HVDC) systems

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.200; 29.240.99

ISBN 978-2-8322-6484-3

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62747:2014+AMD1:2019 CSV

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE



Terminology for voltage-sourced converters (VSC) for high-voltage direct current (HVDC) systems

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62747:2014+AMD1:2019 CSV

CONTENTS

FOREWORD.....	3
1 Scope.....	5
2 Normative references	5
3 Symbols and abbreviations.....	5
3.1 List of letter symbols.....	5
3.2 List of subscripts.....	6
3.3 List of abbreviations.....	8
4 Graphical symbols	9
5 General terms related to converter circuits	10
6 VSC topologies.....	11
7 Converter units and valves	12
8 Converter operating conditions	18
9 HVDC systems and substations.....	22
10 HVDC substation equipment.....	25
11 Modes of control.....	28
12 Control systems.....	29
Bibliography.....	32
Figure 1 – Converter symbol identifications.....	8
Figure 2 – Graphical symbols.....	10
Figure 3 – Voltage-sourced converter unit.....	13
Figure 4 – Phase unit of the modular multi-level converter (MMC) in basic half-bridge, two-level arrangement, with submodules.....	15
Figure 5 – Phase unit of the cascaded two-level converter (CTL) in half-bridge form.....	16
Figure 6 – Phasor diagram showing a.c. system voltage, converter a.c. voltage and converter a.c. current.....	20
Figure 7 – Example of bipolar VSC transmission with earth return	23
Figure 8 – VSC transmission with a symmetrical monopole illustrated with capacitive earthing on the d.c. side	24
Figure 9 – VSC transmission with an asymmetrical monopole with metallic return.....	24
Figure 10 – VSC transmission with an asymmetrical monopole with earth return.....	24
Figure 11 – Major components that may be found in a VSC substation	27
Figure 12 – Hierarchical structure of an HVDC control system	31

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

TERMINOLOGY FOR VOLTAGE-SOURCED CONVERTERS (VSC) FOR HIGH-VOLTAGE DIRECT CURRENT (HVDC) SYSTEMS

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.

This consolidated version of the official IEC Standard and its amendment has been prepared for user convenience.

IEC 62747 edition 1.1 contains the first edition (2014-07) [documents 22F/301/CDV and 22F/317A/RVC] and its corrigendum 1 (2015-02), and its amendment 1 (2019-01) [documents 22F/481/CDV and 22F/489/RVC].

In this Redline version, a vertical line in the margin shows where the technical content is modified by amendment 1. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.

International Standard IEC 62747 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 publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendment will remain unchanged until the stability 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.

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62747:2014+AMD1:2019 CSV

TERMINOLOGY FOR VOLTAGE-SOURCED CONVERTERS (VSC) FOR HIGH-VOLTAGE DIRECT CURRENT (HVDC) SYSTEMS

1 Scope

This International Standard defines terms for the subject of self-commutated voltage-sourced converters used for transmission of power by high voltage direct current (HVDC).

The standard is written mainly for the case of application of insulated gate bipolar transistors (IGBTs) in voltage sourced converters (VSC) but may also be used for guidance in the event that other types of semiconductor devices which can both be turned on and turned off by control action are used.

Line-commutated and current-sourced converters for high-voltage direct current (HVDC) power transmission systems are specifically excluded from this standard.

2 Normative references

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

IEC 60027 (all parts), *Letter symbols to be used in electrical technology*

IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams*

IEC 60633, *Terminology for high-voltage direct current (HVDC) transmission*

3 Symbols and abbreviations

3.1 List of letter symbols

Essential terms and definitions necessary for the understanding of this standard are given here; other terminology is as per relevant parts of IEC 60747, and as per IEC 60633 for certain specialized types of equipment which are found mainly on line-commutated HVDC schemes but may occasionally be included in VSC HVDC schemes.

The list covers only the most frequently used symbols (see Figure 1). IEC 60027 shall be used for a more complete list of the symbols which have been adopted for static converters. See also other standards listed in the normative references and the bibliography.

U_d	direct voltage
U_{dc}	converter d.c. voltage
U_{dpe}	pole-to-earth direct voltage
U_{dpp}	pole-to-pole direct voltage
U_{dppN}	rated pole-to-pole direct voltage
U_{dpeN}	rated pole-to-earth direct voltage

U_L line-to-line voltage on line side of interface transformer, r.m.s. value including harmonics

U_{Le} line-to-earth voltage on line side of interface transformer, r.m.s. value including harmonics

U_{LN} rated value of U_L

~~U_v line-to-line voltage on valve side of interface transformer, r.m.s. value including harmonics~~

~~U_{ve} line-to-earth voltage on valve side of interface transformer, r.m.s. value including harmonics~~

U_c line-to-line ~~converter~~ voltage on converter side of interface transformer, r.m.s. value including harmonics

~~NOTE U_e is equal to U_v minus the voltage drop across the phase and valve reactors. However, U_e has only a clear meaning during balanced conditions (steady state).~~

U_{ce} line-to-earth ~~converter~~ voltage on converter side of interface transformer, r.m.s. value including harmonics

~~U_{valve} voltage between terminals of a valve (any defined value)~~

U_{vt} voltage between terminals of a valve (any defined value)

I_c current on converter side of interface transformer, r.m.s. value including harmonics

I_d direct current (any defined value)

I_{dN} rated direct current

I_L current on line side of interface transformer, r.m.s. value including harmonics

I_{LN} rated value of I_L

~~I_v current ~~on~~ through a valve side of interface transformer, r.m.s. value including harmonics~~

~~I_{valve} current through a valve~~

3.2 List of subscripts

0 (zero) at no load

e earth

p pole

N rated value or at rated load

d direct current or voltage

L line side of interface transformer

c converter side of interface transformer

v through or across one valve ~~side of interface transformer~~

~~valve through or across one valve~~

max maximum

min minimum

n pertaining to harmonic component of order n

tt terminal to terminal

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62747:2014+AMD1:2019 CSV



3.3 List of abbreviations

CTL cascaded two-level converter

ERTB	earth return transfer breaker
ESCR	effective short-circuit ratio
FWD	free-wheeling diode
HF	high frequency
HVDC	high-voltage direct current
IGBT	insulated gate bipolar transistor
MMC	modular multilevel converter
MRTB	metallic return transfer breaker
MTDC	multi-terminal HVDC transmission system
MVU	multiple valve (unit)
NBS	neutral bus switch
~~NGBS~~ NBGS	neutral bus grounding switch
PCC	point of common coupling
PCC-DC	point of common coupling – d.c. side
SCR	short-circuit ratio
VBE	valve base electronics
VCU	valve control unit
VSC	voltage-sourced converter

NOTE Even though the word “breaker” is used in the abbreviations, it does not necessarily imply the ability to interrupt fault currents.

4 Graphical symbols

Figure 2 shows the specific graphical symbols which are defined only for the purposes of this standard. IEC 60617 shall be used for a more complete list of the graphical symbols which have been adopted for static converters.

No.	Symbol	Description
1		IGBT-diode pair
2		Valve of "switch" type
3		Valve of "controllable voltage source" type
4		VSC unit (of unspecified type)
5		VSC unit using switch type valves
6		VSC unit using controllable voltage source type valves
7		Dynamic braking valve of "switch" type
8		Dynamic braking valve of "controllable voltage source" type

IEC

Figure 2 – Graphical symbols

5 General terms related to converter circuits

5.1 conversion

in the context of HVDC, the transfer of energy from a.c. to d.c. or vice versa, or a combination of these operations

5.2 converter

in the context of HVDC, the device employed to transfer of energy from a.c. to d.c. or vice versa, it connects between three a.c. terminals and two d.c. terminals

5.3 voltage-sourced converter VSC

electronic a.c./d.c. converter having an essentially smooth d.c. voltage provided by e.g. a common d.c. link capacitor or distributed d.c. capacitors within the converter arms

5.4**arm****converter arm**

part of a converter connecting ~~the~~ one a.c. phase terminal with ~~the~~ one d.c. pole terminal

5.5**commutation**

transfer of current between any two paths with both paths carrying current simultaneously during this process

5.6**line commutation**

method of commutation whereby the commutating voltage is supplied by the a.c. system

5.7**self-commutation**

commutation where the commutating voltage is supplied by components within the converter or the electronic switch

5.8**commutating voltage**

voltage which causes the current to commute, provided either by the system or by a switching action of valve/semiconductor devices

5.9**commutation inductance**

total inductance included in the commutation circuit, in series with the commutating voltage

Note 1 to entry: The commutation inductance is typically referred as stray inductance or loop inductance.

5.10**coupling inductance**

equivalent inductance referred to the converter side of the interface transformer between the point of common coupling (PCC) and the d.c. terminal of the valve

6 VSC topologies**6.1****two-level converter**

converter in which the voltage between the a.c. terminals of the VSC unit (see 7.6) and VSC unit midpoint (see 7.28) is switched between two discrete d.c. voltage levels

6.2**three-level converter**

converter in which the voltage between the a.c. terminals of the VSC unit (see 7.6) and VSC unit midpoint (see 7.28) is switched between three discrete d.c. voltage levels

6.3**multi-level converter**

converter in which the voltage between the a.c. terminals of the VSC unit (see 7.6) and VSC unit midpoint (see 7.28) is switched between more than three discrete d.c. voltage levels

6.4**modular multi-level converter****MMC**

multi-level converter in which each VSC valve (see 7.8, 7.9) consists of a number of MMC building blocks (see 7.11) connected in series

Note 1 to entry: See also Figure 4.

6.5

cascaded two-level converter

CTL

modular multi-level converter in which each switch position consists of more than one IGBT-diode pair connected in series

Note 1 to entry: See Figure 5.

7 Converter units and valves

7.1

turn-off semiconductor device

controllable semiconductor device which may be turned on and off by a control signal, for example an IGBT

7.2

insulated gate bipolar transistor

IGBT

turn-off semiconductor device with three terminals: a gate terminal (G) and two load terminals emitter (E) and collector (C)

7.3

free-wheeling diode

FWD

power semiconductor device with diode characteristic

Note 1 to entry: A FWD has two terminals: an anode (A) and a cathode (K).

Note 2 to entry: The current through FWDs is in the opposite direction to the IGBT current.

7.4

IGBT-diode pair

arrangement of IGBT and FWD connected in inverse parallel

Note 1 to entry: An IGBT-diode pair is usually in one common package, however, it can include individual IGBTs and/or diodes packages connected in parallel.

7.5

converter unit

indivisible operative unit comprising all equipment between the point of common coupling on the a.c. side (see 9.25) and the point of common coupling – d.c. side (see 9.26), essentially one or more VSC units, together with one or more interface transformers, converter unit control equipment, essential protective and switching devices and auxiliaries, if any, used for conversion

Note 1 to entry: See Figure 3.

7.6

VSC unit

three VSC phase units, together with VSC unit control equipment, essential protective and switching devices, d.c. storage capacitors, phase reactors and auxiliaries, if any, used for conversion

Note 1 to entry: See Figure 3.

7.7

VSC phase unit

equipment used to connect the two d.c. terminals to one a.c. terminal

Note 1 to entry: In the simplest implementation, the VSC phase unit consists of two VSC valves, and in some case, it may include also valve reactors. The VSC phase unit may also include control and protection equipment, and other components.

7.8

VSC switch type valve

~~<switch type>~~ arrangement of IGBT-diode pairs connected in series and arranged to be switched simultaneously as a single function unit

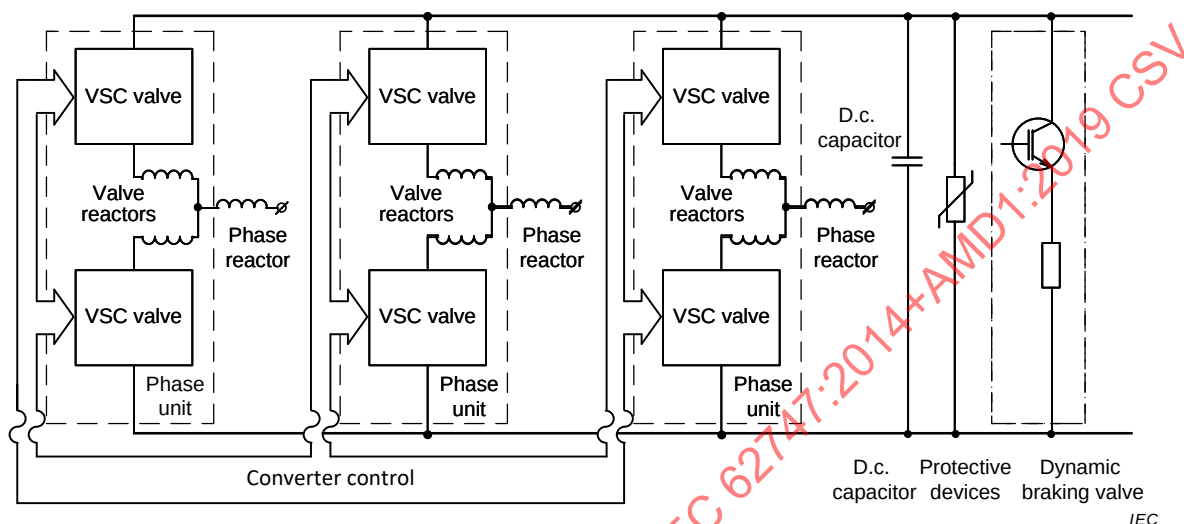


Figure 3 – Voltage-sourced converter unit

Note 1 to entry: In some designs of VSC, the phase reactors may fulfill part of the function of the converter-side high frequency filter. In addition, in some designs of VSC, part or all of the phase reactor may be built into the three “phase units” of the VSC unit, as “valve reactors”.

Note 2 to entry: In some designs of VSC, the VSC d.c. capacitor may be partly or entirely distributed amongst the three “phase units” of the VSC unit, where it is referred to as d.c. submodule capacitors.

Note 3 to entry: Valve and/or phase reactors shown above show optional configurations which may not be included in all schemes.

Note 4 to entry: Just a typical example of how a VSC unit could look like is shown in Figure 3, differences may exist at all levels.

7.9

VSC controllable voltage source type valve

~~<controllable voltage source type>~~ complete controllable voltage source assembly, which is generally connected between one a.c. terminal and one d.c. terminal

7.10

VSC valve level

the smallest indivisible functional unit of VSC valve

Note 1 to entry: For any VSC valve in which IGBTs are connected in series and operated simultaneously, one VSC valve level is one IGBT-diode pair including its auxiliaries (see Figure 4). For MMC type without IGBT-diode pairs connected in series, one valve level is one submodule together with its auxiliaries (see Figure 5).

7.11

MMC building block

self-contained, two-terminal controllable voltage source together with d.c. capacitor(s) and immediate auxiliaries, forming part of a MMC

7.12

switch position

semiconductor function which behaves as a single, indivisible switch

Note 1 to entry: A switch position may consist of a single IGBT-diode pair or, in the case of the Cascaded Two Level converter, a series connection of multiple IGBT-diode pairs.

7.13

submodule

MMC building block where each switch position consists of only one IGBT-diode pair

Note 1 to entry: See Figure 4.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62747:2014+AMD1:2019 CSV

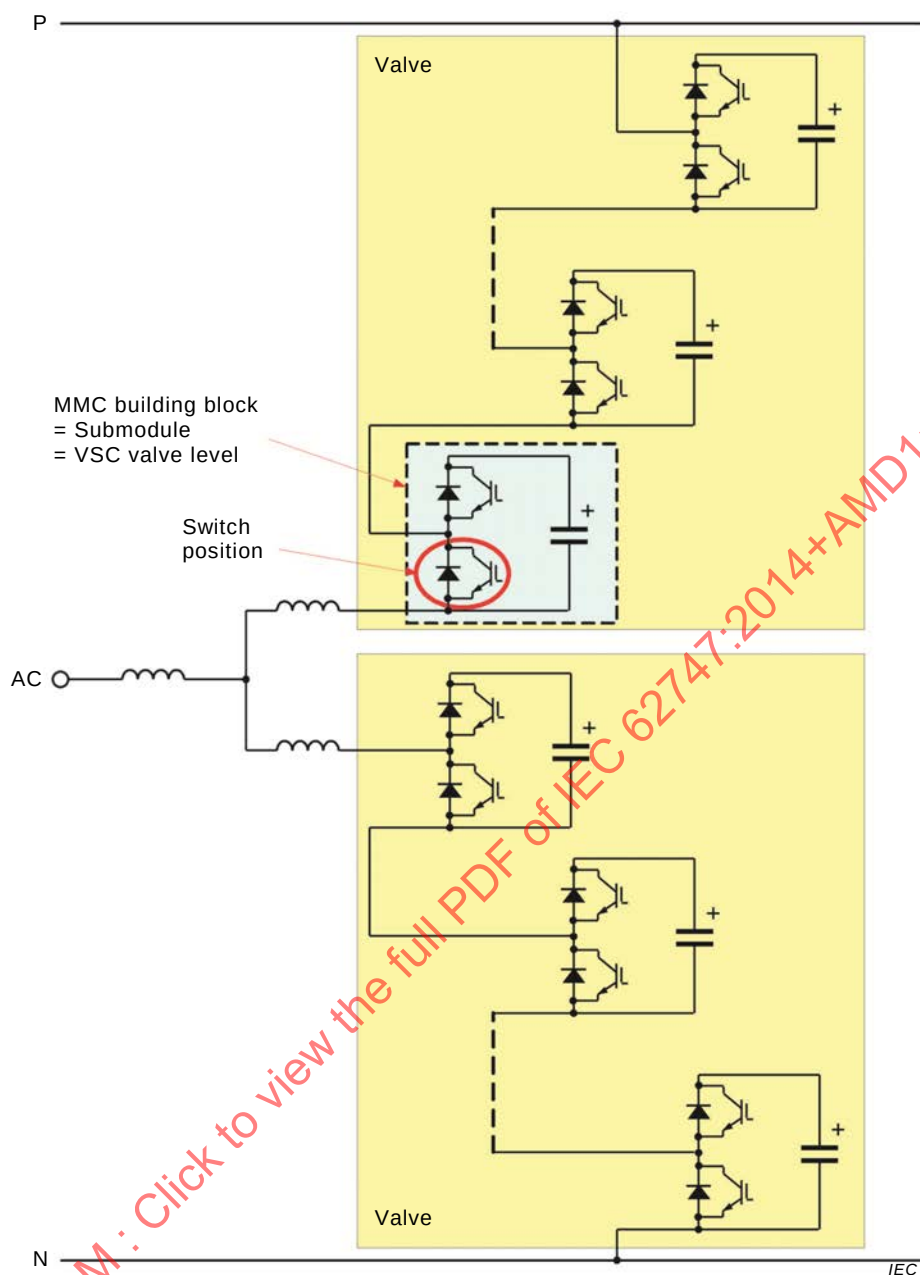


Figure 4 – Phase unit of the modular multi-level converter (MMC) in basic half-bridge, two-level arrangement, with submodules

7.14 cell

MMC building block where each switch position consists of more than one IGBT-diode pair connected in series

Note 1 to entry: See Figure 5.

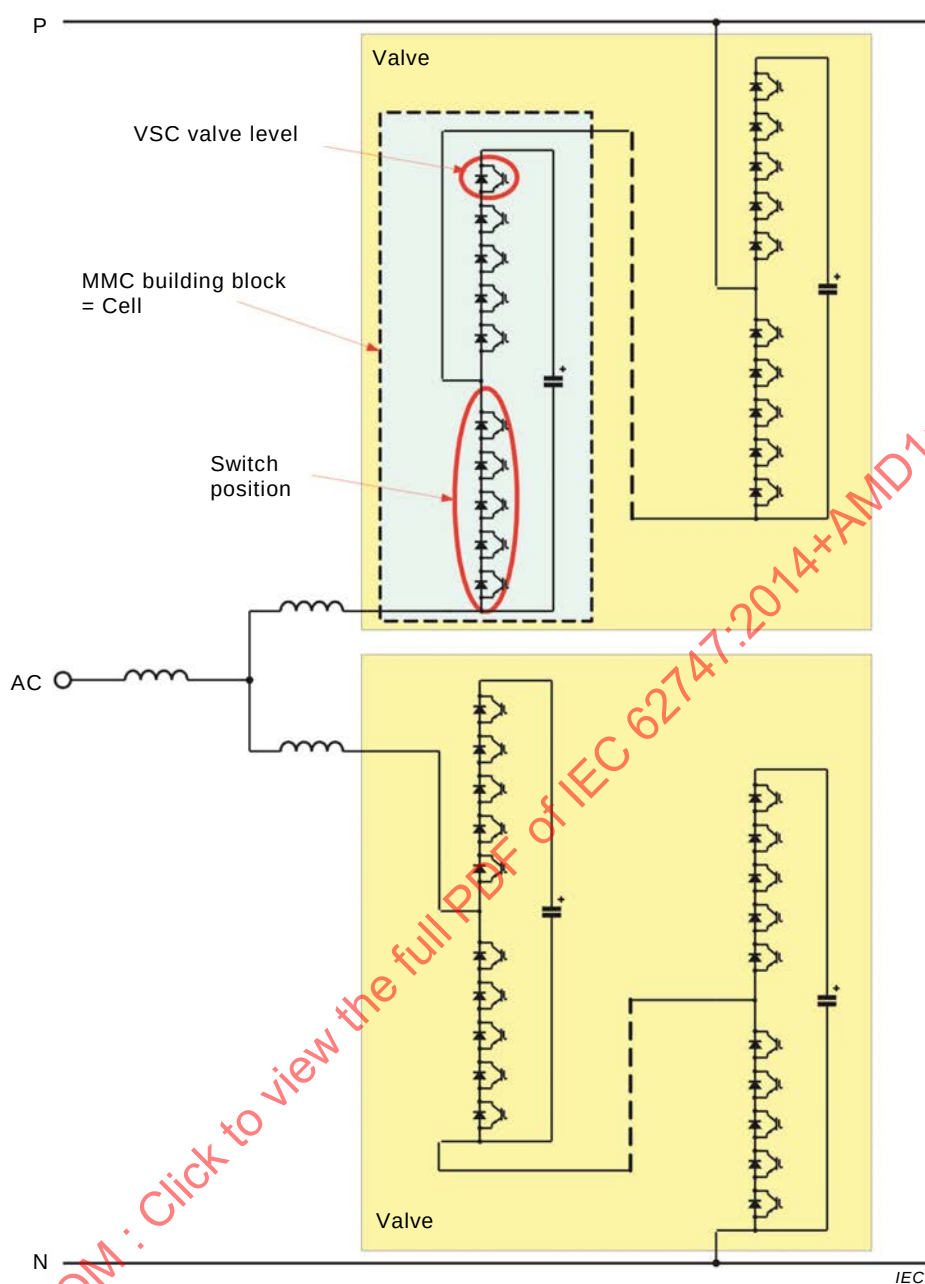


Figure 5 – Phase unit of the cascaded two-level converter (CTL) in half-bridge form

7.15 diode valve

semiconductor valve containing only diodes as the main semiconductor devices and associated circuits and components if any, which might be used in some VSC topologies

7.16 diode valve level

part of a diode valve composed of a diode and associated circuits and components, if any

7.17 dynamic braking valve

complete controllable device assembly, which is used to control energy absorption in a dynamic braking resistor

7.18

dynamic braking valve level

part of a dynamic braking valve comprising a turn-off semiconductor device and an associated diode, or controllable switches and diodes connected in parallel, or turn-off semiconductor devices and diodes connected to a half bridge arrangement, together with their immediate auxiliaries, storage capacitor, if any

7.19

valve

VSC valve, dynamic braking valve or diode valve according to the context

7.20

redundant levels

the maximum number of series connected VSC valve levels or diode valve levels in a valve that may be short-circuited externally or internally without affecting the safe operation of the valve as demonstrated by type tests, and which if and when exceeded, would require shutdown of the valve to replace the failed levels or acceptance of increased risk of failures

Note 1 to entry: In valve designs such as the cascaded two level converter, which contain two or more conduction paths within each cell and have series-connected VSC valve levels in each path, redundant levels shall be counted only in one conduction path in each cell.

7.21

d.c. capacitor

capacitor which is used as part of a voltage-sourced converter which experiences mainly d.c. voltage between its terminals

Note 1 to entry: For valves of the controllable switch type, the d.c. capacitor is usually arranged as a single device between the d.c. terminals. For valves of the controllable voltage-sourced type the d.c. capacitor is usually distributed amongst the MMC building blocks.

7.22

valve reactor

reactor (if any) which is connected in series to a VSC valve of the controllable voltage-source type

Note 1 to entry: One or more valve reactors can be associated to one VSC valve and might be connected at different positions within the valve. According to the definition, valve reactors are not part of the VSC valve. However, it is also possible to integrate the valve reactors in the structural design of the VSC valve, e.g. into each valve level.

7.23

valve module

the largest factory-assembled and tested building block of the valve, consisting of one or more VSC valve levels, submodules or cells connected electrically in series

7.24

valve structure

structural components of a valve, required in order to mechanically support the valve modules

7.25

valve support

that part of the valve which mechanically supports and electrically insulates the active part of the valve from earth

Note 1 to entry: A part of a valve which is clearly identifiable in a discrete form to be a valve support may not exist in all designs of valves.

7.26

multiple valve unit

MVU

mechanical arrangement of 2 or more valves or 1 or more VSC phase units sharing a common valve support

Note 1 to entry: A MVU might not exist in all topologies and physical arrangement of converters.

7.27

valve section

electrical assembly defined for test purposes, comprising a number valve levels and other components, which exhibits pro-rated electrical properties of a complete valve

Note 1 to entry: For valves of controllable voltage source type, the valve section includes d.c. capacitor in addition to VSC valve levels.

7.28

VSC unit midpoint

point in a VSC unit whose electrical potential is equal to the average of the potentials of the positive and negative d.c. terminals of the VSC unit

Note 1 to entry: In some applications, the VSC unit midpoint may exist only as a virtual point, not corresponding to a physical node in the circuit.

8 Converter operating conditions

8.1

rectifier operation

rectification

mode of operation of a converter or an HVDC substation when energy is transferred from the a.c. side to the d.c. side

Note 1 to entry: Phasor diagram showing a.c. system voltage, converter a.c. voltage and converter a.c. current for rectifier operation is shown in Figure 6.

8.2

inverter operation

inversion

mode of operation of a converter or an HVDC substation when energy is transferred from the d.c. side to the a.c. side

Note 1 to entry: Phasor diagram showing a.c. system voltage, converter a.c. voltage and converter a.c. current for inverter operation is shown in Figure 6.

8.3

capacitive operation

operation in which the converter feeds reactive power into the a.c. system with or without exchanging active power

8.4

inductive operation

operation in which the converter consumes reactive power from the a.c. system with or without exchanging active power

8.5

STATCOM operation

mode of operation of a converter when only reactive power (capacitive or inductive) is exchanged with the a.c. system

8.6

operating state

condition in which the HVDC substation is energized and the converters are de-blocked

Note 1 to entry: Unlike line-commutated converter, VSC can operate with zero active/reactive power output.

8.7

no-load operating state

condition in which the HVDC substation is energized but the IGBTs are blocked and all necessary substation service loads and auxiliary equipment are connected

8.8

idling operating state

condition in which the HVDC substation is energized and the IGBTs are de-blocked but with no active or reactive power output at the point of common connection to the a.c. network

Note 1 to entry: The “idling operating” and “no-load” conditions are similar but from the no-load state, several seconds may be needed before power can be transmitted, while from the idling operating state, power transmission may be commenced almost immediately (less than 3 power frequency cycles).

Note 2 to entry: In the idling operating state, the converter is capable of actively controlling the d.c. voltage, in contrast to the no-load state, where the behavior of the converter is essentially “passive”.

Note 3 to entry: Losses will generally be slightly lower in the no-load state than in the idling operating state, therefore this operating mode is preferred where the arrangement of the VSC system permits it.

8.9

blocked state

condition in which ~~all valves of the VSC unit are blocked~~ turn-off signal is applied continuously to all IGBTs of the VSC unit

8.10

converter charging

transitional condition of the converter when the a.c. system voltage is applied to the converter via a pre-insertion resistor

Note 1 to entry: Pre-insertion resistor may not be necessary in all applications.

8.11

modulation index

M

ratio of the peak line to ground a.c. converter voltage, to half of the converter d.c. terminal to terminal voltage

$$M = \frac{\sqrt{2} \cdot U_{c1}}{\sqrt{3} \cdot \frac{U_{dc}}{2}}$$

where

U_{c1} is the r.m.s value of the fundamental frequency component of the line-to-line voltage U_c ;

U_c is the output voltage of one VSC phase unit at its a.c. terminal;

U_{dc} is the output voltage of one VSC phase unit at its d.c. terminals.

Note 1 to entry: Some sources define modulation index in a different way such that a modulation index of 1 refers to a square-wave output, which means that the modulation index can never exceed 1. The modulation index according to that definition is given simply by $M \cdot (\pi/4)$. However, that definition is relevant mainly to two-level converters using pulse width modulation (PWM).

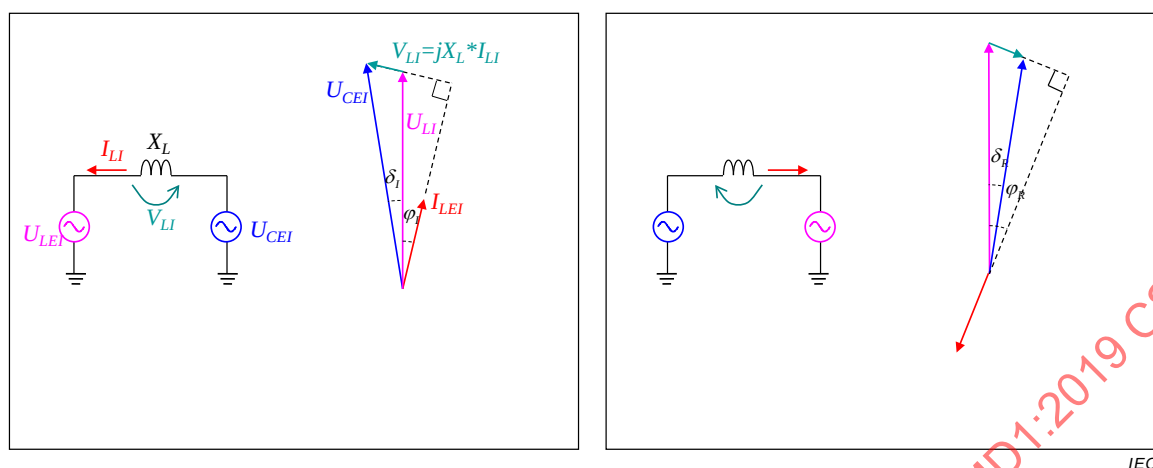


Figure 6 – Phasor diagram showing a.c. system voltage, converter a.c. voltage and converter a.c. current

8.12

positive conducting state

condition of an IGBT-diode pair in which load current flows through the IGBT from collector to emitter

8.13

negative conducting state

condition of an IGBT-diode pair in which load current flows through the free-wheeling diode from anode to cathode

8.14

positive valve current

direction of current flow through the valve from positive d.c. terminal to negative d.c. terminal or, in case of a diode valve, in the direction that forward biases the diode valve

8.15

negative valve current

direction of current flow through the valve from negative d.c. terminal to positive d.c. terminal

8.16

positive valve terminal

terminal of the valve that is closest to the positive d.c. terminal of the VSC unit

8.17

negative valve terminal

terminal of the valve that is closest to the negative d.c. terminal of the VSC unit

8.18

valve voltage

potential difference between the positive valve terminal and negative valve terminal

8.19

valve blocking state

condition of a valve when all IGBTs are turned off

8.20

IGBT gating

control action carried out to establish a current or interrupt a current in an IGBT

8.21**short-circuit failure mode**

condition of an IGBT in which it is no longer capable of withstanding voltage but can safely conduct current in either direction

8.22**MMC building block operating states**

possible states under which MMC building blocks can be operated

8.22.1**bypassed**

operating state where the IGBT(s) of one or more switch positions are turned on such that the valve current does not flow through the cell/submodule d.c. capacitor

8.22.2**active**

operating state where the IGBT(s) of one or more switch positions are turned on such that the valve current flows through the cell/submodule d.c. capacitor

8.22.3**protectively bypassed**

emergency operating state where the valve current flows through a protective device other than the IGBT(s)/diode(s) in order to prevent damage to the MMC building block or its components

Note 1 to entry: Protective bypassing may be used for either permanent or temporary conditions depending on the type of fault.

8.22.4**converter blocking**

operation to initiate a mode change from operating state to blocked state of a VSC unit

8.23**valve protective blocking**

means of protecting the valve or converter from excessive electrical stress by the emergency turn-off of all IGBTs in one or more valves

8.24**converter deblocking**

operation to initiate a mode change from blocked state to operating state of a VSC unit

8.25**short-circuit ratio****SCR**

ratio of the a.c. network short-circuit level (in MVA) at 1 p.u. voltage at the point of connection to the HVDC substation a.c. bus, to the rated d.c. power of the HVDC substation (in MW)

8.26**effective short-circuit ratio****ESCR**

ratio of the a.c. network short-circuit level (in MVA) at 1 p.u. voltage at the point of connection to the HVDC substation a.c. bus, reduced by the reactive power of the shunt capacitor banks and a.c. filters, if any, connected to this point (in MVar), to the rated d.c. power of the HVDC substation (in MW)

9 HVDC systems and substations

9.1

HVDC system

electrical power system which transfers energy in the form of high-voltage direct current between two or more a.c. buses

9.2

HVDC transmission system

HVDC system which transfers energy between two or more geographic locations

9.3

two-terminal HVDC transmission system

HVDC transmission system consisting of two HVDC transmission substations and the connected HVDC transmission line(s)

9.4

multiterminal HVDC transmission system

MTDC

HVDC transmission system consisting of more than two separated HVDC substations and the interconnecting HVDC transmission lines

9.5

symmetrical monopole

single VSC converter with symmetrical d.c. voltage output on the two terminals

Note 1 to entry: The term “symmetrical monopole” is used even though there are two polarities with d.c. voltages, because with only one converter it is not possible to provide the redundancy which is normally associated with the term “bipole”.

9.6

asymmetrical monopole

single VSC converter with asymmetrical d.c. voltage output on the two terminals, normally with one terminal earthed

9.7

bipole

two or more VSC asymmetrical monopoles forming a bipolar d.c. circuit

9.8

parallel converter configuration

two or more converters located in the same substation and connected to the same a.c. and d.c. transmission system connected in parallel

9.9

series converter configuration

two or more converters located in the same substation and connected to the same a.c. and d.c. transmission systems, connected in parallel on the a.c. side and in series in the d.c. side

9.10

bi-directional HVDC system

HVDC system for the transfer of energy in either direction

9.11

uni-directional HVDC system

HVDC system for the transfer of energy in only one direction

Note 1 to entry: Most HVDC systems are inherently bi-directional. However, some systems may be optimized to transmit power in only one preferred direction. Such systems may still be considered as “bi-directional”.

9.12

HVDC back-to-back system

HVDC system which transfers energy between a.c. buses at the same location

9.13

(HVDC) (system) pole

part of an HVDC system consisting of all the equipment in the HVDC substations and the interconnecting transmission lines, if any, which during normal operation exhibit a common direct voltage polarity with respect to earth

Note 1 to entry: See Figure 7.

9.14

(HVDC) (system) bipole

part of an HVDC system consisting of two HVDC system poles, which during normal operation, exhibit opposite direct voltage polarities with respect to earth

9.15

bipolar (HVDC) system

HVDC system with two independently operable poles of opposite polarity with respect to earth

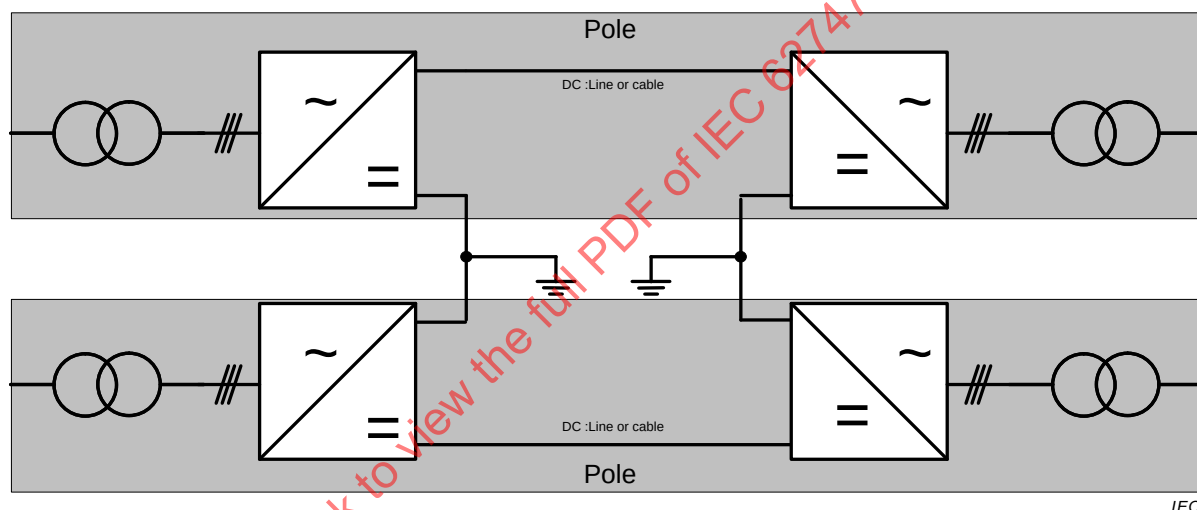


Figure 7 – Example of bipolar VSC transmission with earth return

9.16

earth return

operation mode in which the return current path between neutrals of the HVDC substations is through the earth

9.17

metallic return

operation mode in which the return current path between neutrals of the HVDC substations is through a dedicated conductor

Note 1 to entry: The metallic return conductor may be either a dedicated neutral conductor or another high voltage conductor.

9.18

monopolar (HVDC system)

HVDC system with only one pole

9.19 symmetrical monopolar HVDC system

HVDC system consisting of a single converter unit or a parallel connection of two or more converter units at each substation operated such that the two d.c. output terminals are at symmetrical voltages with respect to earth

Note 1 to entry: See Figure 8.

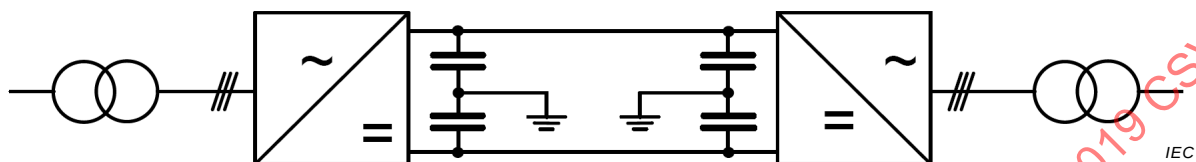


Figure 8 – VSC transmission with a symmetrical monopole illustrated with capacitive earthing on the d.c. side

9.20 asymmetrical monopolar HVDC system

HVDC system consisting of a single converter unit or a parallel connection of two or more converter units at each substation operated such that ~~one~~ voltages of the two d.c. output terminals ~~of at least one substation is earthed~~ are asymmetrical and one d.c. terminal is earthed in at least one substation

Note 1 to entry: See Figures 9 and 10.



Figure 9 – VSC transmission with an asymmetrical monopole with metallic return

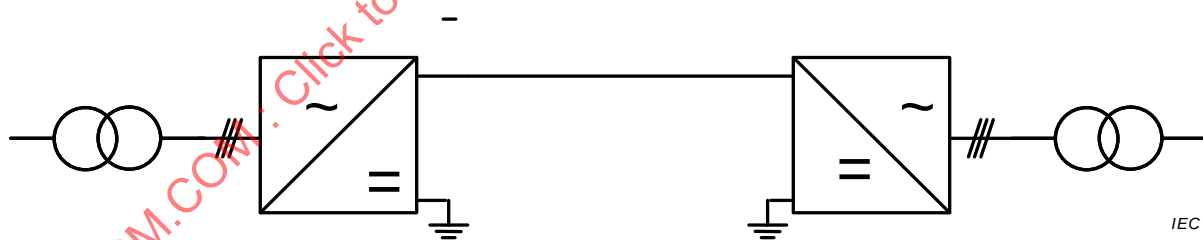


Figure 10 – VSC transmission with an asymmetrical monopole with earth return

9.21 HVDC substation HVDC converter station

part of an HVDC system which consists of one or more converter units installed in a single location together with buildings, reactors, filters, reactive power supply, control, monitoring, protective, measuring and auxiliary equipment

Note 1 to entry: An HVDC substation forming part of an HVDC transmission may be referred to as an HVDC transmission substation.

9.22 HVDC transmission line

part of a pole consisting of overhead lines and/or cables connecting two HVDC substations

9.23**earth electrode**

array of conducting elements placed in the earth, or the sea, which provides a low resistance path between a point in the d.c. circuit and the earth and is capable of carrying continuous current for some expected period

9.24**earth electrode line**

insulated line between the HVDC substation d.c. neutral bus and the earth electrode

9.25**point of common coupling****PCC**

point of interconnection of the HVDC converter station to the adjacent a.c. system

9.26**point of common coupling – d.c. side****PCC-DC**

point of interconnection of the HVDC converter station to the d.c. transmission line

10 HVDC substation equipment

NOTE Major components that can be found in a VSC substation are shown in Figure 11. More details on components not shown in Figure 11 are given in IEC 60633.

10.1**HVDC substation circuit breaker**

circuit breaker located at the feeder from the a.c. transmission system to connect and disconnect the HVDC substation

10.2**pre-insertion resistor**

during energization of the HVDC substation, temporarily inserted resistor to reduce charging currents of the d.c. circuit

Note 1 to entry: The pre-insertion resistor could be integrated within the substation circuit breaker.

10.3**a.c. harmonic filters**

filter circuits to prevent VSC-generated harmonics – if applicable – from penetrating into the a.c. system or to prevent amplification of background harmonics on the a.c. system

Note 1 to entry: AC harmonic filters can be installed on either the line side or the converter side of the interface transformer.

10.4**high frequency filters****HF filters**

filter circuits to prevent VSC-generated high frequency (HF) harmonics – if applicable – from penetrating into the a.c. system

Note 1 to entry: High frequency filters can be installed on either the line side or the converter side of the interface transformer.

10.5**interface transformer**

transformer (if any) through which power is transmitted between the a.c. system connection point and one or more VSC units

Note 1 to entry: The term “converter transformer” is also used for this equipment.

10.6

phase reactor

a reactor connected directly to the a.c. terminal of the VSC phase unit forming part of the coupling inductance

10.7

VSC d.c. capacitor

capacitor bank (s) (if any) connected between two d.c. terminals of the VSC

10.8

common mode blocking reactor

reactor (if any) used to reduce common mode alternating currents flowing into a d.c. overhead line or cable of an HVDC transmission scheme

10.9

d.c. harmonic filter

d.c. filters (if any) used to prevent harmonics generated by VSC valve from penetrating into the d.c. system

10.10

d.c. reactor

a reactor (if any) connected in series to a d.c. busbar

10.11

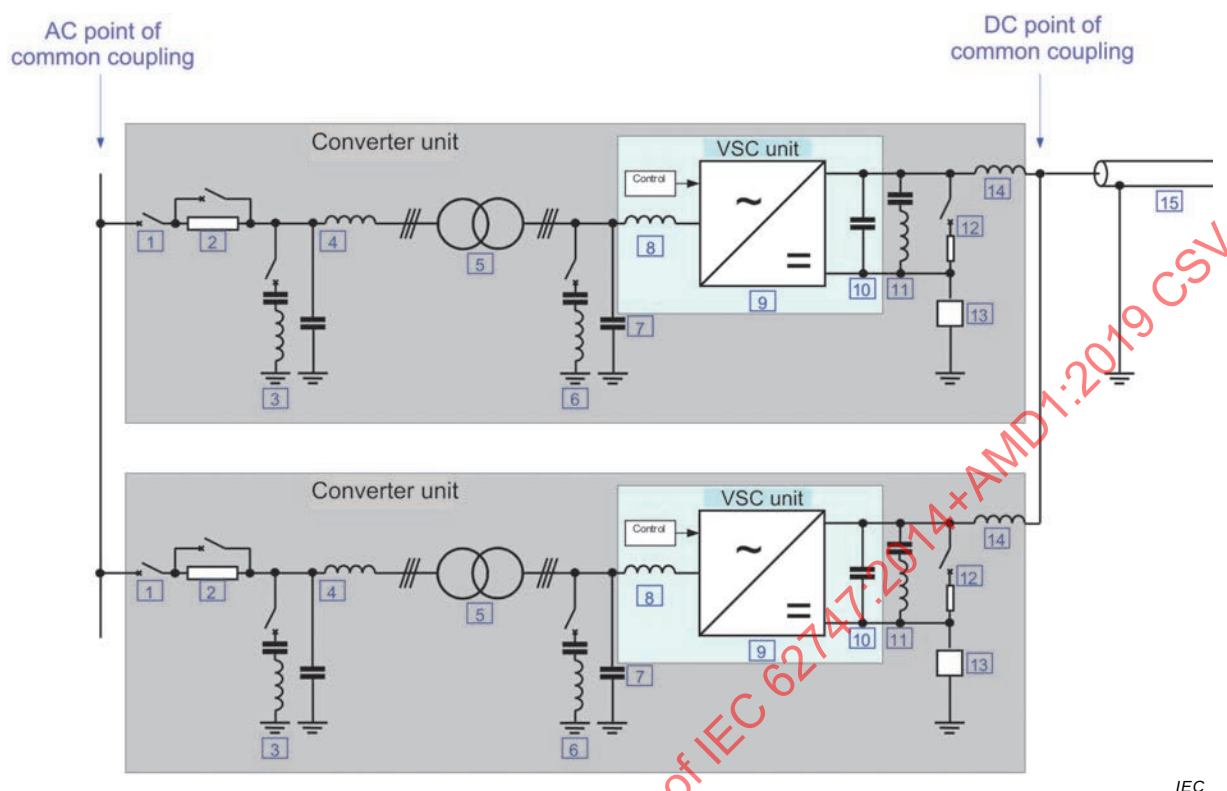
converter unit arrester

arrester connected across the d.c. terminals of a converter unit

10.12

converter unit d.c. bus arrester

arrester connected from the high voltage d.c. bars of the converter unit to substation earth



IEC

Key

1	Circuit breaker	9	VSC unit ^b
2	Pre-insertion resistor	10	VSC d.c. capacitor ^c
3	Line side harmonic filter	11	DC harmonic filter
4	Line side high frequency filter	12	Dynamic braking system
5	Interface transformer	13	Neutral point grounding branch ^d
6	Converter side harmonic filter	14	DC reactor
7 + 8	Converter side high frequency filter ^a	15	DC cable or overhead transmission line
8	Phase reactor ^a		

^a In some designs of VSC, the phase reactor may fulfill part of the function of the converter-side high frequency filter.

^b In some VSC topologies, each valve of the VSC unit may include a “valve reactor”, which may be built in to the valve or provided as a separate component.

^c In some designs of VSC, the VSC d.c. capacitor may be partly or entirely distributed amongst the three phase units of the VSC unit, where it is referred to as the d.c. submodule capacitors.

^d The philosophy and location of the neutral point grounding branch may be different depending on the design of the VSC unit.

Figure 11 – Major components that may be found in a VSC substation

10.13

metallic return transfer ~~breaker~~ switch

MRTB MRTS

switching device used to transfer d.c. current from an earth return path to a metallic return path

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

10.14

earth return transfer ~~breaker~~ switch

ERTB ERTS

switching device used to transfer d.c. current from a metallic return path to an earth return path

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

10.15

neutral bus switch

NBS

switching device used to transfer d.c. current from a fault on the neutral bus into the metallic or earth return path

10.16

neutral bus grounding switch

NBGS

switching device used to transfer d.c. current from a fault on the neutral bus or neutral conductor into station ground

11 Modes of control

11.1

control mode

manner in which a converter unit, pole or HVDC substation is controlled in order to maintain one or more electrical quantities at desired values

Note 1 to entry: The desired values may change with time or as a function of measured quantities and defined priorities.

11.2

d.c. voltage control mode

control of the d.c. voltage in an HVDC substation

11.3

active power control mode

control of the active power exchanged between an HVDC substation and the connected a.c. network

11.4

a.c. voltage control mode

control of the a.c. voltage of the a.c. network connected to an HVDC substation

11.5

reactive power control mode

control of the reactive power exchanged between an HVDC substation and the connected a.c. network

11.6

islanded network operation mode

control mode in which the HVDC substation controls the frequency and the voltage of the connected islanded a.c. network

11.7

frequency control mode

control of the frequency of the connected a.c. network by varying the active power exchanged between an HVDC substation and the connected a.c. network

11.8

damping control mode

control mode providing the damping of power oscillations or sub-synchronous oscillations in a connected a.c. network

12 Control systems

12.1

integrated a.c./d.c. system control

control system which governs the integrated operation of a.c. and HVDC systems of a power system

Note 1 to entry: This control system is under the responsibility of the system operator.

12.2

control system

HVDC control system

function of, or the equipment used for, controlling, monitoring or protection of main plant equipment, such as circuit breakers, valves, interface transformers and their tap changers, forming part of an HVDC system

Note 1 to entry: An example illustrating a typical HVDC control system hierarchy is shown in Figure 12.

12.3

HVDC system control

control system which governs the operation of an entire HVDC system consisting of more than one HVDC substation and performs those functions of controlling, monitoring and protection which require information from more than one substation

Note 1 to entry: See Figure 12.

12.4

multiterminal control

HVDC system control for more than two HVDC substations

12.5

(HVDC system) bipole control

control system of a bipole

Note 1 to entry: See Figure 12.

12.6

(HVDC system) pole control

control system of a pole

Note 1 to entry: See Figure 12.

Note 2 to entry: When the HVDC system has no bipole(s) but one or more poles, the pole control interfaces with the HVDC system control.

12.7

(HVDC) station control

control system used for the controlling, monitoring and protection within an HVDC substation

Note 1 to entry: HVDC station control may be implemented at the bipole and/or pole level and may be referred to as local control.

12.8

converter control

control system used for the controlling, monitoring and protection of a single converter unit

Note 1 to entry: See Figure 12.

12.9

valve base electronics

VBE

electronic unit, at earth potential, providing the electrical to optical conversion between the converter control system and the VSC valves

12.10

valve control unit

VCU

electronic unit, at earth potential, providing the control and protection functions for individual valves

Note 1 to entry: VBE and VCU functions could be combined in one unit.

12.11

valve electronics

electronic circuits at valve potential(s) which perform control and protection functions for one or more valve levels

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62747:2014+AMD1:2019 CSV

Hierarchical structure of an HVDC control system

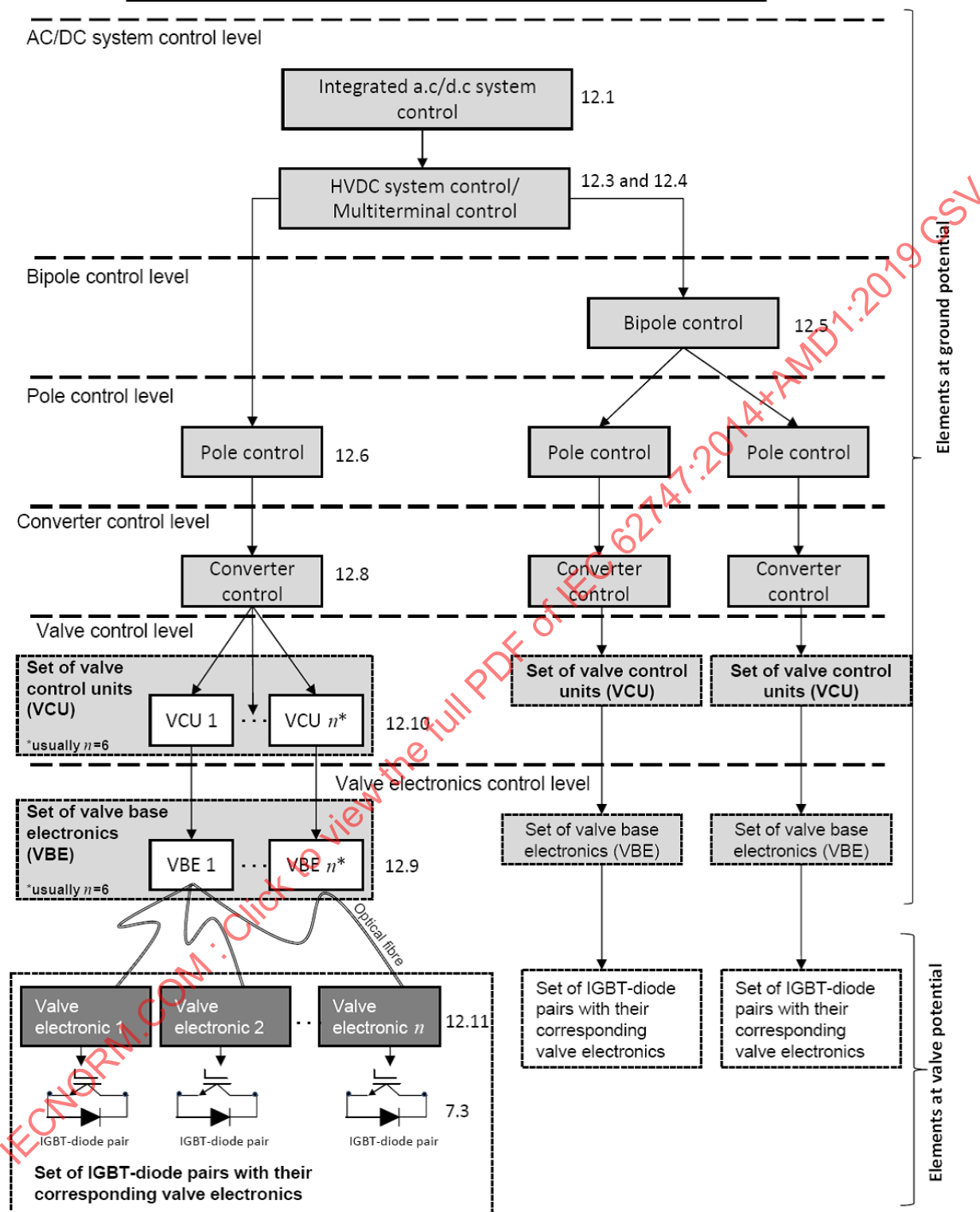


Figure 12 – Hierarchical structure of an HVDC control system

Bibliography

IEC 60050-551, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 551: Power electronics*

IEC 60146-1-1, *Semiconductor converters – General requirements and line commutated convertors – Part 1-1: Specifications of basic requirements*

IEC 60146-2, *Semiconductor converters – Part 2: Self-commutated semiconductor converters including direct d.c. converters*

IEC/TR 62543, *High-voltage direct current (HVDC) transmission using voltage sourced converters (VSC)*

~~IEC 60747 (all parts), Semiconductor devices~~

~~IEC 60747-1, Semiconductor devices – Part 1: General~~

~~IEC 60747-2, Semiconductor devices – Discrete devices and integrated circuits – Part 2: Rectifier diodes~~

~~IEC 60747-9, Semiconductor devices – Discrete devices – Part 9: Insulated-gate bipolar transistors (IGBTs)~~

~~IEC 60633, Terminology for high-voltage direct current (HVDC) transmission~~

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

IEC 62751-1, ~~Determination of~~ *Power losses in voltage sourced converter (VSC) valves for high-voltage direct current (HVDC) systems – Part 1: General requirements*¹

IEC 62751-2, *Power losses in voltage sourced converter (VSC) valves for high-voltage direct current (HVDC) systems – Part 2: Modular multi-level converters*²

VSC Transmission, CIGRE Technical Brochure No. 269

Component Testing of VSC System for HVDC Applications, CIGRÉ Technical Brochure No. 447

Voltage Source Converter (VSC) HVDC for Power Transmission – Economic Aspects and Comparison with other AC and DC Technologies, CIGRÉ Technical Brochure No. 492

¹ ~~To be published.~~

² ~~To be published.~~

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62747:2014+AMD1:2019 CSV

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	35
1 Domaine d'application	37
2 Références normatives	37
3 Symboles et abréviations	37
3.1 Liste des symboles littéraux	37
3.2 Liste des indices	38
3.3 Liste des abréviations	40
4 Symboles graphiques	41
5 Termes généraux relatifs aux circuits de conversion	42
6 Topologies VSC	43
7 Unités de conversion et valves	43
8 Conditions de fonctionnement du convertisseur	50
9 Systèmes et postes CCHT	54
10 Équipements des postes CCHT	58
11 Modes de réglage	61
12 Systèmes de commande	62
Bibliographie	66
Figure 1 – Identifications des symboles des convertisseurs	40
Figure 2 – Symboles graphiques	42
Figure 3 – Unité de convertisseur de source de tension	45
Figure 4 – Unité de phase du convertisseur multi-niveaux modulaire (MMC) en disposition à deux niveaux en demi-pont, avec sous-modules	47
Figure 5 – Unité de phase du convertisseur à deux niveaux monté en cascade (CTLC) en demi-pont	48
Figure 6 – Schéma de phase illustrant la tension d'un système c.a., la tension c.a. d'un convertisseur et le courant c.a. d'un convertisseur	52
Figure 7 – Exemple de transport VSC bipolaire avec retour par la terre	56
Figure 8 – Transport VSC à monopole symétrique illustré avec mise à la terre capacitive côté c.c.	57
Figure 9 – Transport VSC à monopole asymétrique avec retour métallique	57
Figure 10 – Transport VSC à monopole asymétrique avec retour par la terre	57
Figure 11 – Principaux composants susceptibles de composer un poste VSC	60
Figure 12 – Structure hiérarchique d'un système de commande CCHT	65

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TERMINOLOGIE RELATIVE AUX CONVERTISSEURS DE SOURCE DE TENSION (VSC) DES SYSTÈMES EN COURANT CONTINU À HAUTE TENSION (CCHT)

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.

Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de son amendement a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.

L'IEC 62747 édition 1.1 contient la première édition (2014-07) [documents 22F/301/CDV et 22F/317A/RVC] et son corrigendum 1 (2015-02), et son amendement 1 (2019-01) [documents 22F/481/CDV et 22F/489/RVC].

Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par l'amendement 1. Les ajouts sont en vert, les suppressions sont en rouge, barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.

La Norme internationale IEC 62747 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.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement 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.

TERMINOLOGIE RELATIVE AUX CONVERTISSEURS DE SOURCE DE TENSION (VSC) DES SYSTÈMES EN COURANT CONTINU À HAUTE TENSION (CCHT)

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale définit les termes relatifs aux convertisseurs de source de tension autocommutés utilisés pour le transport d'énergie en courant continu à haute tension (CCHT).

La norme a été essentiellement élaborée pour l'application des transistors bipolaires à grille isolée (IGBT) des convertisseurs de source de tension (VSC), mais elle peut également être utilisée comme guide en cas d'utilisation d'autres dispositifs à semiconducteur pouvant être activés ou désactivés par une action de commande.

Les convertisseurs commutés par le réseau et les convertisseurs à source de courant des systèmes de transport d'énergie en courant continu à haute tension (CCHT) sont exclus de la présente norme.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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 60027 (toutes les parties), *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*

IEC 60617, *Symboles graphiques pour schémas*

IEC 60633, *Terminologie pour le transport d'énergie en courant continu à haute tension (CCHT)*

3 Symboles et abréviations

3.1 Liste des symboles littéraux

Les termes et définitions essentiels nécessaires à la compréhension de la présente norme sont donnés ici. La terminologie complémentaire est donnée dans les parties correspondantes de l'IEC 60747, ainsi que dans l'IEC 60633 pour certains types spécifiques d'équipements qui sont essentiellement présents sur les systèmes CCHT commutés par le réseau mais qui peuvent parfois être intégrés dans des systèmes CCHT à convertisseurs de source de tension VSC.

Cette liste ne comporte que les symboles les plus fréquemment utilisés (voir Figure 1). L'IEC 60027 doit être utilisée pour une liste plus complète des symboles adoptés pour les convertisseurs statiques. Voir également les autres normes indiquées dans les références normatives et la bibliographie.

U_d tension continue

U_{dc} tension c.c. du convertisseur

U_{dpe}	tension continue pôle-terre
U_{dpp}	tension continue pôle-pôle
U_{dppN}	tension continue pôle-pôle assignée
U_{dpeN}	tension continue pôle-terre assignée
U_L	tension entre phases côté réseau du transformateur d'interface, valeur efficace tenant compte des harmoniques
U_{Le}	tension phase-terre côté réseau du transformateur d'interface, valeur efficace tenant compte des harmoniques
U_{LN}	valeur assignée de U_L
~~U_v~~	~~tension entre phases côté valve du transformateur d'interface, valeur efficace tenant compte des harmoniques~~
~~U_{ve}~~	~~tension phase-terre côté valve du transformateur d'interface, valeur efficace tenant compte des harmoniques~~
U_c	tension entre phases ~~du~~ côté convertisseur du transformateur d'interface, valeur efficace tenant compte des harmoniques
~~NOTE U_e est égale à U_v moins la chute de tension dans les inductances de phase et de valve. Toutefois, U_e présente une signification claire uniquement dans les conditions équilibrées (régime permanent).~~	
U_{ce}	tension phase-terre ~~du~~ côté convertisseur du transformateur d'interface, valeur efficace tenant compte des harmoniques
~~U_{valve}~~	~~tension entre les bornes d'une valve (toute valeur définie)~~
U_{vtt}	tension entre les bornes d'une valve (toute valeur définie)
I_c	courant du côté convertisseur du transformateur d'interface, valeur efficace tenant compte des harmoniques
I_d	courant continu (toute valeur définie)
I_{dN}	courant continu assigné
I_L	courant du côté réseau du transformateur d'interface, valeur efficace tenant compte des harmoniques
I_{LN}	valeur assignée de I_L
~~I_v~~	<del>courant ~~du~~ côté circulant dans une valve ~~du~~ transformateur d'interface, valeur efficace tenant compte des harmoniques</del>
~~I_{valve}~~	~~courant circulant dans une valve~~

3.2 Liste des indices

0 (zéro)	à vide
e	earth (terre)
p	pôle
N	valeur assignée ou à la charge assignée
d	direct (courant ou tension continu (e))

L Line side (côté réseau du transformateur d'interface)

c côté convertisseur du transformateur d'interface

v côté par ou dans une valve ~~du transformateur d'interface~~

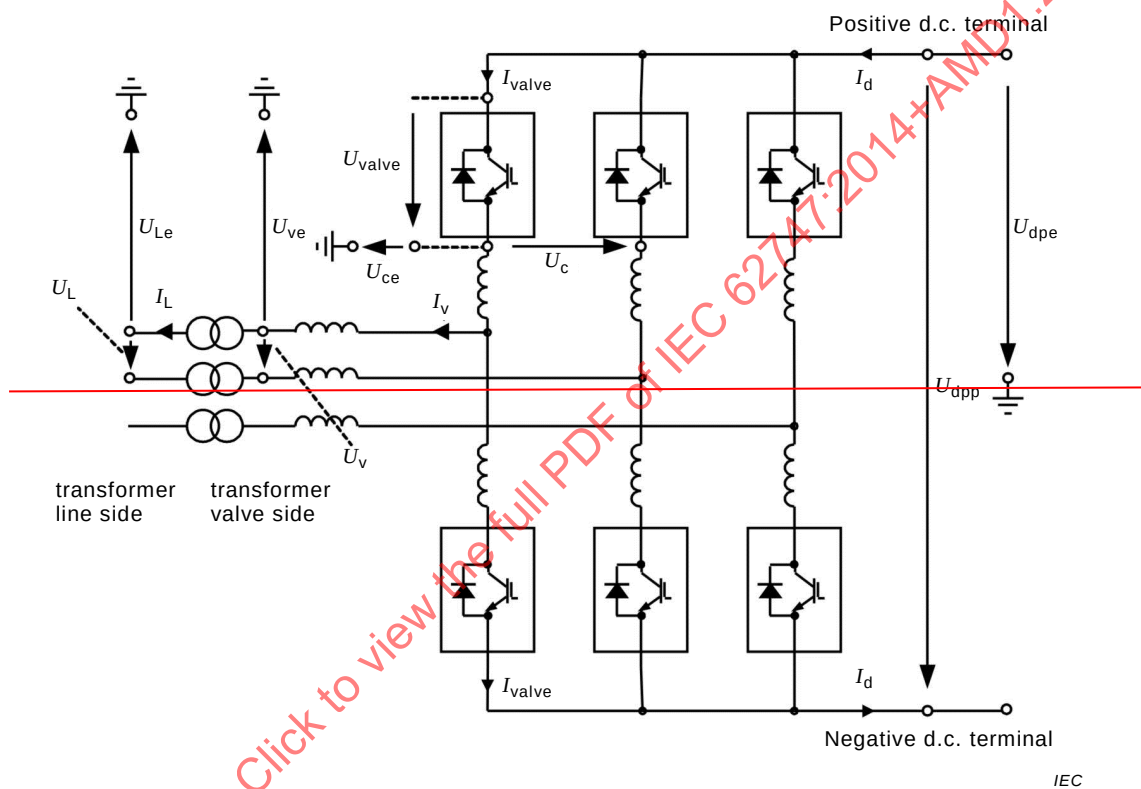
~~valve par ou dans une valve~~

max maximal

min minimal

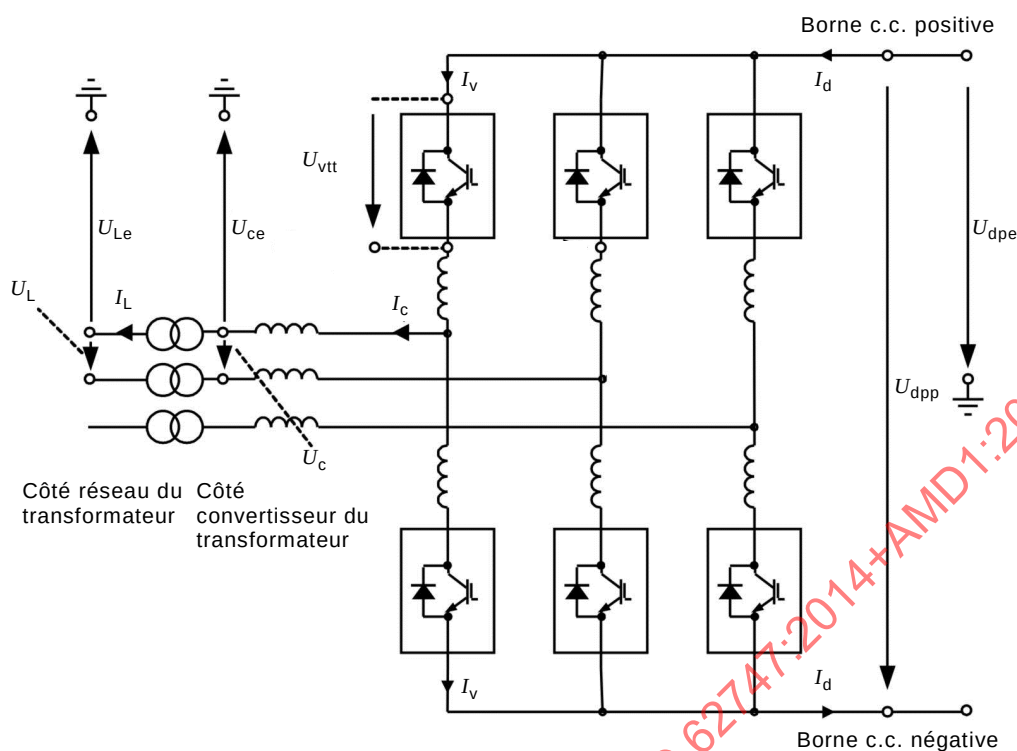
n relatif à la composante harmonique de rang n

tt borne à borne



Légende

Anglais	Français
Positive d.c. Terminal	Borne c.c. positive
Negative d.c. Terminal	Borne c.c. négative
transformer line side	côté réseau du transformateur
transformer valve side	côté valve du transformateur



IEC

Figure 1 – Identifications des symboles des convertisseurs

3.3 Liste des abréviations

Les abréviations suivantes s'écrivent toujours en majuscules et sans points.

CCHT	Courant Continu à Haute Tension
CTL	Cascaded Two-Level converter (convertisseur à deux niveaux monté en cascade)
DRL	Diode de roue libre
ERTB	Earth Return Transfer Breaker (disjoncteur de transfert du retour par la terre)
ESCR	Effective Short-Circuit Ratio (rapport de court-circuit efficace)
HF	Haute Fréquence
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor (transistor bipolaire à grille isolée)
MMC	Modular Multilevel Converter (convertisseur multi-niveaux modulaire)
MRTB	Metallic Return Transfer Breaker (disjoncteur de transfert du retour métallique)
MTDC	Multi-Terminal HVDC transmission system (Système de Transport CCHT Multiterminal)
MVU	Multiple Valve (Unit) ((ensemble à) valves multiples)
NBS	Neutral Bus Switch (commutateur de bus neutre)
~~NGBS~~ NBGS	Neutral Bus Grounding Switch (commutateur de mise à la terre de bus neutre)
PCC	Point of Common Coupling (point de couplage commun)
PCC-DC	Point of Common Coupling – d.c. side (point de couplage commun – côté c.c.)

SCR Short-Circuit Ratio (rapport de court-circuit)

VBE Valve Base Electronics (électronique de base de valve)

VCU Valve Control Unit (unité de commande de valve)

VSC Voltage-Sourced Converter (convertisseur de source de tension)

NOTE Même si le mot «disjoncteur» est utilisé dans les abréviations, il n'implique pas nécessairement la possibilité d'interrompre les courants de défaut.

4 Symboles graphiques

La Figure 2 représente les symboles graphiques spéciaux qui sont définis uniquement pour les besoins de la présente norme. L'IEC 60617 doit être utilisée pour une liste plus complète des symboles graphiques adoptés pour les convertisseurs statiques.

No.	Symbol	Description
1		IGBT-diode pair
2		Valve of "switch" type
3		Valve of "controllable voltage source" type
4		VSC unit (of unspecified type)
5		VSC unit using switch type valves
6		VSC unit using controllable voltage source type valves
7		Dynamic braking valve of "switch" type
8		Dynamic braking valve of "controllable voltage source" type

IEC

Légende

Anglais	Français
Symbol	Symbole

Anglais	Français
IGBT-diode pair	Paire IGBT-diode
Valve of "switch" type	Valve de type "commutateur"
Valve of "controllable voltage source" type	Valve du type "à source de tension commandable"
VSC unit (of unspecified type)	Unité VSC (de type non spécifié)
VSC unit using switch type valves	Unité VSC utilisant des valves de type commutateur
VSC unit using controllable voltage source type valves	Unité VSC utilisant des valves du type à source de tension commandable
Dynamic braking valve of "switch" type	Valve à freinage dynamique de type "commutateur"
Dynamic braking valve of "controllable voltage source" type	Valve à freinage dynamique de type "à source de tension commandable"

Figure 2 – Symboles graphiques

5 Termes généraux relatifs aux circuits de conversion

5.1

conversion

dans le contexte du CCHT, transfert de la puissance de courant alternatif en courant continu ou vice versa, ou une combinaison de ces opérations

5.2

convertisseur

dans le contexte du CCHT, dispositif utilisé pour transférer la puissance de courant alternatif en courant continu ou vice versa et connecté entre trois bornes c.a. et deux bornes c.c.

5.3

convertisseur de source de tension

VSC

convertisseur c.a./c.c. électronique présentant une tension c.c. essentiellement lisse fournie, par exemple, par un condensateur de liaison c.c. commun ou des condensateurs c.c. répartis dans les bras de convertisseur

5.4

bras

bras de convertisseur

partie d'un convertisseur raccordée entre une borne de phase de courant alternatif et une borne de pôle de en courant continu

5.5

commutation

transfert de courant entre deux chemins quelconques, ces deux chemins transportant simultanément du courant pendant ce transfert

5.6

commutation par le réseau

méthode de commutation dans laquelle la tension de commutation est fournie par le réseau à courant alternatif

5.7

autocommutation

commutation dans laquelle la tension de commutation est fournie par les composants du convertisseur ou du commutateur électronique

5.8**tension de commutation**

tension qui provoque la commutation de courant, fournie soit par le réseau soit par une action de commutation de la valve/des dispositifs à semiconducteur

5.9**inductance de commutation**

inductance totale incluse dans le circuit de commutation, en série avec la tension de commutation

Note 1 à l'article: L'inductance de commutation est généralement appelée inductance de fuite ou inductance de boucle.

5.10**inductance de couplage**

inductance équivalente faisant référence au côté convertisseur du transformateur d'interface entre le point de couplage commun (PCC) et la borne c.c. de la valve

6 Topologies VSC**6.1****convertisseur à deux niveaux**

convertisseur dans lequel la tension entre les bornes c.a. de l'unité VSC (voir 7.6) et le point médian de l'unité VSC (voir 7.28) est commutée entre deux niveaux de tension c.c. discrets

6.2**convertisseur à trois niveaux**

convertisseur dans lequel la tension entre les bornes c.a. de l'unité VSC (voir 7.6) et le point médian de l'unité VSC (voir 7.28) est commutée entre trois niveaux de tension c.c. discrets

6.3**convertisseur multi-niveaux**

convertisseur dans lequel la tension entre les bornes c.a. de l'unité VSC (voir 7.6) et le point médian de l'unité VSC (voir 7.28) est commutée entre plus de trois niveaux de tension c.c. discrets

6.4**convertisseur multi-niveaux modulaire****MMC**

convertisseur multi-niveaux dans lequel chaque valve VSC (voir 7.8 et 7.9) est composée d'un certain nombre de blocs modules MMC (voir 7.11) connectés en série

Note 1 à l'article: Voir aussi la Figure 4.

6.5**convertisseur à deux niveaux monté en cascade****CTL**

convertisseur multi-niveaux modulaire dans lequel chaque position de commutation est composée de plusieurs paires IGBT-diode connectées en série

Note 1 à l'article: Voir Figure 5.

7 Unités de conversion et valves**7.1****dispositif à semiconducteur blocable**

dispositif à semiconducteur commandable qui peut être réactivé et coupé par un signal de commande, IGBT, par exemple

7.2

transistor bipolaire à grille isolée

IGBT

dispositif à semiconducteurs blocable possédant trois bornes: une borne de grille (G) et deux bornes de charge: émetteur (E) et collecteur (C)

7.3

diode de roue libre

DRL

dispositif à semiconducteur de puissance ayant les caractéristiques d'une diode

Note 1 à l'article: Une DRL possède deux bornes: une anode (A) et une cathode (K).

Note 2 à l'article: Le courant dans les DRL circule en sens opposé au courant de l'IGBT.

7.4

paire IGBT-diode

combinaison de l'IGBT et de la DRL connectés en parallèle en sens inverse

Note 1 à l'article: Une paire IGBT-diode est généralement assemblée dans un boîtier commun. Toutefois, elle peut inclure des boîtiers d'IGBT et/ou de diodes individuels connectés en parallèle.

7.5

unité de convertisseur

ensemble opérationnel indivisible comprenant tous les équipements entre le point de couplage commun côté c.a. (voir 9.25) et le point de couplage commun côté c.c. (voir 9.26), essentiellement une ou plusieurs unités VSC, avec un ou plusieurs transformateurs d'interface, l'équipement de commande de l'unité de convertisseur, les dispositifs essentiels de protection et de commutation et les équipements auxiliaires, s'ils existent, pour la conversion

Note 1 à l'article: Voir Figure 3.

7.6

unité VSC

trois unités de phase VSC, associées à un équipement de commande de l'unité VSC, des dispositifs essentiels de protection et de commutation, des condensateurs de stockage c.c., des bobines d'inductance de phase et des auxiliaires, le cas échéant, utilisés pour la conversion

Note 1 à l'article: Voir Figure 3.

7.7

unité de phase VSC

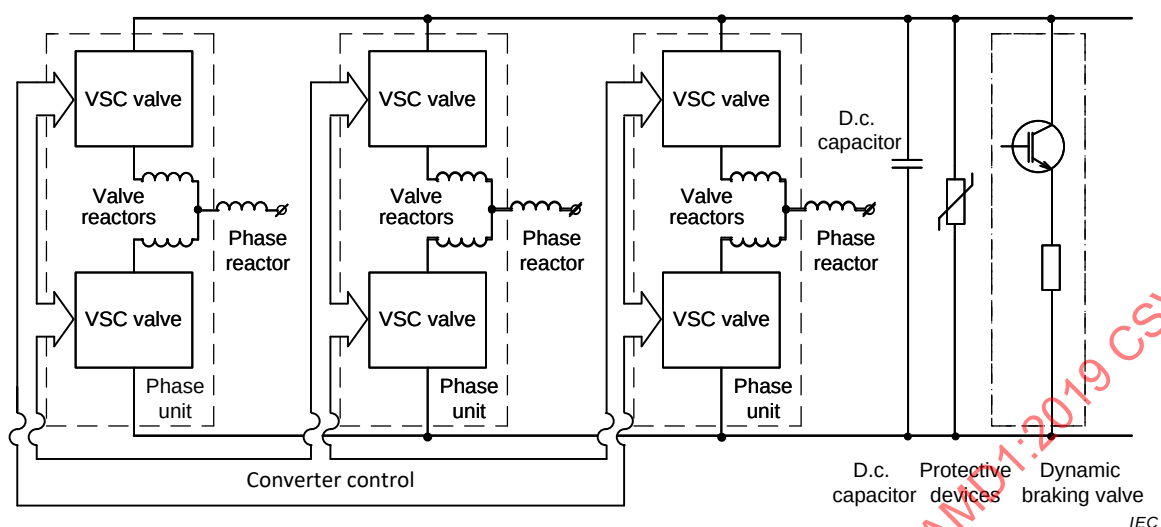
équipement utilisé pour raccorder les deux bornes c.c. à une borne c.a.

Note 1 à l'article: Dans les mises en œuvre les plus simples, l'unité de phase VSC est composée de deux valves à VSC et, dans certains cas, elle peut également comprendre des inductances de valve. L'unité de phase VSC peut également comprendre un équipement de commande et de protection, ainsi que d'autres composants.

7.8

valve à VSC de type commutateur

~~<type commutateur> disposition~~ combinaison de paires IGBT-diode connectées en série et configurées de manière à être commutées simultanément en une unité fonctionnelle simple



Légende

Anglais	Français
VSC valve	Valve à VSC
Valve reactors	Inductances de valve
Phase reactor	Inductance de phase
Phase unit	Unité de phase
Converter control	Commande de convertisseur
D.c. capacitor	Condensateur c.c
Protective devices	Dispositifs de protection
Dynamic breaking valve	Valve à freinage dynamique

Figure 3 – Unité de convertisseur de source de tension

Note 1 à l'article: Dans certaines conceptions de VSC, les inductances de phase peuvent remplir une partie de la fonction du filtre haute fréquence côté convertisseur. De plus, dans certaines conceptions de VSC, tout ou partie de l'inductance de phase peut être intégrée dans les trois «unités de phase» de l'unité VSC, en tant qu'inductances de valve.

Note 2 à l'article: Dans certaines conceptions de VSC, le condensateur c.c. à VSC peut être en partie ou en totalité réparti entre les trois «unités de phase» de l'unité VSC, auquel cas il est appelé condensateur de sous-module c.c.

Note 3 à l'article: Les configurations des inductances de valve et/ou de phase présentées ci-dessus sont facultatives et peuvent ne pas être incluses dans tous les schémas.

Note 4 à l'article: La Figure 3 présente un exemple classique d'unité VSC, des différences pouvant exister à tous les niveaux.

7.9

valve à VSC de type à source de tension commandable

<type à source de tension commandable> ensemble complet à source de tension commandable, généralement connecté entre une borne c.a. et une borne c.c.

7.10

niveau de valve à VSC

plus petite unité fonctionnelle indivisible d'une valve à VSC

Note 1 à l'article: Pour toute valve à VSC dans laquelle les IGBT sont connectés en série et manœuvrés simultanément, un niveau de valve à VSC correspond à une paire IGBT-diode, y compris ses auxiliaires (voir Figure 4). Pour un type MMC sans paires IGBT-diode connectées en série, un niveau de valve correspond à un sous-module associé à ses auxiliaires (voir Figure 5).

7.11

bloc module MMC

source de tension indépendante commandable à deux bornes, dotée de condensateur(s) c.c. et d'auxiliaires immédiats, faisant partie d'un MMC

7.12

position de commutation

fonction d'un semiconducteur qui se comporte comme un seul commutateur indivisible

Note 1 à l'article: Une position de commutation peut être composée d'une seule paire IGBT-diode ou, dans le cas du convertisseur à deux niveaux monté en cascade, d'une connexion en série de plusieurs paires IGBT-diode

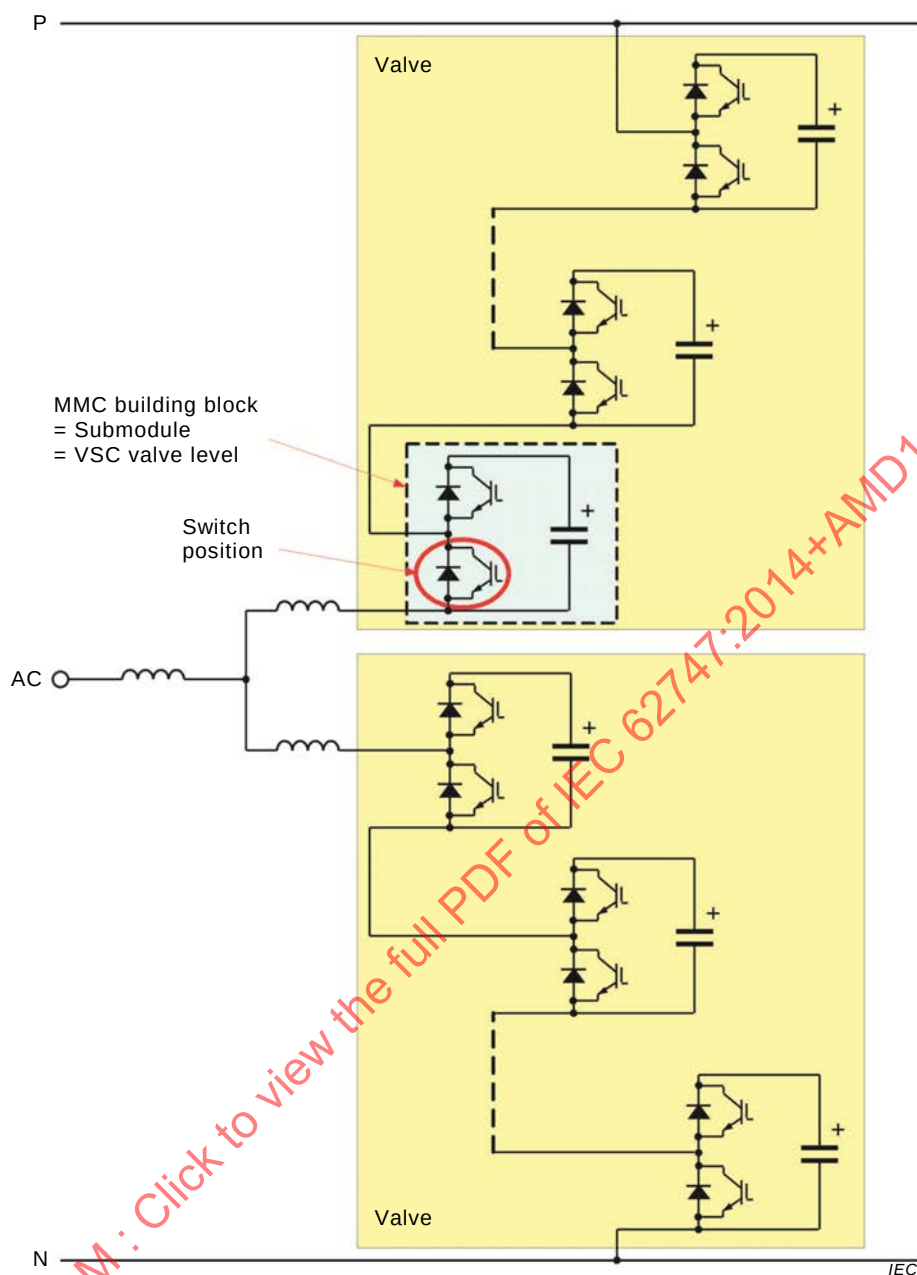
7.13

sous-module

bloc module MMC dans lequel chaque position de commutation est composée d'une seule cellule de paire IGBT-diode

Note 1 à l'article: Voir Figure 4.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62747:2014+AMD1:2019 CSV



Légende

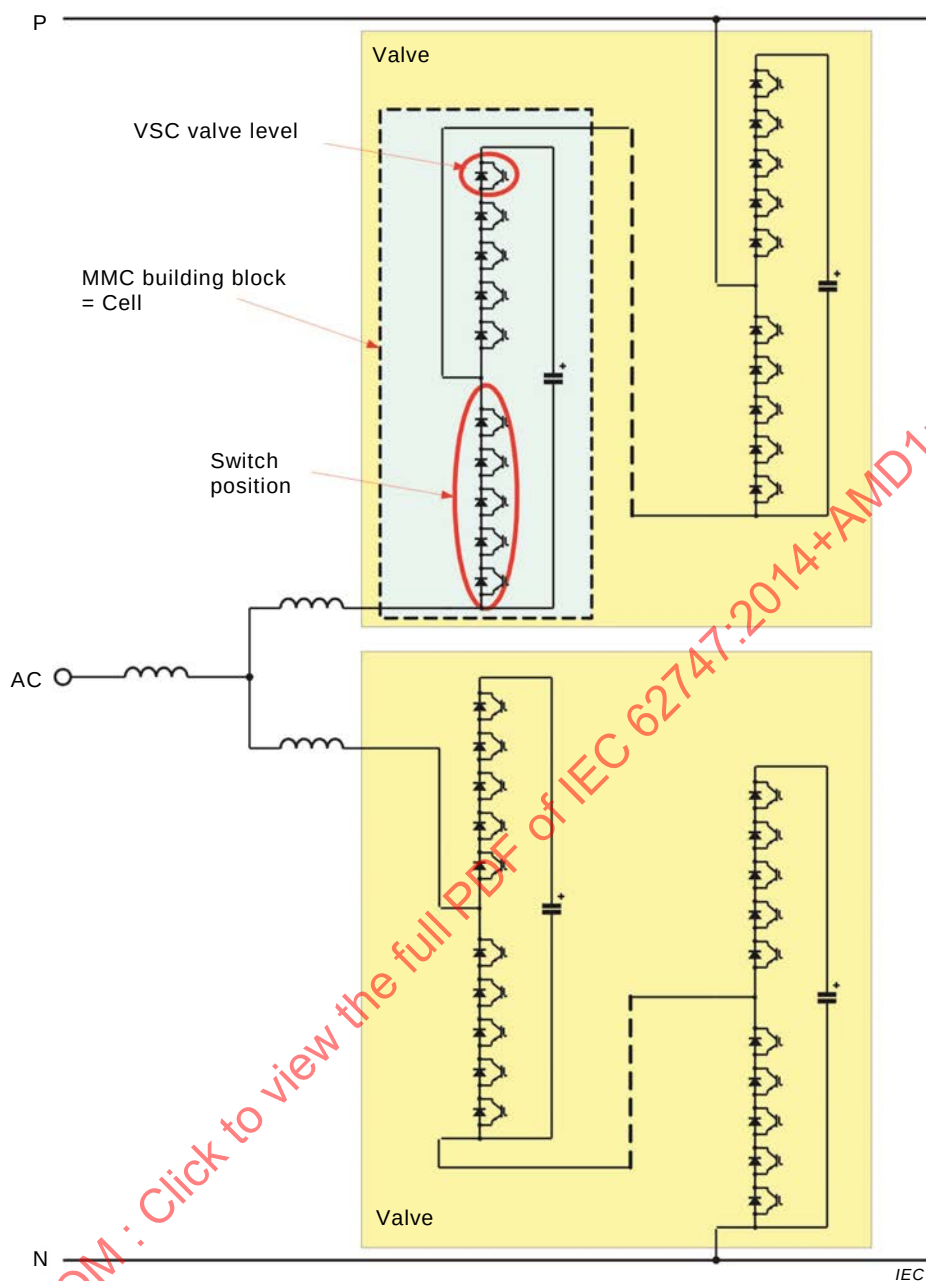
Anglais	Français
MMC building block	Bloc module MMC
Submodule	Sous-module
VSC valve level	Niveau de valve à VSC
Switch position	Position de commutation
AC	CA

Figure 4 – Unité de phase du convertisseur multi-niveaux modulaire (MMC) en disposition à deux niveaux en demi-pont, avec sous-modules

7.14 cellule

bloc module MMC dans lequel chaque position de commutation est composée de plusieurs paires IGBT-diode connectées en série

Note 1 à l'article: Voir Figure 5.



Légende

Anglais	Français
VSC valve level	Niveau de valve à VSC
MMC building block	Bloc module MMC
Cell	Cellule
Switch position	Position de commutation
AC	CA

Figure 5 – Unité de phase du convertisseur à deux niveaux monté en cascade (CTLC) en demi-pont

7.15

valve à diode

valve à semiconducteur contenant uniquement des diodes comme principaux dispositifs à semiconducteur et les circuits et composants associés, le cas échéant, pouvant servir dans certaines topologies de VSC

7.16**niveau de valve à diode**

partie d'une valve à diode composée d'une diode et des circuits et composants associés, le cas échéant

7.17**valve à freinage dynamique**

dispositif commandable complet qui sert à réguler l'absorption d'énergie dans la résistance de freinage

7.18**niveau de valve à freinage dynamique**

partie d'une valve à freinage dynamique comprenant un dispositif à semiconducteur de désactivation et une diode associée ou des commutateurs et des diodes commandables connectés en parallèle, ou des dispositifs à semiconducteur de désactivation et des diodes connectés en demi-point, ainsi que leurs auxiliaires immédiats et condensateurs de stockage, le cas échéant

7.19**valve**

valve à VSC, valve à freinage dynamique ou valve à diode, selon le contexte

7.20**niveaux redondants**

nombre maximal de niveaux de valve à VSC connectés en série ou de niveaux de valve à diode dans une valve, qui peut supporter un court-circuit externe ou interne sans que le fonctionnement sécurisé de la valve n'en soit altéré, comme il est démontré par les essais de type, et qui, en cas de dépassement, entraîne l'arrêt de la valve pour permettre le remplacement des niveaux défectueux ou l'acceptation d'un risque accru de dysfonctionnements

Note 1 à l'article: Dans les conceptions de valve telles que le convertisseur à deux niveaux monté en cascade, qui contiennent deux chemins de conduction ou plus dans chaque cellule et comportent des niveaux de valve à VSC connectés en série dans chaque chemin, les niveaux redondants doivent être comptés uniquement dans un chemin de conduction de chaque cellule

7.21**condensateur c.c.**

condensateur faisant partie intégrante d'un convertisseur de source de tension dont la tension c.c. passe entre ses bornes

Note 1 à l'article: Pour les valves du type commutateur commandable, le condensateur c.c. est en général monté comme un simple dispositif entre les bornes c.c. Pour les valves du type à source de tension commandable, le condensateur c.c. est en général réparti entre les blocs modules MMC.

7.22**inductance de valve**

inductance (le cas échéant) connectée en série à une valve à VSC du type à source de tension commandable

Note 1 à l'article: Une ou plusieurs inductances de valve peuvent être associées à une valve à VSC et connectées à différentes positions dans la valve. Conformément à la définition, les inductances de valve ne font pas partie de la valve à VSC. Toutefois, il est également possible d'intégrer les inductances de valve dans la conception de structure de la valve à VSC (dans chaque niveau de valve, par exemple).

7.23**module de valve**

bloc module le plus large de la valve, assemblé en usine et soumis à essai, composé d'un ou de plusieurs niveaux de valve à VSC, de sous-modules ou de cellules connectés électriquement en série

7.24

structure de valve

composants de structure d'une valve, exigés afin de soutenir mécaniquement les modules de valve

7.25

support de valve

partie de la valve fournissant un support mécanique et l'isolation électrique de la terre à la partie sous tension de la valve

Note 1 à l'article: Toutes les conceptions de valve peuvent ne pas contenir la partie d'une valve clairement identifiable sous une forme discrète comme étant un support de valve.

7.26

ensemble à valves multiples

MVU

disposition mécanique comportant au moins deux valves ou une ou plusieurs unités de phase à VSC partageant un support de valve commun

Note 1 à l'article: Toutes les topologies et la disposition physique des convertisseurs peuvent ne pas contenir de MVU.

7.27

section de valve

assemblage électrique défini à des fins d'essais, comportant un certain nombre de niveaux de valve et d'autres composants et présentant les propriétés électriques préassignées d'une valve complète à échelle réduite

Note 1 à l'article: Pour les valves du type à source de tension commandable, la section de valve inclut le condensateur c.c. en plus des niveaux de valve à VSC.

7.28

point médian de l'unité VSC

point d'une unité VSC dont le potentiel électrique est égal à la moyenne des potentiels des bornes c.c. positives et négatives de l'unité VSC

Note 1 à l'article: Dans certaines applications, le point médian d'unité VSC peut exister uniquement en tant que point virtuel, lequel ne correspond pas au nœud physique dans le circuit.

8 Conditions de fonctionnement du convertisseur

8.1

fonctionnement en redresseur

redressement

mode de fonctionnement d'un convertisseur ou d'un poste CCHT quand la puissance est transmise du côté courant alternatif vers le côté courant continu

Note 1 à l'article: Le schéma de phase illustrant la tension d'un système c.a., la tension c.a. d'un convertisseur et le courant c.a. d'un redressement est représenté à la Figure 6.

8.2

fonctionnement en onduleur

renvoi au réseau

mode de fonctionnement d'un convertisseur ou d'un poste CCHT quand la puissance est transmise du côté courant continu vers le côté courant alternatif

Note 1 à l'article: Le schéma de phase illustrant la tension d'un système c.a., la tension c.a. d'un convertisseur et le courant c.a. d'un onduleur est représenté à la Figure 6.

8.3**fonctionnement capacitif**

fonctionnement dans lequel le convertisseur alimente le système c.a. en puissance réactive avec ou sans échange de puissance active

8.4**fonctionnement inductif**

fonctionnement dans lequel le convertisseur consomme la puissance réactive à partir du système c.a. avec ou sans échange de puissance active

8.5**fonctionnement STATCOM**

mode de fonctionnement d'un convertisseur lorsque seule la puissance réactive (capacitive ou inductive) est échangée avec le système c.a.

8.6**état de fonctionnement**

condition dans laquelle le poste CCHT est sous tension et où les convertisseurs sont débloqués

Note 1 à l'article: A l'inverse du convertisseur commuté par le réseau, le convertisseur de source de tension (VSC) peut fonctionner avec une sortie de puissance active/réactive nulle.

8.7**état de fonctionnement à vide**

condition dans laquelle le poste CCHT est sous tension, mais les IGBT sont bloqués et où toutes les charges de service et tous les équipements auxiliaires nécessaires du poste sont connectés

8.8**état de fonctionnement en veille**

condition dans laquelle le poste CCHT est sous tension et les IGBT sont débloqués mais ne disposent pas d'une sortie de puissance active ou réactive au point de connexion commune au réseau c.a.

Note 1 à l'article: Les conditions de «fonctionnement en veille» et «à vide» sont similaires, mais du point de vue de l'état à vide, plusieurs secondes peuvent être nécessaires avant la transmission de la puissance, alors que du point de vue du fonctionnement en veille, la transmission de la puissance peut commencer presque immédiatement (moins de 3 cycles de fréquence industrielle).

Note 2 à l'article: A l'état de fonctionnement en veille, le convertisseur est en mesure de contrôler activement la tension c.c., contrairement à l'état à vide, dans lequel le convertisseur est essentiellement «passif».

Note 3 à l'article: A l'état à vide, les pertes sont en général légèrement inférieures à celles de l'état de fonctionnement en veille. Ce mode de fonctionnement est donc préférable lorsque la disposition du système à VSC le permet.

8.9**état bloqué**

~~conditions dans laquelle toutes les valves de l'unité VSC sont bloquées~~ dans lesquelles le signal de blocage est appliqué en continu à tous les IGBT de l'unité VSC

8.10**chargement de convertisseur**

condition de transition du convertisseur lorsque la tension du système c.a. est appliquée au convertisseur par l'intermédiaire d'une résistance de pré-insertion

Note 1 à l'article: La résistance de pré-insertion peut ne pas être nécessaire dans toutes applications.

8.11 indice de modulation *M*

rapport de la tension de crête c.a. phase-terre du convertisseur à la moitié de la tension c.c. entre bornes du convertisseur

$$M = \frac{\sqrt{2} \cdot U_{c1}}{\sqrt{3} \cdot \frac{U_{dc}}{2}}$$

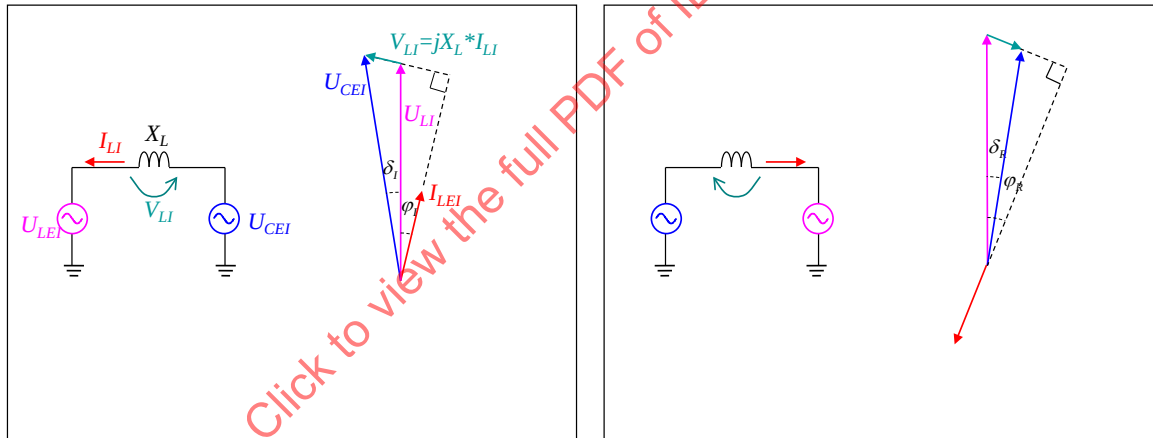
où:

U_{c1} est la valeur efficace de la composante de fréquence fondamentale de la tension entre phases U_c ;

U_c est la tension de sortie d'une unité de phase VSC au niveau de sa borne c.a.;

U_{dc} est la tension de sortie d'une unité de phase VSC au niveau de ses bornes c.c.

Note 1 à l'article: Certaines sources définissent l'indice de modulation de manière différente, indiquant qu'un indice de modulation de 1 fait référence à une sortie à onde carrée, ce qui signifie que l'indice de modulation ne peut jamais dépasser 1. Conformément à cette définition, l'indice de modulation est simplement donné par $M \cdot (\pi/4)$. Toutefois, cette définition est pertinente essentiellement pour les convertisseurs à deux niveaux utilisant la modulation de largeur d'impulsions (MLI).



IEC

Légende

Anglais	Français
Inverter	Onduleur
Rectifier	Redresseur
The phase of converter voltage is advanced compared with that of AC system voltage since the active power is positive	La phase de la tension du convertisseur est avancée par rapport à celle de la tension d'un système c.a. étant donné que la puissance active est positive
The phase of converter voltage is delayed compared with that of AC system voltage since the active power is negative	La phase de la tension du convertisseur est retardée par rapport à celle de la tension d'un système c.a. étant donné que la puissance active est négative

Figure 6 – Schéma de phase illustrant la tension d'un système c.a., la tension c.a. d'un convertisseur et le courant c.a. d'un convertisseur

8.12**état de conduction positive**

condition d'une paire IGBT-diode dans laquelle le courant de charge circule dans l'IGBT entre le collecteur et l'émetteur

8.13**état de conduction négative**

condition d'une paire IGBT-diode dans laquelle le courant de charge circule dans la diode de roue libre entre l'anode et la cathode

8.14**courant de valve positif**

sens du courant dans la valve entre la borne c.c. positive et la borne c.c. négative ou, dans le cas d'une valve à diode, dans le sens de polarisation directe de la valve à diode

8.15**courant de valve négatif**

sens du courant dans la valve entre la borne c.c. négative et la borne c.c. positive

8.16**borne de valve positive**

borne de la valve qui est la plus proche de la borne c.c. positive de l'unité VSC

8.17**borne de valve négative**

borne de la valve qui est la plus proche de la borne c.c. négative de l'unité VSC

8.18**tension de valve**

différence de potentiel entre la borne de valve positive et la borne de valve négative

8.19**état bloqué de la valve**

condition d'une valve lorsque tous les IGBT sont désactivés

8.20**déclenchement d'IGBT**

action de commande permettant d'établir ou de couper le courant dans un IGBT

8.21**mode de défaillance de court-circuit**

condition d'un IGBT n'étant plus en mesure de résister à la tension, mais pouvant acheminer le courant sans danger dans toutes les directions

8.22**états de fonctionnement de bloc module MMC**

états de fonctionnement possibles des blocs modules MMC

8.22.1**shunté**

état de fonctionnement dans lequel le ou les IGBT d'une ou de plusieurs positions de commutation sont activés de sorte que le courant de valve ne puisse plus circuler par le condensateur c.c. de cellule/sous-module

8.22.2

actif

état de fonctionnement dans lequel le ou les IGBT d'une ou de plusieurs positions de commutation sont activés de sorte que le courant de valve puisse circuler par le condensateur c.c. de cellule/sous-module

8.22.3

shunté par protection

état de fonctionnement d'urgence dans lequel le courant de valve passe par un dispositif de protection autre que le ou les IGBT/diodes afin de ne pas endommager le bloc module MMC ou ses composants

Note 1 à l'article: Le shuntage de protection peut être utilisé dans des conditions permanentes ou provisoires en fonction du type de défaut.

8.22.4

blocage d'un convertisseur

opération permettant de faire passer une unité VSC de l'état de fonctionnement à l'état bloqué

8.23

blocage de protection de la valve

dispositif de protection de la valve ou du convertisseur d'une contrainte électrique excessive par la mise hors tension d'urgence de tous les IGBT dans une ou plusieurs valves

8.24

déblocage d'un convertisseur

opération permettant de faire passer une unité VSC de l'état bloqué à l'état de fonctionnement

8.25

rapport de court-circuit

RCC

rapport entre la puissance de court-circuit du réseau en courant alternatif (en MVA) à la tension nominale au point de raccordement du jeu de barres alternatif du poste CCHT, et la puissance assignée en courant continu du poste CCHT (en MW)

8.26

rapport de court-circuit efficace

RCCE

rapport entre la puissance de court-circuit du réseau en courant alternatif (en MVA) à la tension nominale au point de raccordement du jeu de barres alternatif du poste CCHT, réduite de la puissance réactive de bancs de condensateurs et de filtres c.a. shunts connectés à cette barre (en Mvar), et la puissance assignée en courant continu du poste CCHT (en MW)

9 Systèmes et postes CCHT

9.1

système CCHT

système électrique de puissance destiné au transfert de puissance sous forme de courant continu à haute tension entre deux ou plus de deux jeux de barres à courant alternatif

9.2

système de transport CCHT

système CCHT utilisé pour transférer la puissance électrique entre deux ou plus de deux localisations géographiques

9.3**système de transport CCHT à deux extrémités**

système de transport CCHT comprenant deux postes de transport CCHT et la ou les lignes de transport CCHT d'interconnexion

9.4**système de transport CCHT multiterminal****CCMT**

système de transport CCHT comprenant plus de deux postes CCHT séparés et les lignes de transport CCHT d'interconnexion

9.5**monopole symétrique**

convertisseur VSC simple dont les deux bornes sont dotées de sorties de tension c.c. symétriques

Note 1 à l'article: Le terme «monopole symétrique» est utilisé même en présence de deux polarités avec des tensions c.c., un seul convertisseur ne pouvant fournir la redondance normalement induite par le terme «bipôle».

9.6**monopole asymétrique**

convertisseur VSC simple dont les deux bornes sont dotées de sorties de tension c.c. asymétriques, une seule borne étant en principe mise à la terre

9.7**bipôle**

au moins deux monopoles asymétriques VSC formant un circuit c.c. bipolaire

9.8**configuration en parallèle de convertisseurs**

au moins deux convertisseurs placés dans le même poste et raccordés aux mêmes systèmes de transport c.a. et c.c. connectés en parallèle

9.9**configuration en série de convertisseurs**

au moins deux convertisseurs placés dans le même poste et raccordés aux mêmes systèmes de transport c.a. et c.c., connectés en parallèle côté c.a. et en série côté c.c.

9.10**système CCHT bidirectionnel**

système CCHT prévu pour transporter l'énergie dans toutes les directions

9.11**système CCHT unidirectionnel**

système CCHT prévu pour transporter l'énergie dans une seule direction

Note 1 à l'article: La plupart des systèmes CCHT sont par nature bidirectionnels. Toutefois, certains systèmes peuvent être optimisés pour transporter l'énergie dans une seule direction choisie. Ces systèmes peuvent encore être considérés comme étant «bidirectionnels».

9.12**système CCHT dos-à-dos**

système CCHT qui transporte de l'énergie entre des jeux de barres à courant alternatif, situés en un même lieu

9.13**pôle (de système) (CCHT)**

partie d'un système CCHT comprenant tout l'équipement des postes CCHT et les lignes de transport d'interconnexion, le cas échéant, qui présentent une même polarité de tension continue par rapport à la terre, pendant un fonctionnement normal

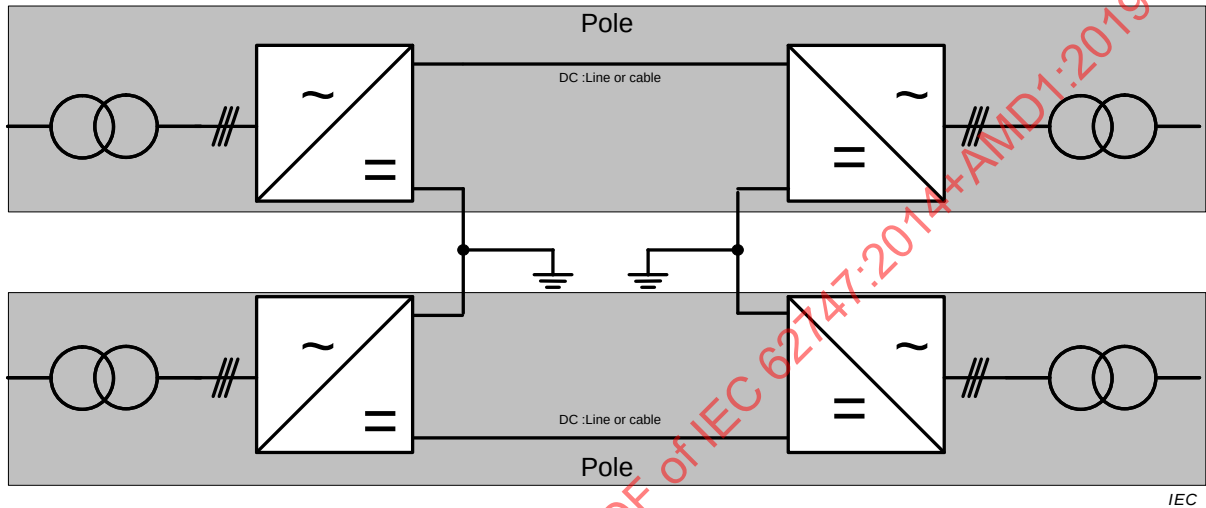
Note 1 à l'article: Voir Figure 7.

9.14
bipôle (de système) (CCHT)

partie d'un système CCHT consistant en deux pôles de système CCHT, qui en fonctionnement normal, présentent des polarités de tension continue opposées par rapport à la terre

9.15
système (CCHT) bipolaire

système CCHT ayant deux pôles opérables indépendants de polarités opposées par rapport à la terre



Légende

Anglais	Français
Pole	Pôle
DC: Line or cable	C.C.: ligne ou câble

Figure 7 – Exemple de transport VSC bipolaire avec retour par la terre

9.16
retour par la terre

mode de fonctionnement dans lequel le chemin du retour du courant entre les neutres des postes CCHT est la terre

9.17
retour métallique

mode de fonctionnement dans lequel le chemin du retour du courant entre les neutres des postes CCHT est un conducteur prévu à cet effet

Note 1 à l'article: Le conducteur de retour métallique peut être un conducteur neutre prévu à cet effet ou un autre conducteur haute tension.

9.18
(système CCHT) monopolaire
système CCHT ayant un seul pôle

9.19
système CCHT monopolaire symétrique
système CCHT composé d'une seule unité de convertisseur ou d'une connexion en parallèle d'au moins deux unités de convertisseur au niveau de chaque poste, utilisé de telle sorte que les tensions des deux bornes de sortie c.c. soient symétriques par rapport à la terre

Note 1 à l'article: Voir Figure 8.

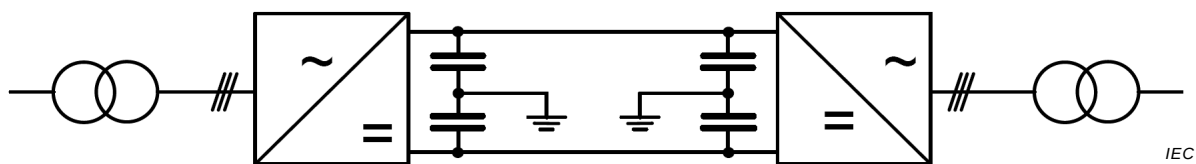


Figure 8 – Transport VSC à monopole symétrique illustré avec mise à la terre capacitive côté c.c.

9.20

système CCHT monopolaire asymétrique

système CCHT composé d'une seule unité de convertisseur ou d'une connexion en parallèle d'au moins deux unités de convertisseur au niveau de chaque poste, utilisé de telle sorte que ~~l'une des deux bornes de sortie c.c. d'au moins un poste soit mise à la terre~~ les tensions des deux bornes de sortie c.c. soient asymétriques et qu'une borne c.c soit mise à la terre dans au moins un poste

Note 1 à l'article: Voir Figures 9 et 10.

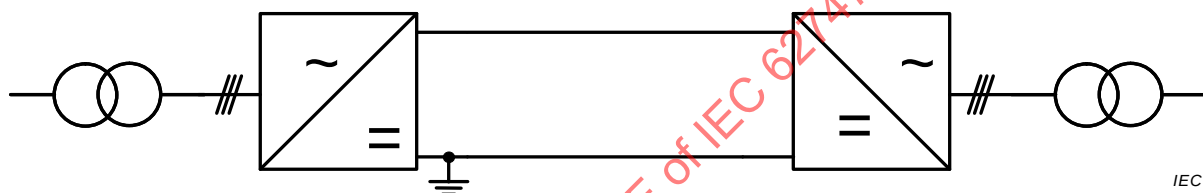


Figure 9 – Transport VSC à monopole asymétrique avec retour métallique

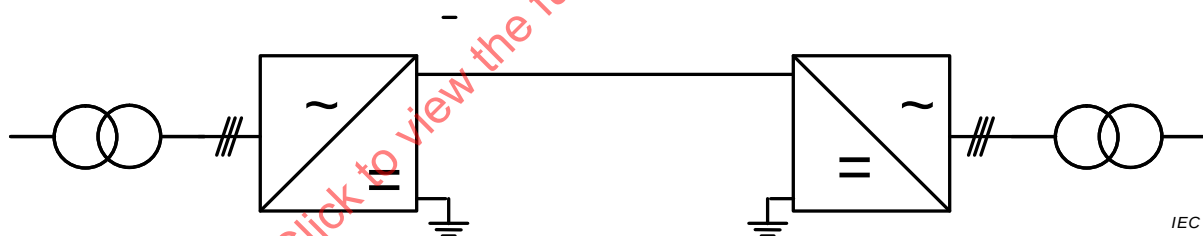


Figure 10 – Transport VSC à monopole asymétrique avec retour par la terre

9.21

poste CCHT

poste de conversion CCHT

partie d'un système CCHT comprenant une ou plusieurs unités de convertisseur avec les bâtiments, les inductances, les filtres, les équipements de fourniture de puissance réactive, les équipements de commande, de surveillance, de protection, de mesure et auxiliaires installés dans un même lieu

Note 1 à l'article: Lorsqu'un poste CCHT constitue une partie d'un système de transport CCHT, il peut être dénommé «poste de transport CCHT».

9.22

ligne de transport CCHT

partie d'un pôle composée de lignes aériennes et/ou de câbles raccordant deux postes CCHT

9.23

électrode de terre

ensemble d'éléments conducteurs placés dans la terre, ou dans la mer, qui procure un chemin de faible résistance entre un point du circuit à courant continu et la terre, et qui est capable de transporter un courant continu de façon prolongée

9.24

ligne de terre

ligne isolée entre la barre de neutre c.c. du poste CCHT et l'électrode de terre

9.25

point de couplage commun

PCC

point d'interconnexion du poste de conversion CCHT au système c.a. adjacent

9.26

point de couplage commun – côté cc

PCC-DC

point d'interconnexion du poste de conversion CCHT aux lignes de transport c.c.

10 Équipements des postes CCHT

NOTE Les principaux composants susceptibles de composer un poste à VSC sont représentés à la Figure 11. Des informations plus détaillées concernant les composants qui ne sont pas représentés à la Figure 11 sont données dans l'IEC 60633.

10.1

disjoncteur de poste CCHT

disjoncteur placé à l'entrée du système de transport c.a. pour connecter et déconnecter le poste CCHT

10.2

résistance de pré-insertion

lors de la mise sous tension du poste CCHT, résistance insérée provisoirement pour réduire les courants de charge du circuit c.c.

Note 1 à l'article: La résistance de pré-insertion peut être intégrée au disjoncteur du poste.

10.3

filtres d'harmonique c.a.

circuits de filtrage visant à empêcher les harmoniques générées par le VSC (le cas échéant) de pénétrer dans le système c.a. ou l'amplification des harmoniques de fond sur le système c.a.

Note 1 à l'article: Les filtres d'harmonique c.a. peuvent être installés côté réseau ou côté convertisseur du transformateur d'interface.

10.4

filtres haute fréquence

filtres HF

circuits de filtrages visant à empêcher les harmoniques haute fréquence (HF) générées par le VSC (le cas échéant) de pénétrer dans le système c.a.

Note 1 à l'article: Les filtres haute fréquence peuvent être installés côté réseau ou côté convertisseur du transformateur d'interface.

10.5

transformateur d'interface

transformateur (le cas échéant) par lequel la puissance est transmise entre le point de connexion du système c.a. et une ou plusieurs unités VSC

Note 1 à l'article: Le terme "transformateur convertisseur" est également employé pour cet équipement.

10.6

inductance de phase

inductance connectée directement à la borne c.a. de l'unité de phase VSC formant partie de l'inductance de couplage

10.7

condensateur c.c. à VSC

banc(s) de condensateurs (le cas échéant) connectés entre deux bornes c.c. du VSC

10.8

inductance de blocage en mode commun

inductance (le cas échéant) utilisée pour réduire les courants alternatifs en mode commun circulant dans une ligne aérienne c.c. ou un câble d'un système de transport CCHT

10.9

filtre d'harmonique c.c.

filtres c.c. (le cas échéant) utilisés pour empêcher les harmoniques générées par une valve à VSC de pénétrer dans le système c.c.

10.10

inductance c.c.

inductance (le cas échéant) connectée en série à des barres omnibus c.c.

10.11

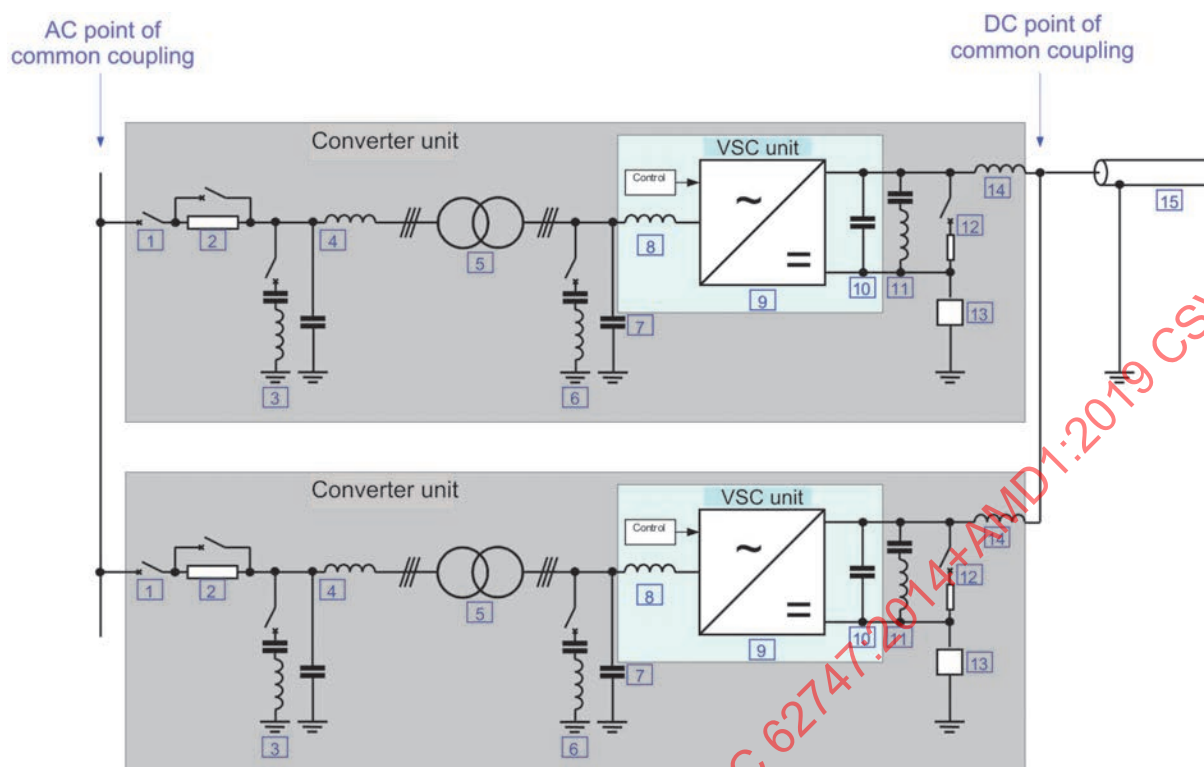
parafoudre d'une unité de convertisseur

parafoudre raccordé aux bornes à courant continu d'une unité de convertisseur

10.12

parafoudre de barre à courant continu d'une unité de convertisseur

parafoudre raccordé entre les barres à courant continu haute tension de l'unité de convertisseur et la terre du poste



IEC

Légende

Anglais	Français
Converter unit	Unité de convertisseur
AC point of common coupling	Point de couplage commun c.a.
DC point of common coupling	Point de couplage commun c.c.
VSC unit	Unité VSC
Control	Commande

- | | | | |
|-------|--|----|---|
| 1 | Disjoncteur | 9 | Unité VSC ^b |
| 2 | Résistance de pré-insertion | 10 | Condensateur c.c. à VSC ^c |
| 3 | Filtre d'harmonique côté réseau | 11 | Filtre d'harmonique c.c. |
| 4 | Filtre haute fréquence côté réseau | 12 | Système de freinage dynamique |
| 5 | Transformateur d'interface | 13 | Branche de mise à la terre du point neutre ^d |
| 6 | Filtre d'harmonique côté convertisseur | 14 | Inductance c.c. |
| 7 + 8 | Filtre haute fréquence côté convertisseur ^a | 15 | Câble c.c. ou ligne de transport aérienne |
| 8 | Inductance de phase ^a | | |
- ^a Dans certaines conceptions de VSC, l'inductance de phase peut remplir une partie de la fonction du filtre haute fréquence côté convertisseur.
- ^b Dans certaines topologies de VSC, chaque valve de l'unité VSC peut contenir une «inductance de valve», qui peut être intégrée dans la valve ou fournie comme un composant séparé.
- ^c Dans certaines conceptions de VSC, le condensateur c.c. à VSC peut être en partie ou en totalité réparti entre les trois unités de phase de l'unité VSC, auquel cas il est appelé condensateur de sous-module c.c.
- ^d La philosophie et l'emplacement de la branche de mise à la terre du point neutre peuvent être différents selon la conception de l'unité VSC.

Figure 11 – Principaux composants susceptibles de composer un poste VSC

10.13**~~disjoncteur~~ commutateur de transfert du retour métallique****~~DTRM~~ CTRM**

appareil de coupure utilisé pour transférer le courant continu d'un chemin de retour par la terre vers un chemin de retour métallique

10.14**~~disjoncteur~~ commutateur de transfert du retour par la terre****~~DTRT~~ CTRT**

appareil de coupure utilisé pour transférer le courant continu d'un chemin de retour métallique vers un chemin de retour par la terre

10.15**commutateur de bus neutre****NBS**

appareil de coupure utilisé pour transférer le courant continu d'un défaut sur le bus neutre dans le chemin de retour métallique ou de retour par la terre

10.16**commutateur de mise à la terre de bus neutre****NBGS**

appareil de coupure utilisé pour transférer le courant continu d'un défaut sur le bus neutre ou le conducteur neutre dans la terre du poste

11 Modes de réglage**11.1****mode de réglage**

façon de commander une unité de convertisseur, un pôle ou un poste CCHT afin de maintenir une ou plusieurs grandeurs électriques aux valeurs désirées

Note 1 à l'article: Ces valeurs désirées peuvent changer avec le temps ou en fonction de grandeurs mesurées et de priorités définies.

11.2**mode de réglage de la tension continue**

réglage de la tension continue d'un poste CCHT

11.3**mode de réglage de la puissance active**

réglage de la puissance active échangée entre un poste CCHT et le réseau à courant alternatif raccordé

11.4**mode de réglage de la tension alternative**

réglage de la tension alternative du réseau à courant alternatif raccordé à un poste CCHT

11.5**mode de réglage de la puissance réactive**

réglage de la puissance réactive échangée entre un poste CCHT et le réseau à courant alternatif raccordé

11.6**mode de fonctionnement en réseau isolé**

mode de réglage dans lequel le poste CCHT commande la fréquence et la tension du réseau à courant alternatif isolé raccordé

11.7

mode de réglage de la fréquence

réglage de la fréquence du réseau à courant alternatif raccordé en faisant varier la puissance active échangée entre le poste CCHT et le réseau à courant alternatif raccordé

11.8

mode de réglage de l'amortissement

mode de réglage pour l'amortissement des oscillations de puissance ou des oscillations sous-synchrones dans un réseau à courant alternatif raccordé

12 Systèmes de commande

12.1

commande de système c.a./c.c. intégrée

système de commande qui régit le fonctionnement intégré des systèmes c.a. et CCHT d'un système de puissance

Note 1 à l'article: Ce système de commande relève de la responsabilité de l'opérateur du système.

12.2

système de commande

système de commande CCHT

fonction ou équipement utilisé pour commander, surveiller ou protéger les équipements principaux d'une installation, tels que disjoncteurs, vannes, transformateurs de convertisseur et leurs changeurs de prises, faisant partie d'un système CCHT

Note 1 à l'article: Un exemple illustrant la hiérarchie d'un système de commande CCHT typique est présenté à la Figure 12.

12.3

commande d'un système CCHT

système de commande régissant le fonctionnement d'un système CCHT complet comprenant plus d'un poste CCHT; il réalise aussi les fonctions de commande, de surveillance et de protection, qui demandent des informations de plus d'un poste

Note 1 à l'article: Voir Figure 12.

12.4

commande multiterminale

commande d'un système CCHT comportant plus de deux postes CCHT

12.5

commande de bipôle (de système CCHT)

système de commande d'un bipôle

Note 1 à l'article: Voir Figure 12.

12.6

commande de pôle (de système CCHT)

système de commande d'un pôle

Note 1 à l'article: Voir Figure 12.

Note 2 à l'article: Lorsque le système CCHT n'a pas de bipôle(s) mais un ou plusieurs pôles, la commande de pôle échange des données avec la commande du système CCHT.

12.7

commande de poste (CCHT)

système de commande utilisé pour la commande, la surveillance et la protection dans un poste CCHT

Note 1 à l'article: La commande de poste CCHT, aussi désignée sous le nom de commande locale, peut être mise en œuvre au niveau du bipôle et/ou du pôle

12.8

commande de convertisseur

système de commande utilisé pour la commande, la surveillance et la protection d'une seule unité de convertisseur

Note 1 à l'article: Voir Figure 12.

12.9

électronique de base de valve

VBE

unité électronique, au potentiel de terre, qui assure la conversion électrique-optique entre le système de commande du convertisseur et les valves à VSC

12.10

unité de commande de valve

VCU

unité électronique, au potentiel de terre, qui assure les fonctions de commande et de protection des valves individuelles

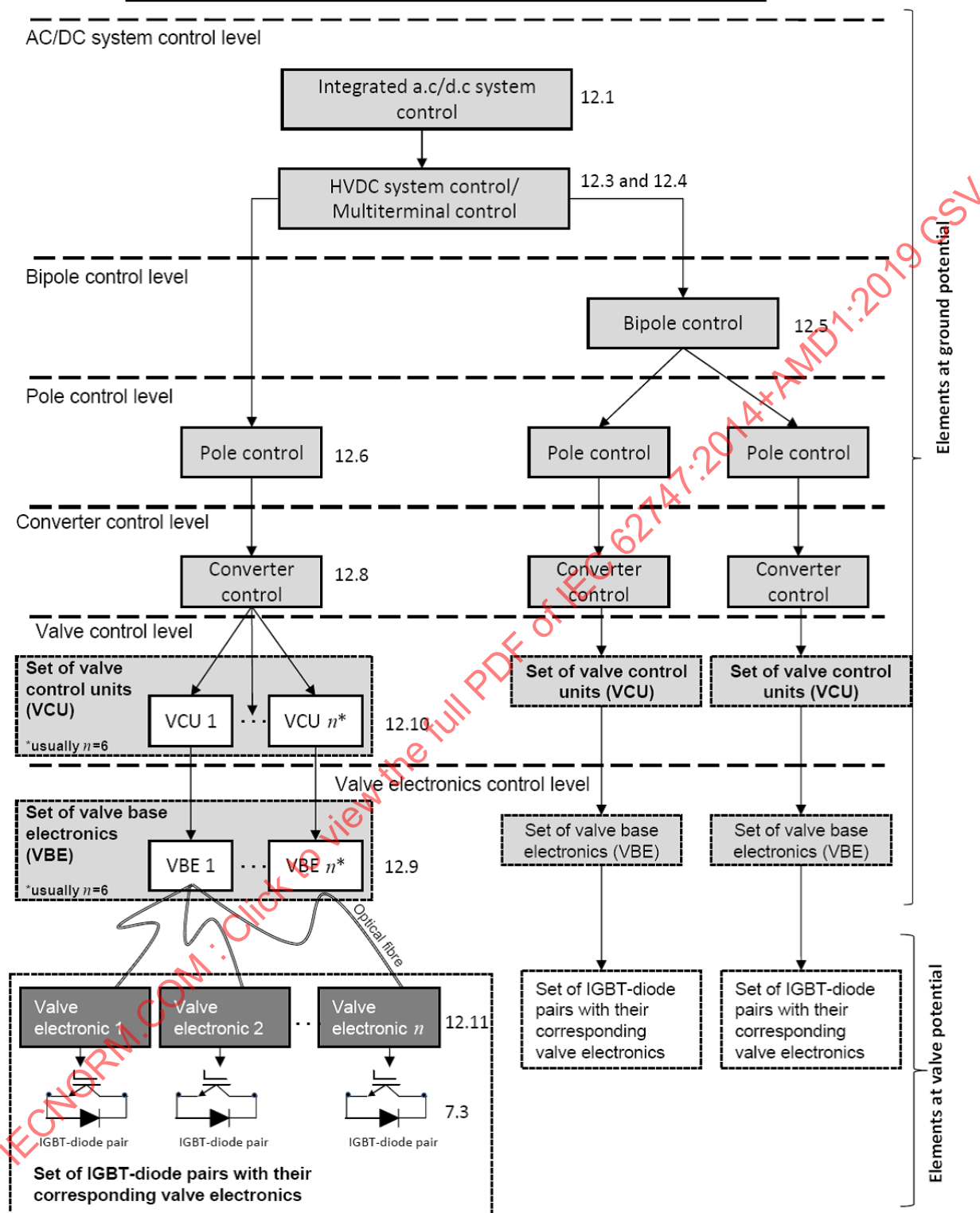
Note 1 à l'article: Les fonctions VBE et VCU peuvent être combinées dans une seule unité.

12.11

électronique de valve

circuits électroniques au(x) potentiel(s) de la (des) valve(s) qui remplissent des fonctions de commande et de protection d'un ou de plusieurs niveaux de valve

Hierarchical structure of an HVDC control system



IEC

Légende

Anglais	Français
Hierarchical structure of an HVDC control system	Structure hiérarchique d'un système de commande CCHT
AC/DC system control level	Niveau de commande de système c.a./c.c.
Integrated a.c./d.c. system command	commande de système c.a./c.c. intégrée

Anglais	Français
HVDC system control/Multiterminal control	Commande de système CCHT/Commande multiterminale
12.3 and 12.4	12.3 et 12.4
Bipole control level	Niveau de commande de bipôle
Bipole control	Commande de bipôle
Pole control level	Niveau de commande de pôle
Pole control	Commande de pôle
Converter control level	Niveau de commande de convertisseur
Converter control	Commande de convertisseur
Valve control level	Niveau de commande de valve
Set of valve control units (VCU)	Ensemble d'unités de commande de valve (VCU)
usually $n = 6$	en général $n = 6$
Set of valve base electronics (VBE)	Ensemble d'électroniques de base de valve (VBE)
Valve electronics control level	Niveau de commande d'électronique de valve
Valve electronic 1	Électronique de valve 1
Valve electronic 2	Électronique de valve 2
Valve electronic 3	Électronique de valve 3
Set of IGBT-diode pairs with their corresponding valve electronics	Ensemble de paires IGBT-diode avec leur électronique de valve correspondante
IGBT-diode pair	Paire IGBT-diode
Elements at valve potential	Éléments au potentiel de la valve
Elements at ground potential	Éléments au potentiel de terre
Valve electronic n	Électronique de valve n
Optical fibre	Fibre optique

Figure 12 – Structure hiérarchique d'un système de commande CCHT

Bibliographie

IEC 60050-551, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 551: Électronique de puissance*

IEC 60146-1-1, *Convertisseurs à semiconducteurs – Exigences générales et convertisseurs commutés par le réseau – Partie 1-1: Spécification des exigences de base*

IEC 60146-2, *Convertisseurs à semiconducteurs – Partie 2: Convertisseurs autocommutés à semiconducteurs y compris les convertisseurs à courant continu directs*

IEC/TR 62543, *High-voltage direct current (HVDC) power transmission using voltage sourced converters (VSC)* (disponible en anglais seulement)

~~IEC 60747 (toutes les parties), Dispositifs à semiconducteurs~~

~~IEC 60747-1, Dispositifs à semiconducteurs – Partie 1: Généralités~~

~~IEC 60747-2, Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs discrets et circuits intégrés – Partie 2: Diodes de redressement~~

~~IEC 60747-9, Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs discrets – Partie 9: Transistors bipolaires à grille isolée (IGBT)~~

~~IEC 60633, Terminologie pour le transport d'énergie en courant continu à haute tension (CCHT)~~

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

IEC 62751-1, ~~Détermination des~~ *Pertes de puissance dans les valves à convertisseur à de source de tension (VSC) des systèmes de transport d'énergie en courant continu à haute tension (CCHT) – Partie 1: Exigences générales¹*

IEC 62751-2, *Pertes de puissance dans les valves à convertisseur de source de tension (VSC) des systèmes en courant continu à haute tension (CCHT) – Partie 2: Convertisseurs multiniveaux modulaires²*

VSC Transmission, CIGRÉ Technical Brochure No. 269 (disponible en anglais seulement)

Component Testing of VSC System for HVDC Applications, CIGRÉ Technical Brochure No. 447 (disponible en anglais seulement)

Voltage Source Converter (VSC) HVDC for Power Transmission – Economic Aspects and Comparison with other AC and DC Technologies, CIGRÉ Technical Brochure No. 492 (disponible en anglais seulement)

¹ À paraître.

² À paraître.

FINAL VERSION**VERSION FINALE**

Terminology for voltage-sourced converters (VSC) for high-voltage direct current (HVDC) systems

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62747:2014+AMD1:2019 CSV

CONTENTS

FOREWORD.....	3
1 Scope.....	5
2 Normative references	5
3 Symbols and abbreviations.....	5
3.1 List of letter symbols.....	5
3.2 List of subscripts.....	6
3.3 List of abbreviations.....	7
4 Graphical symbols	8
5 General terms related to converter circuits	9
6 VSC topologies.....	10
7 Converter units and valves	10
8 Converter operating conditions	16
9 HVDC systems and substations.....	20
10 HVDC substation equipment.....	23
11 Modes of control.....	26
12 Control systems.....	27
Bibliography.....	30
Figure 1 – Converter symbol identifications.....	7
Figure 2 – Graphical symbols.....	8
Figure 3 – Voltage-sourced converter unit.....	11
Figure 4 – Phase unit of the modular multi-level converter (MMC) in basic half-bridge, two-level arrangement, with submodules.....	13
Figure 5 – Phase unit of the cascaded two-level converter (CTL) in half-bridge form.....	14
Figure 6 – Phasor diagram showing a.c. system voltage, converter a.c. voltage and converter a.c. current.....	18
Figure 7 – Example of bipolar VSC transmission with earth return	21
Figure 8 – VSC transmission with a symmetrical monopole illustrated with capacitive earthing on the d.c. side	22
Figure 9 – VSC transmission with an asymmetrical monopole with metallic return.....	22
Figure 10 – VSC transmission with an asymmetrical monopole with earth return.....	22
Figure 11 – Major components that may be found in a VSC substation	25
Figure 12 – Hierarchical structure of an HVDC control system	29

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

TERMINOLOGY FOR VOLTAGE-SOURCED CONVERTERS (VSC) FOR HIGH-VOLTAGE DIRECT CURRENT (HVDC) SYSTEMS

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.

This consolidated version of the official IEC Standard and its amendment has been prepared for user convenience.

IEC 62747 edition 1.1 contains the first edition (2014-07) [documents 22F/301/CDV and 22F/317A/RVC] and its corrigendum 1 (2015-02), and its amendment 1 (2019-01) [documents 22F/481/CDV and 22F/489/RVC].

This Final version does not show where the technical content is modified by amendment 1. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.

International Standard IEC 62747 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 publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendment will remain unchanged until the stability 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.

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62747:2014+AMD1:2019 CSV

TERMINOLOGY FOR VOLTAGE-SOURCED CONVERTERS (VSC) FOR HIGH-VOLTAGE DIRECT CURRENT (HVDC) SYSTEMS

1 Scope

This International Standard defines terms for the subject of self-commutated voltage-sourced converters used for transmission of power by high voltage direct current (HVDC).

The standard is written mainly for the case of application of insulated gate bipolar transistors (IGBTs) in voltage sourced converters (VSC) but may also be used for guidance in the event that other types of semiconductor devices which can both be turned on and turned off by control action are used.

Line-commutated and current-sourced converters for high-voltage direct current (HVDC) power transmission systems are specifically excluded from this standard.

2 Normative references

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

IEC 60027 (all parts), *Letter symbols to be used in electrical technology*

IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams*

IEC 60633, *Terminology for high-voltage direct current (HVDC) transmission*

3 Symbols and abbreviations

3.1 List of letter symbols

Essential terms and definitions necessary for the understanding of this standard are given here; other terminology is as per relevant parts of IEC 60747, and as per IEC 60633 for certain specialized types of equipment which are found mainly on line-commutated HVDC schemes but may occasionally be included in VSC HVDC schemes.

The list covers only the most frequently used symbols (see Figure 1). IEC 60027 shall be used for a more complete list of the symbols which have been adopted for static converters. See also other standards listed in the normative references and the bibliography.

U_d	direct voltage
U_{dc}	converter d.c. voltage
U_{dpe}	pole-to-earth direct voltage
U_{dpp}	pole-to-pole direct voltage
U_{dppN}	rated pole-to-pole direct voltage
U_{dpeN}	rated pole-to-earth direct voltage

U_L	line-to-line voltage on line side of interface transformer, r.m.s. value including harmonics
U_{Le}	line-to-earth voltage on line side of interface transformer, r.m.s. value including harmonics
U_{LN}	rated value of U_L
U_c	line-to-line voltage on converter side of interface transformer, r.m.s. value including harmonics
U_{ce}	line-to-earth voltage on converter side of interface transformer, r.m.s. value including harmonics
U_{vtt}	voltage between terminals of a valve (any defined value)
I_c	current on converter side of interface transformer, r.m.s. value including harmonics
I_d	direct current (any defined value)
I_{dN}	rated direct current
I_L	current on line side of interface transformer, r.m.s. value including harmonics
I_{LN}	rated value of I_L
I_v	current through a valve

3.2 List of subscripts

0 (zero)	at no load
e	earth
p	pole
N	rated value or at rated load
d	direct current or voltage
L	line side of interface transformer
c	converter side of interface transformer
v	through or across one valve
max	maximum
min	minimum
n	pertaining to harmonic component of order n
tt	terminal to terminal

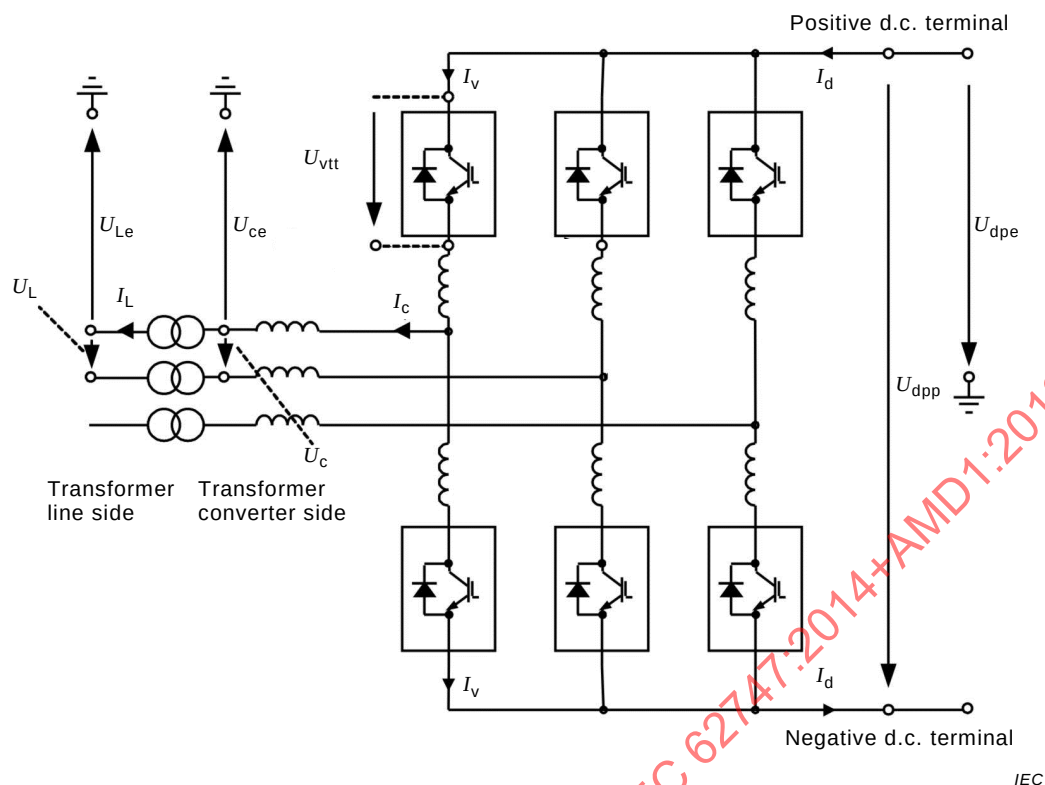


Figure 1 – Converter symbol identifications

3.3 List of abbreviations

The following abbreviations are always in capital letters and without dots.

CTL	cascaded two-level converter
ERTB	earth return transfer breaker
ESCR	effective short-circuit ratio
FWD	free-wheeling diode
HF	high frequency
HVDC	high-voltage direct current
IGBT	insulated gate bipolar transistor
MMC	modular multilevel converter
MRTB	metallic return transfer breaker
MTDC	multi-terminal HVDC transmission system
MVU	multiple valve (unit)
NBS	neutral bus switch
NBGS	neutral bus grounding switch
PCC	point of common coupling
PCC-DC	point of common coupling – d.c. side

SCR	short-circuit ratio
VBE	valve base electronics
VCU	valve control unit
VSC	voltage-sourced converter

NOTE Even though the word “breaker” is used in the abbreviations, it does not necessarily imply the ability to interrupt fault currents.

4 Graphical symbols

Figure 2 shows the specific graphical symbols which are defined only for the purposes of this standard. IEC 60617 shall be used for a more complete list of the graphical symbols which have been adopted for static converters.

No.	Symbol	Description
1		IGBT-diode pair
2		Valve of “switch” type
3		Valve of “controllable voltage source” type
4		VSC unit (of unspecified type)
5		VSC unit using switch type valves
6		VSC unit using controllable voltage source type valves
7		Dynamic braking valve of “switch” type
8		Dynamic braking valve of “controllable voltage source” type

IEC

Figure 2 – Graphical symbols

5 General terms related to converter circuits

5.1

conversion

in the context of HVDC, the transfer of energy from a.c. to d.c. or vice versa, or a combination of these operations

5.2

converter

in the context of HVDC, the device employed to transfer of energy from a.c. to d.c. or vice versa, it connects between three a.c. terminals and two d.c. terminals

5.3

voltage-sourced converter

VSC

electronic a.c./d.c. converter having an essentially smooth d.c. voltage provided by e.g. a common d.c. link capacitor or distributed d.c. capacitors within the converter arms

5.4

arm

converter arm

part of a converter connecting one a.c. phase terminal with one d.c. pole terminal

5.5

commutation

transfer of current between any two paths with both paths carrying current simultaneously during this process

5.6

line commutation

method of commutation whereby the commutating voltage is supplied by the a.c. system

5.7

self-commutation

commutation where the commutating voltage is supplied by components within the converter or the electronic switch

5.8

commutating voltage

voltage which causes the current to commute, provided either by the system or by a switching action of valve/semiconductor devices

5.9

commutation inductance

total inductance included in the commutation circuit, in series with the commutating voltage

Note 1 to entry: The commutation inductance is typically referred as stray inductance or loop inductance.

5.10

coupling inductance

equivalent inductance referred to the converter side of the interface transformer between the point of common coupling (PCC) and the d.c. terminal of the valve

6 VSC topologies

6.1

two-level converter

converter in which the voltage between the a.c. terminals of the VSC unit (see 7.6) and VSC unit midpoint (see 7.28) is switched between two discrete d.c. voltage levels

6.2

three-level converter

converter in which the voltage between the a.c. terminals of the VSC unit (see 7.6) and VSC unit midpoint (see 7.28) is switched between three discrete d.c. voltage levels

6.3

multi-level converter

converter in which the voltage between the a.c. terminals of the VSC unit (see 7.6) and VSC unit midpoint (see 7.28) is switched between more than three discrete d.c. voltage levels

6.4

modular multi-level converter

MMC

multi-level converter in which each VSC valve (see 7.8, 7.9) consists of a number of MMC building blocks (see 7.11) connected in series

Note 1 to entry: See also Figure 4.

6.5

cascaded two-level converter

CTL

modular multi-level converter in which each switch position consists of more than one IGBT-diode pair connected in series

Note 1 to entry: See Figure 5.

7 Converter units and valves

7.1

turn-off semiconductor device

controllable semiconductor device which may be turned on and off by a control signal, for example an IGBT

7.2

insulated gate bipolar transistor

IGBT

turn-off semiconductor device with three terminals: a gate terminal (G) and two load terminals emitter (E) and collector (C)

7.3

free-wheeling diode

FWD

power semiconductor device with diode characteristic

Note 1 to entry: A FWD has two terminals: an anode (A) and a cathode (K).

Note 2 to entry: The current through FWDs is in the opposite direction to the IGBT current.

7.4

IGBT-diode pair

arrangement of IGBT and FWD connected in inverse parallel

Note 1 to entry: An IGBT-diode pair is usually in one common package, however, it can include individual IGBTs and/or diodes packages connected in parallel.

7.5

converter unit

indivisible operative unit comprising all equipment between the point of common coupling on the a.c. side (see 9.25) and the point of common coupling – d.c. side (see 9.26), essentially one or more VSC units, together with one or more interface transformers, converter unit control equipment, essential protective and switching devices and auxiliaries, if any, used for conversion

Note 1 to entry: See Figure 3.

7.6

VSC unit

three VSC phase units, together with VSC unit control equipment, essential protective and switching devices, d.c. storage capacitors, phase reactors and auxiliaries, if any, used for conversion

Note 1 to entry: See Figure 3.

7.7

VSC phase unit

equipment used to connect the two d.c. terminals to one a.c. terminal

Note 1 to entry: In the simplest implementation, the VSC phase unit consists of two VSC valves, and in some case, it may include also valve reactors. The VSC phase unit may also include control and protection equipment, and other components.

7.8

VSC switch type valve

arrangement of IGBT-diode pairs connected in series and arranged to be switched simultaneously as a single function unit

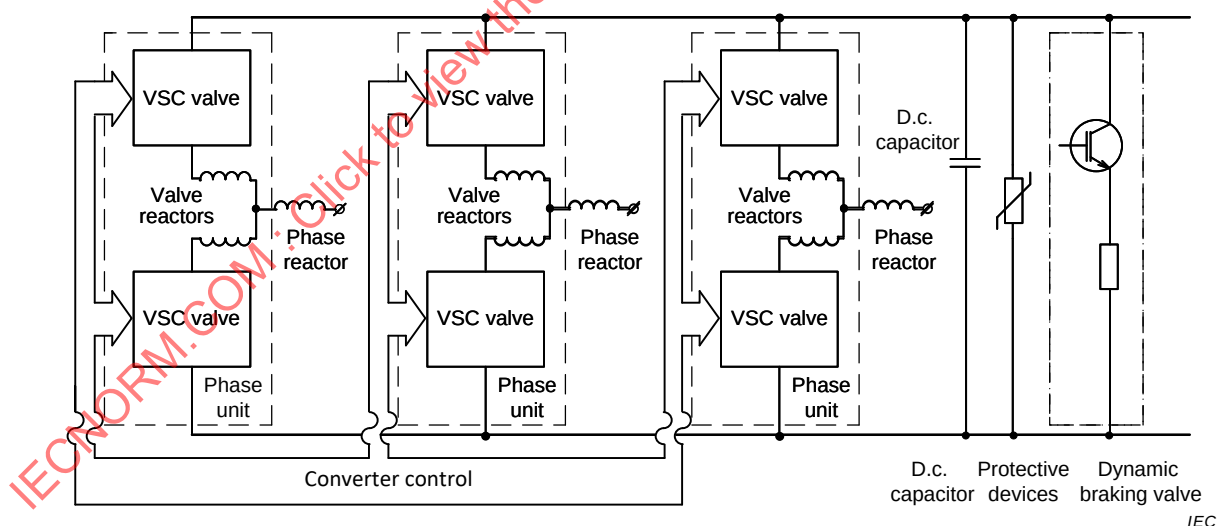


Figure 3 – Voltage-sourced converter unit

Note 1 to entry: In some designs of VSC, the phase reactors may fulfill part of the function of the converter-side high frequency filter. In addition, in some designs of VSC, part or all of the phase reactor may be built into the three "phase units" of the VSC unit, as "valve reactors".

Note 2 to entry: In some designs of VSC, the VSC d.c. capacitor may be partly or entirely distributed amongst the three "phase units" of the VSC unit, where it is referred to as d.c. submodule capacitors.

Note 3 to entry: Valve and/or phase reactors shown above show optional configurations which may not be included in all schemes.

Note 4 to entry: Just a typical example of how a VSC unit could look like is shown in Figure 3, differences may exist at all levels.

7.9

VSC controllable voltage source type valve

complete controllable voltage source assembly, which is generally connected between one a.c. terminal and one d.c. terminal

7.10

VSC valve level

the smallest indivisible functional unit of VSC valve

Note 1 to entry: For any VSC valve in which IGBTs are connected in series and operated simultaneously, one VSC valve level is one IGBT-diode pair including its auxiliaries (see Figure 4). For MMC type without IGBT-diode pairs connected in series, one valve level is one submodule together with its auxiliaries (see Figure 5).

7.11

MMC building block

self-contained, two-terminal controllable voltage source together with d.c. capacitor(s) and immediate auxiliaries, forming part of a MMC

7.12

switch position

semiconductor function which behaves as a single, indivisible switch

Note 1 to entry: A switch position may consist of a single IGBT-diode pair or, in the case of the Cascaded Two Level converter, a series connection of multiple IGBT-diode pairs.

7.13

submodule

MMC building block where each switch position consists of only one IGBT-diode pair

Note 1 to entry: See Figure 4.

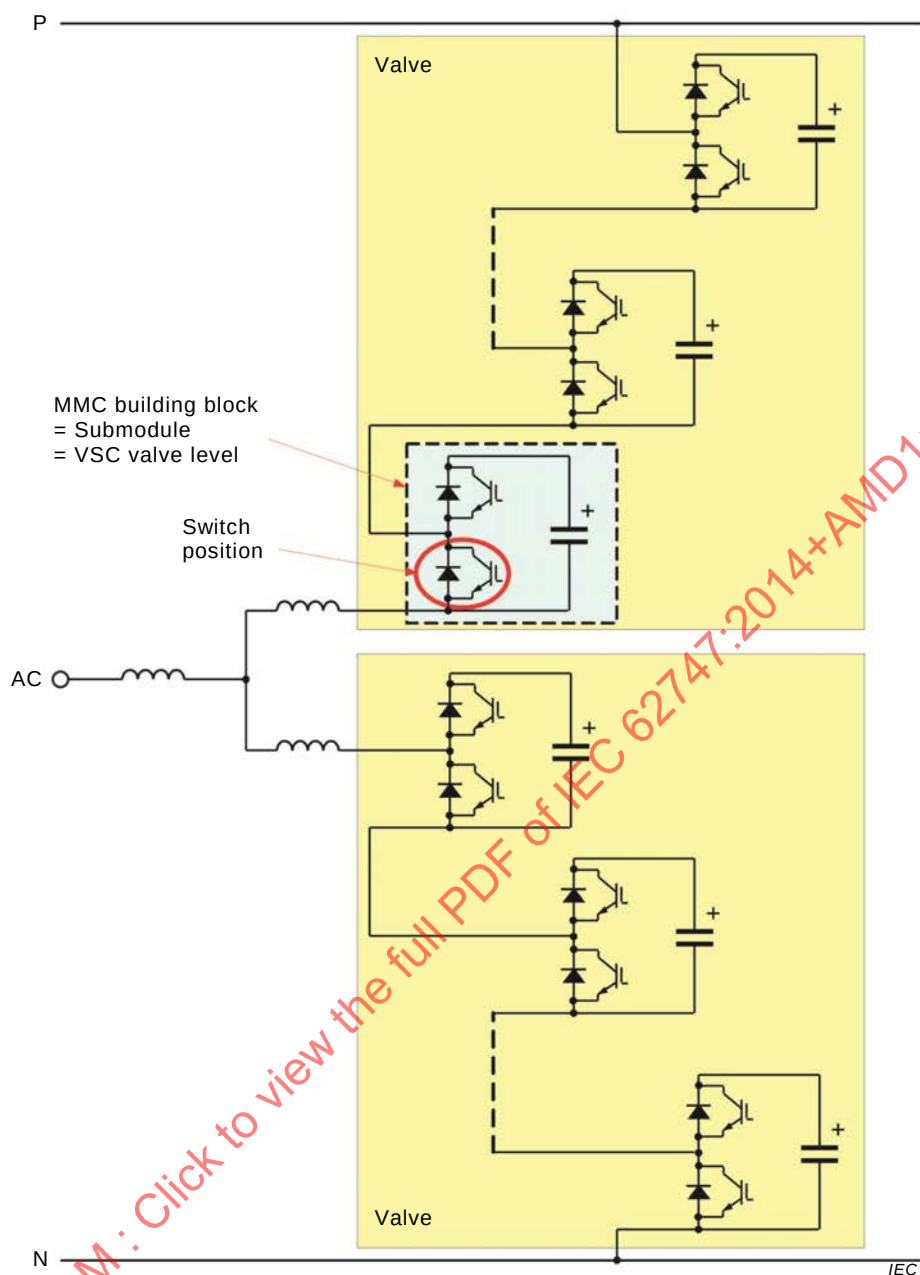


Figure 4 – Phase unit of the modular multi-level converter (MMC) in basic half-bridge, two-level arrangement, with submodules

7.14 cell

MMC building block where each switch position consists of more than one IGBT-diode pair connected in series

Note 1 to entry: See Figure 5.

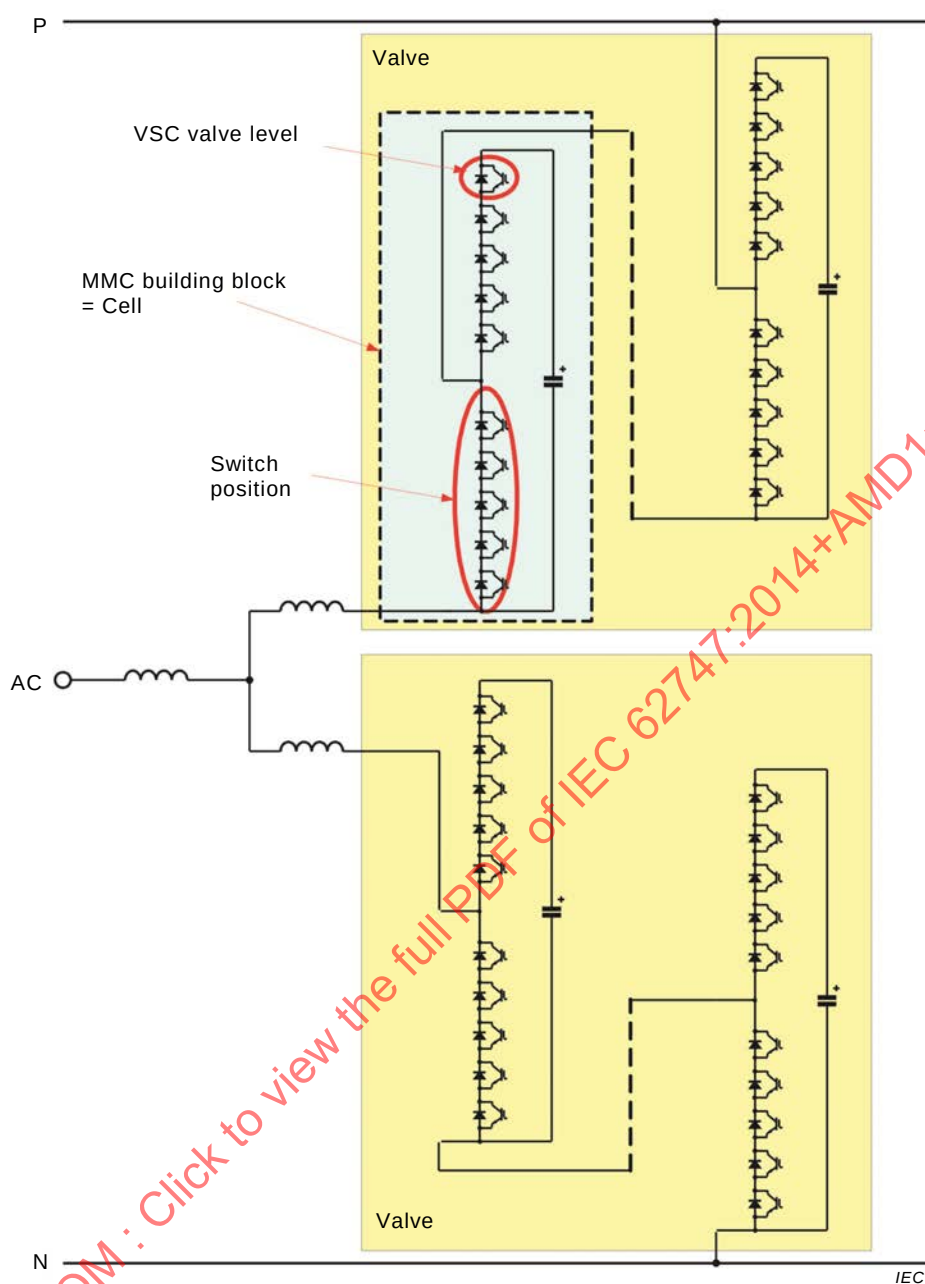


Figure 5 – Phase unit of the cascaded two-level converter (CTL) in half-bridge form

**7.15
diode valve**

semiconductor valve containing only diodes as the main semiconductor devices and associated circuits and components if any, which might be used in some VSC topologies

**7.16
diode valve level**

part of a diode valve composed of a diode and associated circuits and components, if any

**7.17
dynamic braking valve**

complete controllable device assembly, which is used to control energy absorption in a dynamic braking resistor

7.18

dynamic braking valve level

part of a dynamic braking valve comprising a turn-off semiconductor device and an associated diode, or controllable switches and diodes connected in parallel, or turn-off semiconductor devices and diodes connected to a half bridge arrangement, together with their immediate auxiliaries, storage capacitor, if any

7.19

valve

VSC valve, dynamic braking valve or diode valve according to the context

7.20

redundant levels

the maximum number of series connected VSC valve levels or diode valve levels in a valve that may be short-circuited externally or internally without affecting the safe operation of the valve as demonstrated by type tests, and which if and when exceeded, would require shutdown of the valve to replace the failed levels or acceptance of increased risk of failures

Note 1 to entry: In valve designs such as the cascaded two level converter, which contain two or more conduction paths within each cell and have series-connected VSC valve levels in each path, redundant levels shall be counted only in one conduction path in each cell.

7.21

d.c. capacitor

capacitor which is used as part of a voltage-sourced converter which experiences mainly d.c. voltage between its terminals

Note 1 to entry: For valves of the controllable switch type, the d.c. capacitor is usually arranged as a single device between the d.c. terminals. For valves of the controllable voltage-sourced type the d.c. capacitor is usually distributed amongst the MMC building blocks.

7.22

valve reactor

reactor (if any) which is connected in series to a VSC valve of the controllable voltage-source type

Note 1 to entry: One or more valve reactors can be associated to one VSC valve and might be connected at different positions within the valve. According to the definition, valve reactors are not part of the VSC valve. However, it is also possible to integrate the valve reactors in the structural design of the VSC valve, e.g. into each valve level.

7.23

valve module

the largest factory-assembled and tested building block of the valve, consisting of one or more VSC valve levels, submodules or cells connected electrically in series

7.24

valve structure

structural components of a valve, required in order to mechanically support the valve modules

7.25

valve support

that part of the valve which mechanically supports and electrically insulates the active part of the valve from earth

Note 1 to entry: A part of a valve which is clearly identifiable in a discrete form to be a valve support may not exist in all designs of valves.

7.26

multiple valve unit

MVU

mechanical arrangement of 2 or more valves or 1 or more VSC phase units sharing a common valve support

Note 1 to entry: A MVU might not exist in all topologies and physical arrangement of converters.

7.27

valve section

electrical assembly defined for test purposes, comprising a number valve levels and other components, which exhibits pro-rated electrical properties of a complete valve

Note 1 to entry: For valves of controllable voltage source type, the valve section includes d.c. capacitor in addition to VSC valve levels.

7.28

VSC unit midpoint

point in a VSC unit whose electrical potential is equal to the average of the potentials of the positive and negative d.c. terminals of the VSC unit

Note 1 to entry: In some applications, the VSC unit midpoint may exist only as a virtual point, not corresponding to a physical node in the circuit.

8 Converter operating conditions

8.1

rectifier operation

rectification

mode of operation of a converter or an HVDC substation when energy is transferred from the a.c. side to the d.c. side

Note 1 to entry: Phasor diagram showing a.c. system voltage, converter a.c. voltage and converter a.c. current for rectifier operation is shown in Figure 6.

8.2

inverter operation

inversion

mode of operation of a converter or an HVDC substation when energy is transferred from the d.c. side to the a.c. side

Note 1 to entry: Phasor diagram showing a.c. system voltage, converter a.c. voltage and converter a.c. current for inverter operation is shown in Figure 6.

8.3

capacitive operation

operation in which the converter feeds reactive power into the a.c. system with or without exchanging active power

8.4

inductive operation

operation in which the converter consumes reactive power from the a.c. system with or without exchanging active power

8.5

STATCOM operation

mode of operation of a converter when only reactive power (capacitive or inductive) is exchanged with the a.c. system

8.6

operating state

condition in which the HVDC substation is energized and the converters are de-blocked

Note 1 to entry: Unlike line-commutated converter, VSC can operate with zero active/reactive power output.

8.7

no-load operating state

condition in which the HVDC substation is energized but the IGBTs are blocked and all necessary substation service loads and auxiliary equipment are connected

8.8

idling operating state

condition in which the HVDC substation is energized and the IGBTs are de-blocked but with no active or reactive power output at the point of common connection to the a.c. network

Note 1 to entry: The “idling operating” and “no-load” conditions are similar but from the no-load state, several seconds may be needed before power can be transmitted, while from the idling operating state, power transmission may be commenced almost immediately (less than 3 power frequency cycles).

Note 2 to entry: In the idling operating state, the converter is capable of actively controlling the d.c. voltage, in contrast to the no-load state, where the behavior of the converter is essentially “passive”.

Note 3 to entry: Losses will generally be slightly lower in the no-load state than in the idling operating state, therefore this operating mode is preferred where the arrangement of the VSC system permits it.

8.9

blocked state

condition in which turn-off signal is applied continuously to all IGBTs of the VSC unit

8.10

converter charging

transitional condition of the converter when the a.c. system voltage is applied to the converter via a pre-insertion resistor

Note 1 to entry: Pre-insertion resistor may not be necessary in all applications.

8.11

modulation index

M

ratio of the peak line to ground a.c. converter voltage, to half of the converter d.c. terminal to terminal voltage

$$M = \frac{\sqrt{2} \cdot U_{c1}}{\sqrt{3} \cdot \frac{U_{dc}}{2}}$$

where

U_{c1} is the r.m.s value of the fundamental frequency component of the line-to-line voltage U_c ;

U_c is the output voltage of one VSC phase unit at its a.c. terminal;

U_{dc} is the output voltage of one VSC phase unit at its d.c. terminals.

Note 1 to entry: Some sources define modulation index in a different way such that a modulation index of 1 refers to a square-wave output, which means that the modulation index can never exceed 1. The modulation index according to that definition is given simply by $M \cdot (\pi/4)$. However, that definition is relevant mainly to two-level converters using pulse width modulation (PWM).

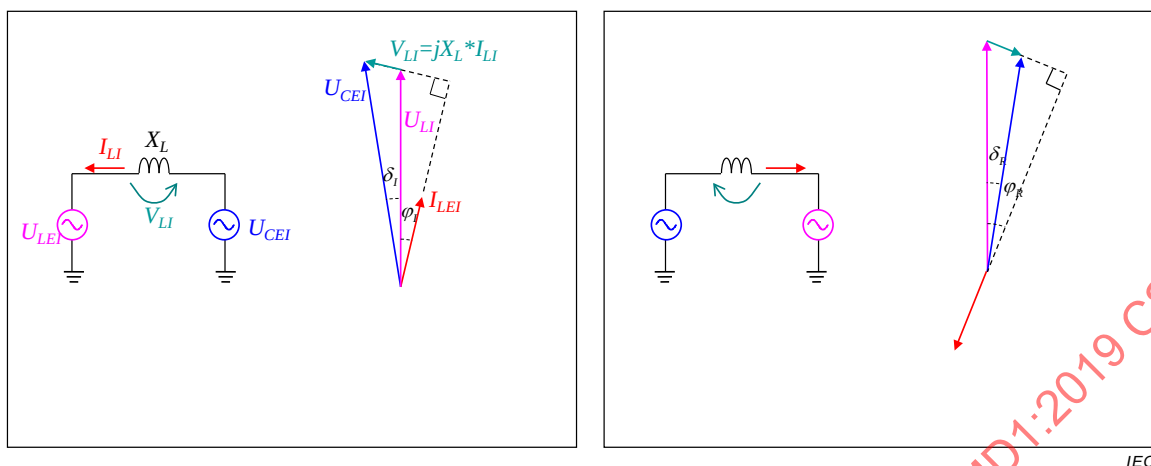


Figure 6 – Phasor diagram showing a.c. system voltage, converter a.c. voltage and converter a.c. current

8.12

positive conducting state

condition of an IGBT-diode pair in which load current flows through the IGBT from collector to emitter

8.13

negative conducting state

condition of an IGBT-diode pair in which load current flows through the free-wheeling diode from anode to cathode

8.14

positive valve current

direction of current flow through the valve from positive d.c. terminal to negative d.c. terminal or, in case of a diode valve, in the direction that forward biases the diode valve

8.15

negative valve current

direction of current flow through the valve from negative d.c. terminal to positive d.c. terminal

8.16

positive valve terminal

terminal of the valve that is closest to the positive d.c. terminal of the VSC unit

8.17

negative valve terminal

terminal of the valve that is closest to the negative d.c. terminal of the VSC unit

8.18

valve voltage

potential difference between the positive valve terminal and negative valve terminal

8.19

valve blocking state

condition of a valve when all IGBTs are turned off

8.20

IGBT gating

control action carried out to establish a current or interrupt a current in an IGBT

8.21**short-circuit failure mode**

condition of an IGBT in which it is no longer capable of withstanding voltage but can safely conduct current in either direction

8.22**MMC building block operating states**

possible states under which MMC building blocks can be operated

8.22.1**bypassed**

operating state where the IGBT(s) of one or more switch positions are turned on such that the valve current does not flow through the cell/submodule d.c. capacitor

8.22.2**active**

operating state where the IGBT(s) of one or more switch positions are turned on such that the valve current flows through the cell/submodule d.c. capacitor

8.22.3**protectively bypassed**

emergency operating state where the valve current flows through a protective device other than the IGBT(s)/diode(s) in order to prevent damage to the MMC building block or its components

Note 1 to entry: Protective bypassing may be used for either permanent or temporary conditions depending on the type of fault.

8.22.4**converter blocking**

operation to initiate a mode change from operating state to blocked state of a VSC unit

8.23**valve protective blocking**

means of protecting the valve or converter from excessive electrical stress by the emergency turn-off of all IGBTs in one or more valves

8.24**converter deblocking**

operation to initiate a mode change from blocked state to operating state of a VSC unit

8.25**short-circuit ratio****SCR**

ratio of the a.c. network short-circuit level (in MVA) at 1 p.u. voltage at the point of connection to the HVDC substation a.c. bus, to the rated d.c. power of the HVDC substation (in MW)

8.26**effective short-circuit ratio****ESCR**

ratio of the a.c. network short-circuit level (in MVA) at 1 p.u. voltage at the point of connection to the HVDC substation a.c. bus, reduced by the reactive power of the shunt capacitor banks and a.c. filters, if any, connected to this point (in MVar), to the rated d.c. power of the HVDC substation (in MW)

9 HVDC systems and substations

9.1

HVDC system

electrical power system which transfers energy in the form of high-voltage direct current between two or more a.c. buses

9.2

HVDC transmission system

HVDC system which transfers energy between two or more geographic locations

9.3

two-terminal HVDC transmission system

HVDC transmission system consisting of two HVDC transmission substations and the connected HVDC transmission line(s)

9.4

multiterminal HVDC transmission system

MTDC

HVDC transmission system consisting of more than two separated HVDC substations and the interconnecting HVDC transmission lines

9.5

symmetrical monopole

single VSC converter with symmetrical d.c. voltage output on the two terminals

Note 1 to entry: The term “symmetrical monopole” is used even though there are two polarities with d.c. voltages, because with only one converter it is not possible to provide the redundancy which is normally associated with the term “bipole”.

9.6

asymmetrical monopole

single VSC converter with asymmetrical d.c. voltage output on the two terminals, normally with one terminal earthed

9.7

bipole

two or more VSC asymmetrical monopoles forming a bipolar d.c. circuit

9.8

parallel converter configuration

two or more converters located in the same substation and connected to the same a.c. and d.c. transmission system connected in parallel

9.9

series converter configuration

two or more converters located in the same substation and connected to the same a.c. and d.c. transmission systems, connected in parallel on the a.c. side and in series in the d.c. side

9.10

bi-directional HVDC system

HVDC system for the transfer of energy in either direction

9.11

uni-directional HVDC system

HVDC system for the transfer of energy in only one direction

Note 1 to entry: Most HVDC systems are inherently bi-directional. However, some systems may be optimized to transmit power in only one preferred direction. Such systems may still be considered as “bi-directional”.

9.12

HVDC back-to-back system

HVDC system which transfers energy between a.c. buses at the same location

9.13

(HVDC) (system) pole

part of an HVDC system consisting of all the equipment in the HVDC substations and the interconnecting transmission lines, if any, which during normal operation exhibit a common direct voltage polarity with respect to earth

Note 1 to entry: See Figure 7.

9.14

(HVDC) (system) bipole

part of an HVDC system consisting of two HVDC system poles, which during normal operation, exhibit opposite direct voltage polarities with respect to earth

9.15

bipolar (HVDC) system

HVDC system with two independently operable poles of opposite polarity with respect to earth

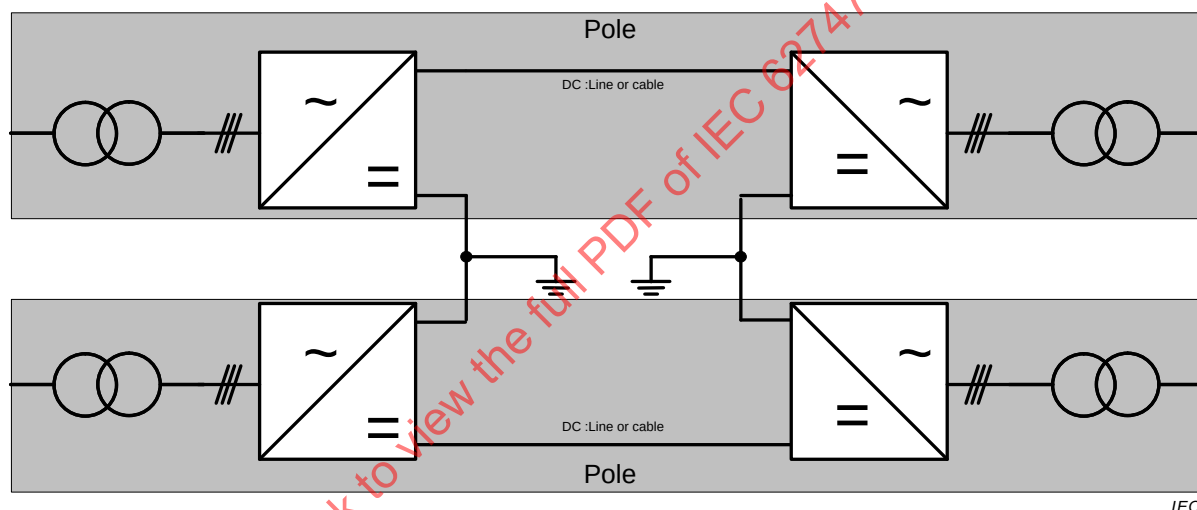


Figure 7 – Example of bipolar VSC transmission with earth return

9.16

earth return

operation mode in which the return current path between neutrals of the HVDC substations is through the earth

9.17

metallic return

operation mode in which the return current path between neutrals of the HVDC substations is through a dedicated conductor

Note 1 to entry: The metallic return conductor may be either a dedicated neutral conductor or another high voltage conductor.

9.18

monopolar (HVDC system)

HVDC system with only one pole

9.19

symmetrical monopolar HVDC system

HVDC system consisting of a single converter unit or a parallel connection of two or more converter units at each substation operated such that the two d.c. output terminals are at symmetrical voltages with respect to earth

Note 1 to entry: See Figure 8.

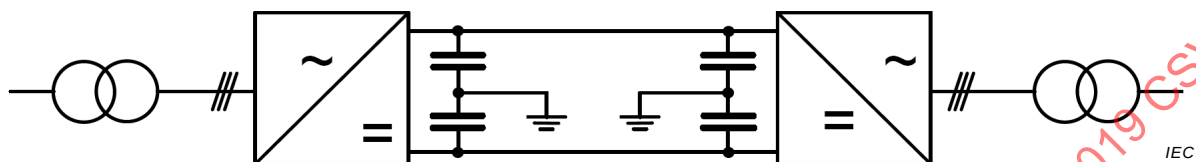


Figure 8 – VSC transmission with a symmetrical monopole illustrated with capacitive earthing on the d.c. side

9.20

asymmetrical monopolar HVDC system

HVDC system consisting of a single converter unit or a parallel connection of two or more converter units at each substation operated such that voltages of the two d.c. output terminals are asymmetrical and one d.c. terminal is earthed in at least one substation

Note 1 to entry: See Figures 9 and 10.



Figure 9 – VSC transmission with an asymmetrical monopole with metallic return



Figure 10 – VSC transmission with an asymmetrical monopole with earth return

9.21

HVDC substation

HVDC converter station

part of an HVDC system which consists of one or more converter units installed in a single location together with buildings, reactors, filters, reactive power supply, control, monitoring, protective, measuring and auxiliary equipment

Note 1 to entry: An HVDC substation forming part of an HVDC transmission may be referred to as an HVDC transmission substation.

9.22

HVDC transmission line

part of a pole consisting of overhead lines and/or cables connecting two HVDC substations

9.23**earth electrode**

array of conducting elements placed in the earth, or the sea, which provides a low resistance path between a point in the d.c. circuit and the earth and is capable of carrying continuous current for some expected period

9.24**earth electrode line**

insulated line between the HVDC substation d.c. neutral bus and the earth electrode

9.25**point of common coupling****PCC**

point of interconnection of the HVDC converter station to the adjacent a.c. system

9.26**point of common coupling – d.c. side****PCC-DC**

point of interconnection of the HVDC converter station to the d.c. transmission line

10 HVDC substation equipment

NOTE Major components that can be found in a VSC substation are shown in Figure 11. More details on components not shown in Figure 11 are given in IEC 60633.

10.1**HVDC substation circuit breaker**

circuit breaker located at the feeder from the a.c. transmission system to connect and disconnect the HVDC substation

10.2**pre-insertion resistor**

during energization of the HVDC substation, temporarily inserted resistor to reduce charging currents of the d.c. circuit

Note 1 to entry: The pre-insertion resistor could be integrated within the substation circuit breaker.

10.3**a.c. harmonic filters**

filter circuits to prevent VSC-generated harmonics – if applicable – from penetrating into the a.c. system or to prevent amplification of background harmonics on the a.c. system

Note 1 to entry: AC harmonic filters can be installed on either the line side or the converter side of the interface transformer.

10.4**high frequency filters****HF filters**

filter circuits to prevent VSC-generated high frequency (HF) harmonics – if applicable – from penetrating into the a.c. system

Note 1 to entry: High frequency filters can be installed on either the line side or the converter side of the interface transformer.

10.5**interface transformer**

transformer (if any) through which power is transmitted between the a.c. system connection point and one or more VSC units

Note 1 to entry: The term “converter transformer” is also used for this equipment.

10.6

phase reactor

a reactor connected directly to the a.c. terminal of the VSC phase unit forming part of the coupling inductance

10.7

VSC d.c. capacitor

capacitor bank (s) (if any) connected between two d.c. terminals of the VSC

10.8

common mode blocking reactor

reactor (if any) used to reduce common mode alternating currents flowing into a d.c. overhead line or cable of an HVDC transmission scheme

10.9

d.c. harmonic filter

d.c. filters (if any) used to prevent harmonics generated by VSC valve from penetrating into the d.c. system

10.10

d.c. reactor

a reactor (if any) connected in series to a d.c. busbar

10.11

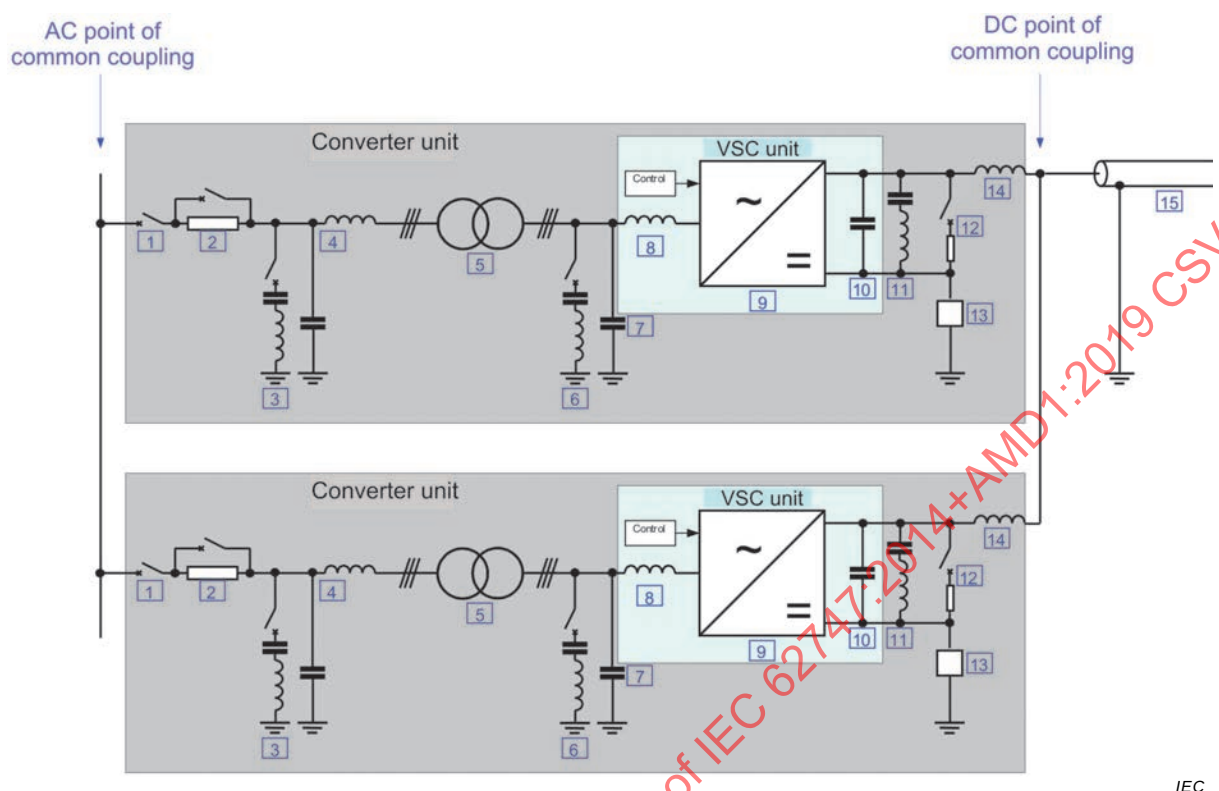
converter unit arrester

arrester connected across the d.c. terminals of a converter unit

10.12

converter unit d.c. bus arrester

arrester connected from the high voltage d.c. bars of the converter unit to substation earth



IEC

Key

1	Circuit breaker	9	VSC unit ^b
2	Pre-insertion resistor	10	VSC d.c. capacitor ^c
3	Line side harmonic filter	11	DC harmonic filter
4	Line side high frequency filter	12	Dynamic braking system
5	Interface transformer	13	Neutral point grounding branch ^d
6	Converter side harmonic filter	14	DC reactor
7 + 8	Converter side high frequency filter ^a	15	DC cable or overhead transmission line
8	Phase reactor ^a		

^a In some designs of VSC, the phase reactor may fulfill part of the function of the converter-side high frequency filter.

^b In some VSC topologies, each valve of the VSC unit may include a “valve reactor”, which may be built in to the valve or provided as a separate component.

^c In some designs of VSC, the VSC d.c. capacitor may be partly or entirely distributed amongst the three phase units of the VSC unit, where it is referred to as the d.c. submodule capacitors.

^d The philosophy and location of the neutral point grounding branch may be different depending on the design of the VSC unit.

Figure 11 – Major components that may be found in a VSC substation

10.13

metallic return transfer switch

MRTS

switching device used to transfer d.c. current from an earth return path to a metallic return path

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

10.14
earth return transfer switch

ERTS

switching device used to transfer d.c. current from a metallic return path to an earth return path

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

10.15
neutral bus switch

NBS

switching device used to transfer d.c. current from a fault on the neutral bus into the metallic or earth return path

10.16
neutral bus grounding switch

NBGS

switching device used to transfer d.c. current from a fault on the neutral bus or neutral conductor into station ground

11 Modes of control

11.1
control mode

manner in which a converter unit, pole or HVDC substation is controlled in order to maintain one or more electrical quantities at desired values

Note 1 to entry: The desired values may change with time or as a function of measured quantities and defined priorities.

11.2
d.c. voltage control mode

control of the d.c. voltage in an HVDC substation

11.3
active power control mode

control of the active power exchanged between an HVDC substation and the connected a.c. network

11.4
a.c. voltage control mode

control of the a.c. voltage of the a.c. network connected to an HVDC substation

11.5
reactive power control mode

control of the reactive power exchanged between an HVDC substation and the connected a.c. network

11.6
islanded network operation mode

control mode in which the HVDC substation controls the frequency and the voltage of the connected islanded a.c. network

11.7
frequency control mode

control of the frequency of the connected a.c. network by varying the active power exchanged between an HVDC substation and the connected a.c. network

11.8

damping control mode

control mode providing the damping of power oscillations or sub-synchronous oscillations in a connected a.c. network

12 Control systems

12.1

integrated a.c./d.c. system control

control system which governs the integrated operation of a.c. and HVDC systems of a power system

Note 1 to entry: This control system is under the responsibility of the system operator.

12.2

control system

HVDC control system

function of, or the equipment used for, controlling, monitoring or protection of main plant equipment, such as circuit breakers, valves, interface transformers and their tap changers, forming part of an HVDC system

Note 1 to entry: An example illustrating a typical HVDC control system hierarchy is shown in Figure 12.

12.3

HVDC system control

control system which governs the operation of an entire HVDC system consisting of more than one HVDC substation and performs those functions of controlling, monitoring and protection which require information from more than one substation

Note 1 to entry: See Figure 12.

12.4

multiterminal control

HVDC system control for more than two HVDC substations

12.5

(HVDC system) bipole control

control system of a bipole

Note 1 to entry: See Figure 12.

12.6

(HVDC system) pole control

control system of a pole

Note 1 to entry: See Figure 12.

Note 2 to entry: When the HVDC system has no bipole(s) but one or more poles, the pole control interfaces with the HVDC system control.

12.7

(HVDC) station control

control system used for the controlling, monitoring and protection within an HVDC substation

Note 1 to entry: HVDC station control may be implemented at the bipole and/or pole level and may be referred to as local control.

12.8

converter control

control system used for the controlling, monitoring and protection of a single converter unit

Note 1 to entry: See Figure 12.

12.9

valve base electronics

VBE

electronic unit, at earth potential, providing the electrical to optical conversion between the converter control system and the VSC valves

12.10

valve control unit

VCU

electronic unit, at earth potential, providing the control and protection functions for individual valves

Note 1 to entry: VBE and VCU functions could be combined in one unit.

12.11

valve electronics

electronic circuits at valve potential(s) which perform control and protection functions for one or more valve levels

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62747:2014+AMD1:2019 CSV

Hierarchical structure of an HVDC control system

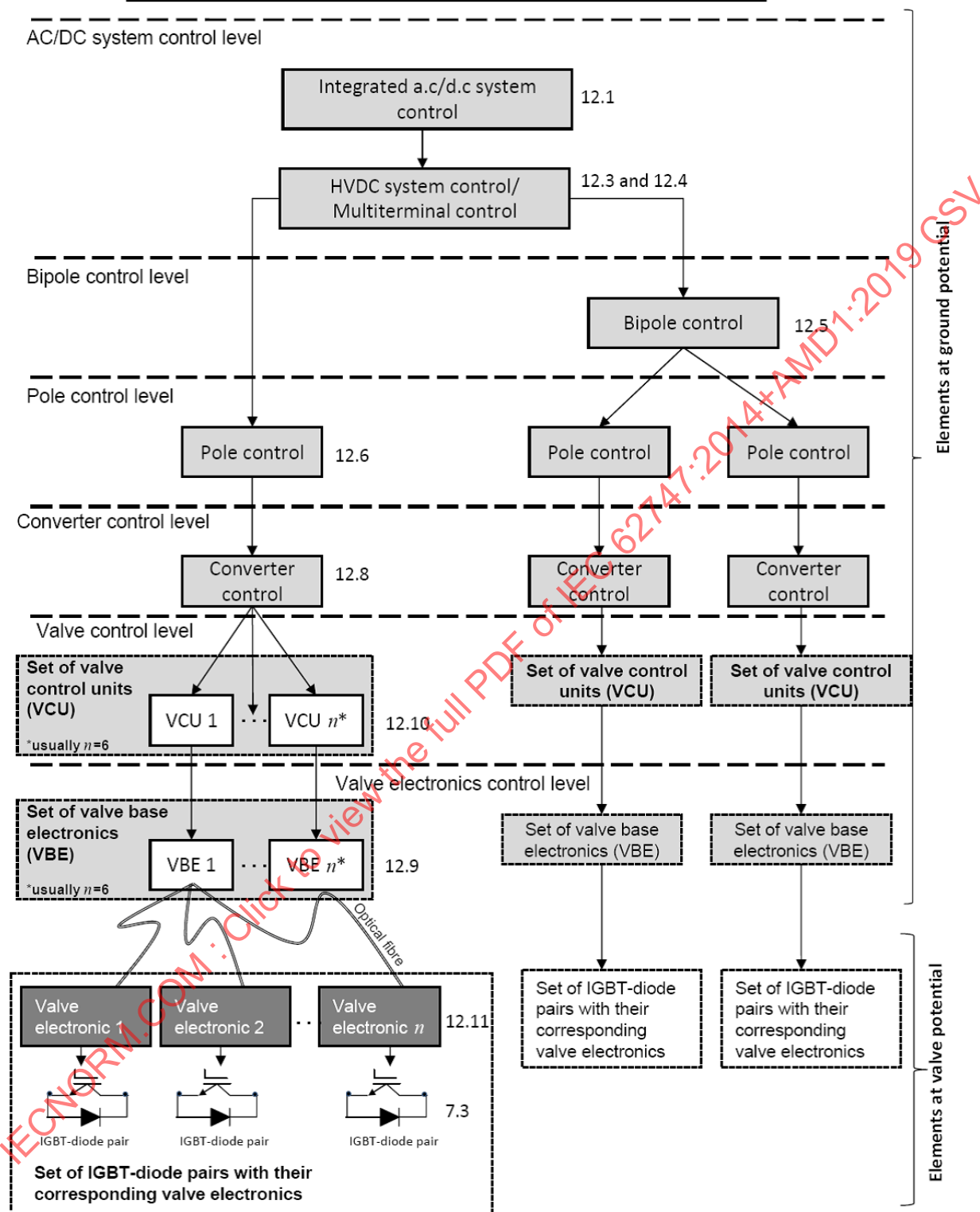


Figure 12 – Hierarchical structure of an HVDC control system

Bibliography

IEC 60050-551, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 551: Power electronics*

IEC 60146-1-1, *Semiconductor converters – General requirements and line commutated convertors – Part 1-1: Specifications of basic requirements*

IEC 60146-2, *Semiconductor converters – Part 2: Self-commutated semiconductor converters including direct d.c. converters*

IEC/TR 62543, *High-voltage direct current (HVDC) transmission using voltage sourced converters (VSC)*

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

IEC 62751-1, *Power losses in voltage sourced converter (VSC) valves for high-voltage direct current (HVDC) systems – Part 1: General requirements*

IEC 62751-2, *Power losses in voltage sourced converter (VSC) valves for high-voltage direct current (HVDC) systems – Part 2: Modular multi-level converters*

VSC Transmission, CIGRÉ Technical Brochure No. 269

Component Testing of VSC System for HVDC Applications, CIGRÉ Technical Brochure No. 447

Voltage Source Converter (VSC) HVDC for Power Transmission – Economic Aspects and Comparison with other AC and DC Technologies, CIGRÉ Technical Brochure No. 492

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62747:2014+AMD1:2019 CSV

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	33
1 Domaine d'application	35
2 Références normatives	35
3 Symboles et abréviations	35
3.1 Liste des symboles littéraux	35
3.2 Liste des indices	36
3.3 Liste des abréviations	37
4 Symboles graphiques	38
5 Termes généraux relatifs aux circuits de conversion	39
6 Topologies VSC	40
7 Unités de conversion et valves	40
8 Conditions de fonctionnement du convertisseur	47
9 Systèmes et postes CCHT	51
10 Équipements des postes CCHT	55
11 Modes de réglage	58
12 Systèmes de commande	59
Bibliographie	63
Figure 1 – Identifications des symboles des convertisseurs	37
Figure 2 – Symboles graphiques	39
Figure 3 – Unité de convertisseur de source de tension	42
Figure 4 – Unité de phase du convertisseur multi-niveaux modulaire (MMC) en disposition à deux niveaux en demi-pont, avec sous-modules	44
Figure 5 – Unité de phase du convertisseur à deux niveaux monté en cascade (CTLC) en demi-pont	45
Figure 6 – Schéma de phase illustrant la tension d'un système c.a., la tension c.a. d'un convertisseur et le courant c.a. d'un convertisseur	49
Figure 7 – Exemple de transport VSC bipolaire avec retour par la terre	53
Figure 8 – Transport VSC à monopole symétrique illustré avec mise à la terre capacitive côté c.c.	54
Figure 9 – Transport VSC à monopole asymétrique avec retour métallique	54
Figure 10 – Transport VSC à monopole asymétrique avec retour par la terre	54
Figure 11 – Principaux composants susceptibles de composer un poste VSC	57
Figure 12 – Structure hiérarchique d'un système de commande CCHT	62

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TERMINOLOGIE RELATIVE AUX CONVERTISSEURS DE SOURCE DE TENSION (VSC) DES SYSTÈMES EN COURANT CONTINU À HAUTE TENSION (CCHT)

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.

Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de son amendement a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.

L'IEC 62747 édition 1.1 contient la première édition (2014-07) [documents 22F/301/CDV et 22F/317A/RVC] et son corrigendum 1 (2015-02), et son amendement 1 (2019-01) [documents 22F/481/CDV et 22F/489/RVC].

Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par l'amendement 1. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.

La Norme internationale IEC 62747 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.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62747:2014+AMD1:2019 CSV

TERMINOLOGIE RELATIVE AUX CONVERTISSEURS DE SOURCE DE TENSION (VSC) DES SYSTÈMES EN COURANT CONTINU À HAUTE TENSION (CCHT)

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale définit les termes relatifs aux convertisseurs de source de tension autocommutés utilisés pour le transport d'énergie en courant continu à haute tension (CCHT).

La norme a été essentiellement élaborée pour l'application des transistors bipolaires à grille isolée (IGBT) des convertisseurs de source de tension (VSC), mais elle peut également être utilisée comme guide en cas d'utilisation d'autres dispositifs à semiconducteur pouvant être activés ou désactivés par une action de commande.

Les convertisseurs commutés par le réseau et les convertisseurs à source de courant des systèmes de transport d'énergie en courant continu à haute tension (CCHT) sont exclus de la présente norme.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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 60027 (toutes les parties), *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*

IEC 60617, *Symboles graphiques pour schémas*

IEC 60633, *Terminologie pour le transport d'énergie en courant continu à haute tension (CCHT)*

3 Symboles et abréviations

3.1 Liste des symboles littéraux

Les termes et définitions essentiels nécessaires à la compréhension de la présente norme sont donnés ici. La terminologie complémentaire est donnée dans les parties correspondantes de l'IEC 60747, ainsi que dans l'IEC 60633 pour certains types spécifiques d'équipements qui sont essentiellement présents sur les systèmes CCHT commutés par le réseau mais qui peuvent parfois être intégrés dans des systèmes CCHT à convertisseurs de source de tension VSC.

Cette liste ne comporte que les symboles les plus fréquemment utilisés (voir Figure 1). L'IEC 60027 doit être utilisée pour une liste plus complète des symboles adoptés pour les convertisseurs statiques. Voir également les autres normes indiquées dans les références normatives et la bibliographie.

U_d tension continue

U_{dc} tension c.c. du convertisseur

U_{dpe}	tension continue pôle-terre
U_{dpp}	tension continue pôle-pôle
U_{dppN}	tension continue pôle-pôle assignée
U_{dpeN}	tension continue pôle-terre assignée
U_L	tension entre phases côté réseau du transformateur d'interface, valeur efficace tenant compte des harmoniques
U_{Le}	tension phase-terre côté réseau du transformateur d'interface, valeur efficace tenant compte des harmoniques
U_{LN}	valeur assignée de U_L
U_c	tension entre phases côté convertisseur du transformateur d'interface, valeur efficace tenant compte des harmoniques
U_{ce}	tension phase-terre côté convertisseur du transformateur d'interface, valeur efficace tenant compte des harmoniques
U_{vtt}	tension entre les bornes d'une valve (toute valeur définie)
I_c	courant du côté convertisseur du transformateur d'interface, valeur efficace tenant compte des harmoniques
I_d	courant continu (toute valeur définie)
I_{dN}	courant continu assigné
I_L	courant du côté réseau du transformateur d'interface, valeur efficace tenant compte des harmoniques
I_{LN}	valeur assignée de I_L
I_v	courant circulant dans une valve

3.2 Liste des indices

0 (zéro)	à vide
e	earth (terre)
p	pôle
N	valeur assignée ou à la charge assignée
d	direct (courant ou tension continu (e))
L	Line side (côté réseau du transformateur d'interface)
c	côté convertisseur du transformateur d'interface
v	par ou dans une valve
max	maximal
min	minimal
n	relatif à la composante harmonique de rang n
tt	borne à borne

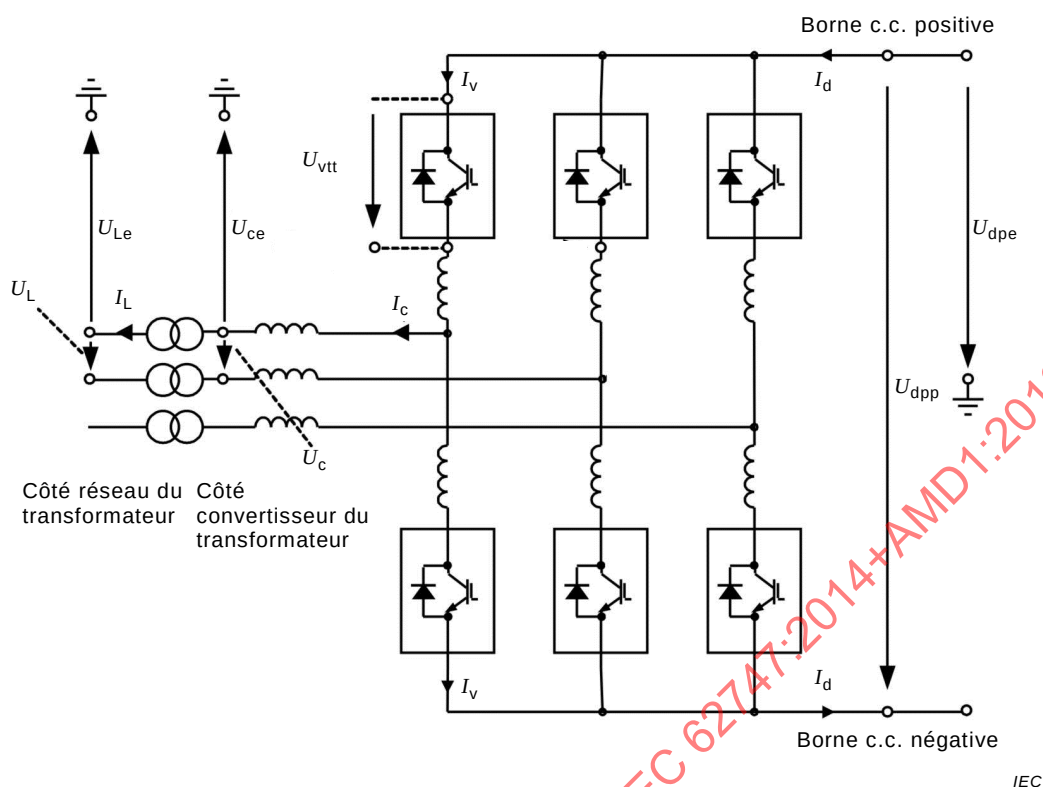


Figure 1 – Identifications des symboles des convertisseurs

3.3 Liste des abréviations

Les abréviations suivantes s'écrivent toujours en majuscules et sans points.

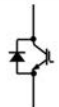
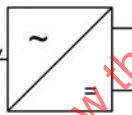
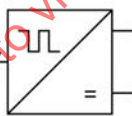
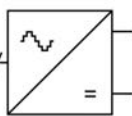
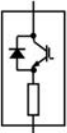
CCHT	Courant Continu à Haute Tension
CTL	Cascaded Two-Level converter (convertisseur à deux niveaux monté en cascade)
DRL	Diode de roue libre
ERTB	Earth Return Transfer Breaker (disjoncteur de transfert du retour par la terre)
ESCR	Effective Short-Circuit Ratio (rapport de court-circuit efficace)
HF	Haute Fréquence
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor (transistor bipolaire à grille isolée)
MMC	Modular Multilevel Converter (convertisseur multi-niveaux modulaire)
MRTB	Metallic Return Transfer Breaker (disjoncteur de transfert du retour métallique)
MTDC	Multi-Terminal HVDC transmission system (Système de Transport CCHT Multiterminal)
MVU	Multiple Valve (Unit) ((ensemble à) valves multiples)
NBS	Neutral Bus Switch (commutateur de bus neutre)
NBGS	Neutral Bus Grounding Switch (commutateur de mise à la terre de bus neutre)
PCC	Point of Common Coupling (point de couplage commun)
PCC-DC	Point of Common Coupling – d.c. side (point de couplage commun – côté c.c.)

SCR	Short-Circuit Ratio (rapport de court-circuit)
VBE	Valve Base Electronics (électronique de base de valve)
VCU	Valve Control Unit (unité de commande de valve)
VSC	Voltage-Sourced Converter (convertisseur de source de tension)

NOTE Même si le mot «disjoncteur» est utilisé dans les abréviations, il n'implique pas nécessairement la possibilité d'interrompre les courants de défaut.

4 Symboles graphiques

La Figure 2 représente les symboles graphiques spéciaux qui sont définis uniquement pour les besoins de la présente norme. L'IEC 60617 doit être utilisée pour une liste plus complète des symboles graphiques adoptés pour les convertisseurs statiques.

No.	Symbol	Description
1		IGBT-diode pair
2		Valve of "switch" type
3		Valve of "controllable voltage source" type
4		VSC unit (of unspecified type)
5		VSC unit using switch type valves
6		VSC unit using controllable voltage source type valves
7		Dynamic braking valve of "switch" type
8		Dynamic braking valve of "controllable voltage source" type

IEC

Légende

Anglais	Français
Symbol	Symbole