

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Thyristor valves for high voltage direct current (HVDC) power transmission –
Part 2: Terminology**

**Valves à thyristors pour le transport d'énergie en courant continu à haute
tension (CCHT) –
Partie 2: Terminologie**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2016 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
Fax: +41 22 919 03 00
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 corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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 also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 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.

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: csc@iec.ch.

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.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

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 aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 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.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Thyristor valves for high voltage direct current (HVDC) power transmission –
Part 2: Terminology**

**Valves à thyristors pour le transport d'énergie en courant continu à haute
tension (CCHT) –
Partie 2: Terminologie**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.200

ISBN 978-2-8322-3474-7

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

CONTENTS

FOREWORD.....	3
1 Scope.....	5
2 Normative references.....	5
3 Symbols and abbreviations	5
3.1 General.....	5
3.2 List of letter symbols	5
3.3 List of abbreviations	5
4 General terms related to converter circuits	6
5 Converter performance	6
6 Thyristor valve design.....	6
7 Thyristor valve performance.....	11
8 Thyristor valve voltages, currents and other parameters	12
9 Thyristor valve control	15
10 Thyristor valve protection.....	16
Bibliography	22
Figure 1 – Example of a converter unit	17
Figure 2 – Commutation process at rectifier and inverter modes of operation	18
Figure 3 – Illustrations of commutation in inverter operation.....	19
Figure 4 – Typical valve voltage waveforms.....	20
Figure 5 – An example of thyristor valve composition.....	21

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**THYRISTOR VALVES FOR HIGH VOLTAGE
DIRECT CURRENT (HVDC) POWER TRANSMISSION –****Part 2: Terminology****FOREWORD**

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60700-2 has been prepared by subcommittee 22F: Power electronics for electrical transmission and distribution systems, of IEC technical committee 22: Power electronic systems and equipment.

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

CDV	Report on voting
22F/373/CDV	22F/395A/RVC

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

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

A list of all parts in the IEC 60700 series, published under the general title *Thyristor valves for high voltage direct current (HVDC) power transmission*, can be found on the IEC website.

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

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

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

Part 2: Terminology

1 Scope

This part of IEC 60700 defines terms for thyristor valves for high-voltage direct current (HVDC) power transmission with line commutated converters most commonly based on three-phase bridge connections for the conversion from AC to DC and vice versa.

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

3 Symbols and abbreviations

3.1 General

The lists in 3.2 and 3.3 cover only the most frequently used symbols. The lists of symbols of the IEC 60027 series and IEC 60633 apply.

3.2 List of letter symbols

- α (trigger/firing) delay angle
- β (trigger/firing) advance angle
- μ commutation overlap angle
- γ extinction angle

3.3 List of abbreviations

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

ETT	electrically triggered thyristor
LTT	light triggered thyristor
TCU	thyristor control unit
HVDC	high-voltage direct current
VBE	valve base electronics
MVU	multiple valve (unit)
BOD	breakover diode

4 General terms related to converter circuits

4.1

converter arm

part of a bridge connecting two points of different potentials within a bridge, for example between an AC terminal and a DC terminal

Note 1 to entry: The main function of a converter arm is conversion.

4.2

converter bridge

equipment used to implement the bridge converter connection, if used

SEE: Figure 1

Note 1 to entry: The term "bridge" may be used to describe either the circuit connection or the equipment implementing that circuit.

[SOURCE: IEC 60633: 2015, 6.2, modified – The expression "and the by-pass arm" has been deleted from the definition.]

4.3

converter unit

indivisible operative unit comprising all equipment between the point of common coupling on the AC side and the point of common coupling on the DC side, essentially one or more converter bridges, together with one or more converter transformers, converter unit control equipment, essential protective and switching devices and auxiliaries, if any, used for conversion

SEE: Figure 1

Note 1 to entry: If a converter unit comprises two converter bridges with a phase displacement of 30 degrees, then the converter unit forms a 12-pulse unit.

5 Converter performance

5.1

forward direction

conducting direction

direction of current through a valve, when current flows from the anode terminal to the cathode terminal

5.2

reverse direction

non-conducting direction

direction of current through a valve, when current flows from the cathode terminal to the anode terminal

6 Thyristor valve design

6.1

thyristor

bi-stable semiconductor device comprising three or more junctions which can be switched from the off-state to the on-state

Note 1 to entry: Devices having only three layers but having switching characteristics similar to those of four-layers devices may also be called thyristors.

Note 2 to entry: The term "thyristor" is used as a generic term to cover the whole range of PNPN type devices. It may be used by itself for any member of the thyristor family when such use does not result in ambiguity or

misunderstanding. In particular, the term "thyristor" is widely used for reverse blocking triode thyristor, formerly called "silicon controlled rectifier".

Note 3 to entry: Thyristors may either be electrically triggered thyristor (ETT) or light triggered thyristor (LTT).

6.2

electrically triggered thyristor

ETT

thyristor triggered by applying electrical pulses to the thyristor gate

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

6.3

light triggered thyristor

LTT

thyristor triggered by applying light pulses to a photosensitive area within the thyristor gate area

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

6.4

damping circuit

snubber circuit

circuit (usually consisting of a series connected resistor and capacitor) connected in parallel to a thyristor to reduce the amplitude of the extinction overshoot voltage

6.4.1

damping capacitor

snubber capacitor

capacitor connected in parallel to a thyristor (usually in series with a resistor) to reduce the amplitude of the extinction overshoot voltage

6.4.2

damping resistor

snubber resistor

resistor connected in parallel to a thyristor (in series with a capacitor) to limit the amplitude of discharge current of the snubber capacitor after thyristor turn-on

6.5

DC grading resistor

resistor connected in parallel to the thyristor to equalize DC voltage unbalance caused by tolerances of thyristor blocking currents

Note 1 to entry: In some designs, DC grading resistor also acts as high voltage arm of the voltage divider for monitoring voltage across the thyristor level.

6.6

heat sink

separable cooling element, usually through which a heat transfer agent flows, that contributes to the dissipation of the heat produced within the thyristors and other components, if any, in the valve

6.7

thyristor control unit

TCU

electronic unit at thyristor level potential used to trigger, protect and monitor the thyristor

Note 1 to entry: Some other terms are used for this unit: thyristor electronics (TE), thyristor firing and monitoring unit (TFM) or (thyristor) gating unit.

Note 2 to entry: In some designs, a thyristor voltage monitoring unit (TVM) is used which performs monitoring functions only.

Note 3 to entry: This note applies to the French language only.

6.8

thyristor stack

thyristor clamped assembly

mechanical arrangement of more than one thyristor, stacked in an alternating series with heat sinks and clamped within an insulating mechanical support unit

Note 1 to entry: The clamping force is usually exerted by a disk spring arrangement.

6.9

single valve unit

single structure comprising only one valve

[SOURCE: IEC 60633:2015, 6.3.1]

6.10

multiple valve unit

MVU

single structure comprising more than one valve

EXAMPLE Double valves, quadrivalves and octovalves with two, four and eight series-connected valves respectively.

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

[SOURCE: IEC 60633:2015, 6.3.2]

6.11

thyristor valve

complete operative controllable valve device assembly, normally conducting in only one direction (the forward direction), which can function as a converter arm in a converter bridge

SEE: Figure 5

6.12

valve thyristor level

part of a valve comprising a thyristor, or thyristors connected in parallel, together with their immediate auxiliaries, and reactor, if any

[SOURCE: IEC 60633:2015, 6.9]

6.13

valve section

electrical assembly, comprising a number of thyristors and other components, which exhibits prorated electrical properties of a complete valve

Note 1 to entry: This term is mainly used to define a test object for valve testing purposes.

[SOURCE: IEC 60633:2015, 6.8]

6.14

redundant thyristor levels

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

6.15**valve reactor**

reactor contained within the valve and connected directly in series with one or more thyristor levels to control di/dt at turn-on and du/dt in the off-state

Note 1 to entry: di/dt is rate of rise of on-state current.

Note 2 to entry: du/dt is rate of rise of off-state voltage.

6.16**valve section capacitor**

capacitor connected across two or more thyristor levels and at least one valve reactor, for the purpose of ensuring voltage sharing in fast transient conditions (for example lightning and steep-front impulse)

Note 1 to entry: Term “grading capacitor” is also used.

6.17**fast grading circuit****surge distribution circuit**

capacitor, or resistor-capacitor circuit with a time constant of less than $5\ \mu\text{s}$, connected directly across each thyristor level (or across the thyristor level plus level reactor) for the purpose of ensuring voltage sharing in fast transient conditions (for example lightning and steep-front impulse)

6.18**fast grading capacitor****surge distribution capacitor**

capacitive part of the fast grading circuit

6.19**fast grading resistor****surge distribution resistor**

resistive part (if any) of the fast grading circuit

6.20**valve electronics**

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

6.21**valve base electronics****VBE**

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

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

[SOURCE: IEC 60633:2015, 6.12]

6.22**trigger system**

firing system

means to provide firing pulses to the thyristors at high potential

Note 1 to entry: In case of electrically triggered thyristor (ETT) valves, the trigger circuit consists of light emitting devices in the VBE, the fibre optics which transmit the trigger pulses to the individual thyristor levels and the electrical circuits on the TCUs which convert the optical pulses to electrical trigger pulses applied to the thyristors. In light triggered thyristor (LTT) valves, the optical trigger pulses may be split to the individual thyristors directly inside the valve using a multimode star coupler.

6.23

recovery protection circuit

electronic circuit or device to protect the thyristor against excessive positive rate of voltage change during the recovery period by measuring the du/dt rate and firing the thyristor in case a limit value is exceeded

Note 1 to entry: The recovery protection circuit may be implemented at the thyristor control unit or as a separate unit per valve section.

Note 2 to entry: The recovery protection function may also be implemented in the thyristor's silicon structure rendering any external electronics unnecessary.

6.24

multimode star coupler

passive optical device which splits a number of incoming optical signals to a larger number of outgoing optical signals

Note 1 to entry: In some valve designs it is used to distribute the trigger impulses received by a few fibre optics from the valve base electronics (VBE) to the number of thyristors in a valve section.

6.25

valve cooling circuit

arrangement of tubes for transporting the heat transfer agent from ground potential into the valve arrangement, distributing it to the valve components, and transporting it back

6.26

valve cooling system

all equipment needed for removing heat from the valves and rejecting it to the environment, including the valve cooling circuit plus circulating pumps or fans, de-ionisation and filtering equipment, heat exchangers, interconnecting pipework and control system at ground potential

6.27

grading electrodes

electrodes of non corrosive metal inserted into the cooling circuit at appropriate locations and connected to appropriate electrical potentials to control leakage current flow through the cooling medium in order to avoid partial discharge due to potential mismatch

6.28

thyristor module

part of a valve comprising a mechanical assembly of thyristors with their immediate auxiliaries but without valve reactors

Note 1 to entry: Thyristor modules may be elements of a valve and/or be interchangeable for maintenance purposes.

6.29

valve module

part of a valve comprising a mechanical assembly of thyristors with their immediate auxiliaries and valve reactor(s)

Note 1 to entry: Valve module may be interchangeable for maintenance purpose.

6.30

reactor module

mechanical assembly of one or more valve reactors used in some valve designs

Note 1 to entry: Reactor modules may be elements in the construction of a valve.

[SOURCE: IEC 60633:2015, 6.7, modified – The definition has been rephrased.]

6.31**valve support**

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

6.32**valve structure**

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

6.33**valve tier**

one physical layer of a single or a multiple valve unit comprising one or more valve module(s)

6.34**corona shield**

conductive surface on the external profile of a single or a multiple valve unit for the purpose of minimising the surface electrical field strength and preventing corona

7 Thyristor valve performance**7.1****valve blocking**

operation preventing further firing of a valve

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.17, modified – The adjective "controllable" has been deleted.]

7.2**valve deblocking**

operation permitting firing of a valve

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.18, modified – The adverb "further" and the adjective "controllable" have been deleted.]

7.3**on-state**

conducting state

condition of a valve when the valve exhibits a low resistance

SEE: Figure 4

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.9]

7.4**off-state**

non-conducting state

condition of a valve when all thyristors are turned off

7.5**forward blocking state**

non-conducting state of a valve when forward voltage is applied between its main terminals

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.11.1, modified – The adjective "controllable" has been deleted.]

7.6**reverse blocking state**

non-conducting state of a valve when reverse voltage is applied between its main terminals

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.11.2]

7.7

firing failure

failure to achieve firing of a valve during the entire forward voltage interval

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.30]

7.8

commutation failure

failure to commutate the forward current from the conducting converter arm to the succeeding converter arm

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.31]

7.9

false firing

misfiring

firing of a valve at an unintended instant

8 Thyristor valve voltages, currents and other parameters

8.1

valve forward voltage

voltage applied between the anode and cathode terminals of a valve or an arm when the anode is positive with respect to the cathode

SEE: Figure 4

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.7, modified – The noun "valve" has been added to the term.]

8.2

valve forward current

current which flows through a valve in the forward direction

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.5, modified – The noun "valve" has been added to the term.]

8.3

valve reverse voltage

voltage applied between the anode and cathode terminals of a valve or an arm when the anode is negative with respect to the cathode

SEE: Figure 4

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.8, modified – The noun "valve" has been added to the term.]

8.4

valve reverse current

current which flows through a valve in the reverse direction

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.6, modified – The noun "valve" has been added to the term.]

8.5

valve on-state

conducting state

state of a thyristor valve when all thyristors are turned-on

8.6**valve on-state voltage**

voltage drop

forward voltage which, during the on-state, appears across the valve terminals

8.7**valve off-state voltage**

forward voltage which, during the non-conducting state, appears across the valve terminals

8.8**valve on-state current**

current which flows through a valve during the on-state

8.9**valve conduction interval**

part of a cycle during which a valve is in the conducting state

SEE: Figure 4

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.25]

8.10**valve blocking interval**

part of a cycle during which a valve is in the non-conducting state

SEE: Figure 4

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.26, modified – The noun "valve" has been added to the term, and the second preferred term "idle interval" has been deleted.]

8.11**valve forward blocking interval**

part of the blocking interval during which a controllable valve is in the forward blocking state

SEE: Figure 4

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.27, modified – The noun "valve" has been added to the term.]

8.12**valve reverse blocking interval**

part of the blocking interval during which a valve is in the reverse blocking state

SEE: Figure 4

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.28, modified – The noun "valve" has been added to the term.]

8.13**valve hold-off interval**

time from the instant when the forward current of a controllable valve has decreased to zero to the instant when the same valve is subjected to forward voltage

SEE: Figure 3

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.24, modified – The noun "valve" has been added to the term, and the note to entry has been deleted.]

8.14

valve critical hold-off interval

minimum hold-off interval for which inverter operation can be maintained

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.24.1, modified – The noun "valve" has been added to the term.]

8.15

valve crest working reverse voltage

highest instantaneous value of the reverse voltage developed across a reverse blocking valve device or an arm consisting of such devices, excluding all repetitive and non-repetitive transient voltages

Note 1 to entry: The repetitive voltage is usually a function of the circuit and increases the power loss of the device. A non-repetitive transient voltage is usually due to an external cause, and it is assumed that its effect has completely disappeared before the next transient arrives.

[SOURCE: IEC 60050-551:1998, 551-16-56, modified – The noun "circuit" has been replaced by "valve" in the term, and the note to entry has been added.]

8.16

valve repetitive peak reverse voltage

highest instantaneous value of a reverse voltage developed across a reverse blocking valve device or an arm consisting of such devices, including all repetitive transient voltages but excluding all non-repetitive transient voltages

[SOURCE: IEC 60050-551:1998, 551-16-57, modified – The noun "circuit" has been replaced by "valve" in the term.]

8.17

valve non-repetitive peak reverse voltage

highest instantaneous value of any non-repetitive transient reverse voltage developed across a reverse blocking valve device or an arm consisting of such devices

[SOURCE: IEC 60050-551:1998, 551-16-58, modified – The noun "circuit" has been replaced by "valve" in the term.]

8.18

valve crest working off-state voltage

highest instantaneous value of the off-state voltage developed across a controllable valve device or an arm consisting of such devices, excluding all repetitive and non-repetitive transients

[SOURCE: IEC 60050-551:1998, 551-16-53, modified – The noun "circuit" has been replaced by "valve" in the term.]

8.19

valve repetitive peak off-state voltage

highest instantaneous value of the off-state voltage developed across a controllable valve device or an arm consisting of such devices, including all repetitive transient voltages but excluding all non-repetitive transient voltages

[SOURCE: IEC 60050-551:1998, 551-16-54, modified – The noun "circuit" has been replaced by "valve" in the term.]

8.20

valve non-repetitive peak off-state voltage

highest instantaneous value of any non-repetitive transient off-state voltage developed across a controllable valve device or an arm consisting of such devices

[SOURCE: IEC 60050-551:1998, 551-16-55, modified – The noun "circuit" has been replaced by "valve" in the term.]

9 Thyristor valve control

9.1

firing

establishment of current in the forward direction in a valve

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.12]

9.2

valve control pulse

pulse which, during its entire duration, allows the firing of the valve

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.13]

9.3

valve firing pulse

pulse which initiates the firing of the valve, normally derived from the valve control pulse

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.14]

9.4

trigger delay angle

firing delay angle

α

time, expressed in electrical angular measure, from the zero crossing of the idealized sinusoidal commutating voltage to the starting instant of forward current conduction

SEE: Figure 2

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.20]

9.5

trigger advance angle

firing advance angle

β

time, expressed in electrical angular measure, from the starting instant of forward current conduction to the next zero crossing of the idealized sinusoidal commutating voltage

Note 1 to entry: The advance angle β is related to the delay angle α by $\beta = \pi - \alpha$.

SEE: Figure 2

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.21]

9.6

overlap angle

μ

duration of commutation between two converter arms, expressed in electrical angular measure

SEE: Figures 2 and 3

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.22]

9.7 extinction angle

γ
time, expressed in electrical angular measure, from the end of current conduction to the next zero crossing of the idealized sinusoidal commutating voltage

Note 1 to entry: γ depends on the advance angle β and the angle of overlap μ and is determined by the relation $\gamma = \beta - \mu$ (see figures 2 and 3).

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.23]

9.8 phase control

process of controlling the instant within the cycle at which forward current conduction in a controllable valve begins

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.19]

10 Thyristor valve protection

10.1 valve arrester

arrester connected across a valve

SEE: Figure 1

[SOURCE: IEC 60633:2015, 6.14]

10.2 valve protective firing

means of protecting the thyristors from excessive forward voltage, rate of change of voltage or forward voltage applied during the reverse recovery time, by firing the thyristors into conduction

10.3 forward overvoltage protection

valve protective firing in response to forward overvoltage

Note 1 to entry: Some thyristors have integrated protection function against forward overvoltage by means of controlled self-firing.

10.4 electronic forward overvoltage protection

forward overvoltage protection where the protective gate pulses are produced by the thyristor control unit

10.5 breakover diode (BOD) protection

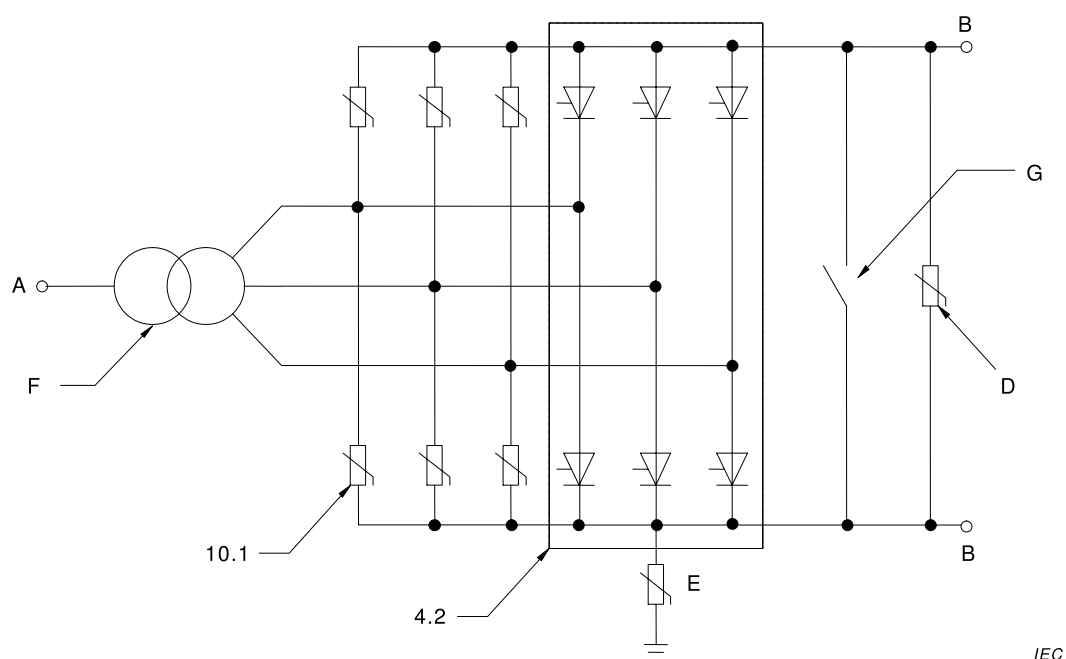
forward overvoltage protection where the protective gate pulses are provided by a physical breakover diode assembly that is independent of the thyristor control unit

10.6 du/dt protection

valve protective firing in response to excessive rate of rise of off-state voltage

10.7 forward recovery protection

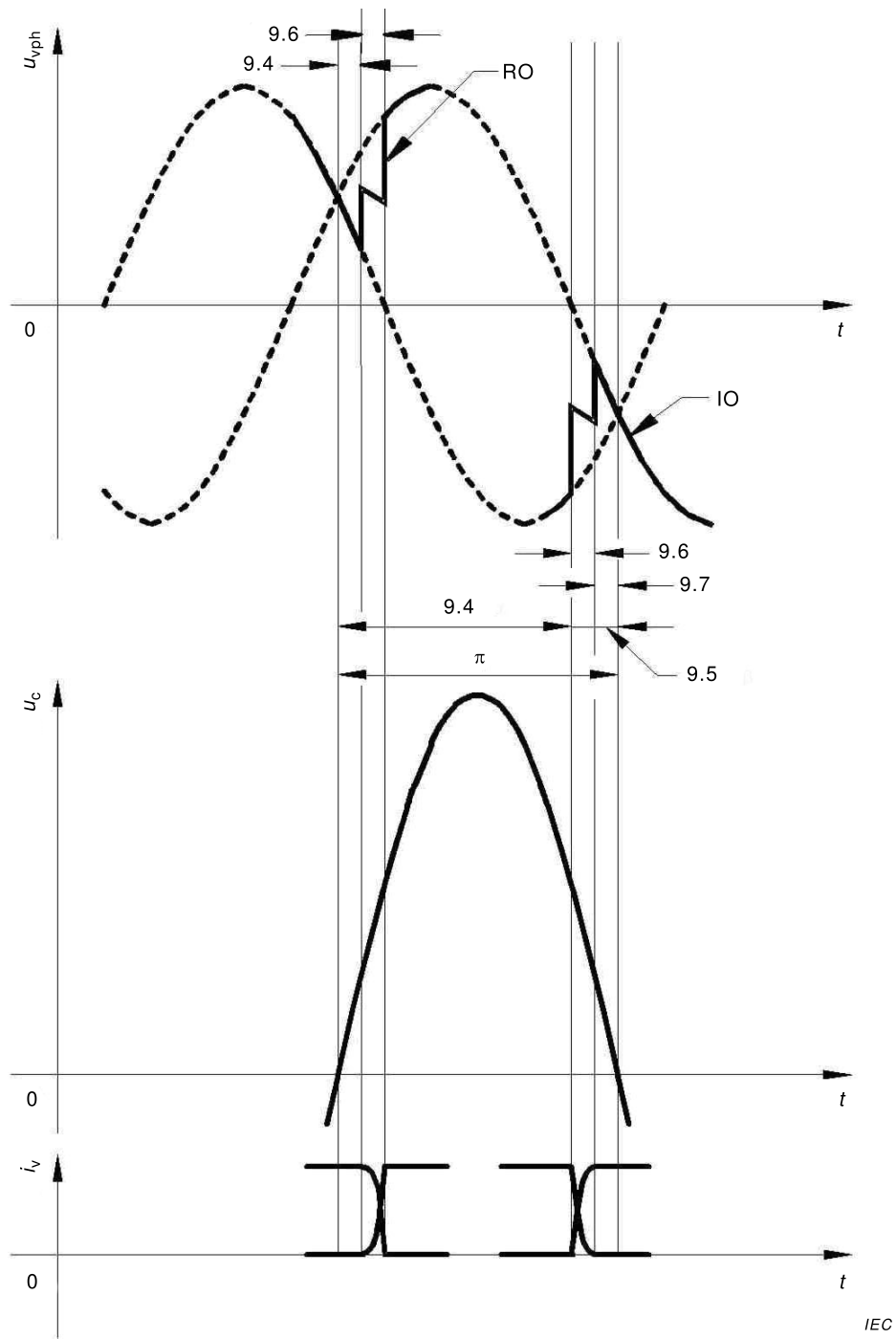
valve protective firing in response to forward voltage applied during the reverse recovery time

**Key**

A AC terminals
 B DC terminals
 4.2 bridge
 10.1 valve arrester

D converter unit arrester
 E converter unit DC bus arrester
 F converter transformer
 G by-pass switch

Figure 1 – Example of a converter unit



Key

u_{vph} phase voltage

u_c commutating voltage

i_v valve currents

t time

RO rectifier operation

IO inverter operation

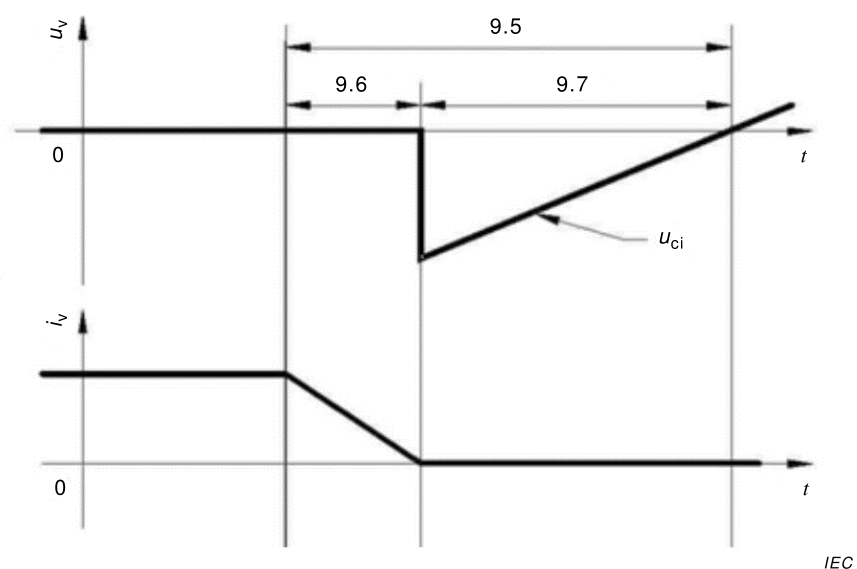
9.4 delay angle α

9.5 advance angle β

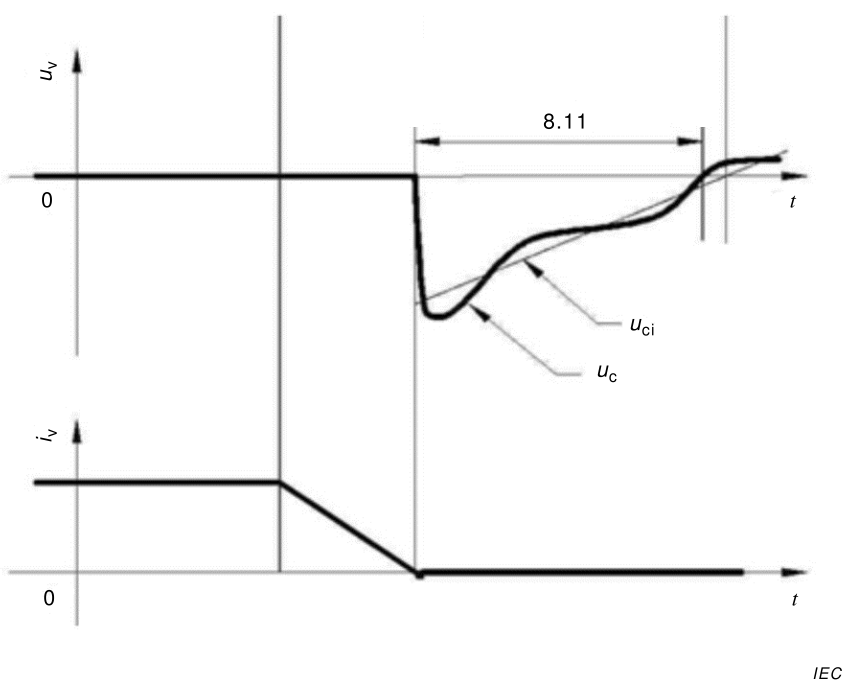
9.6 overlap angle μ

9.7 extinction angle γ

Figure 2 – Commutation process at rectifier and inverter modes of operation



a) Valve idealized



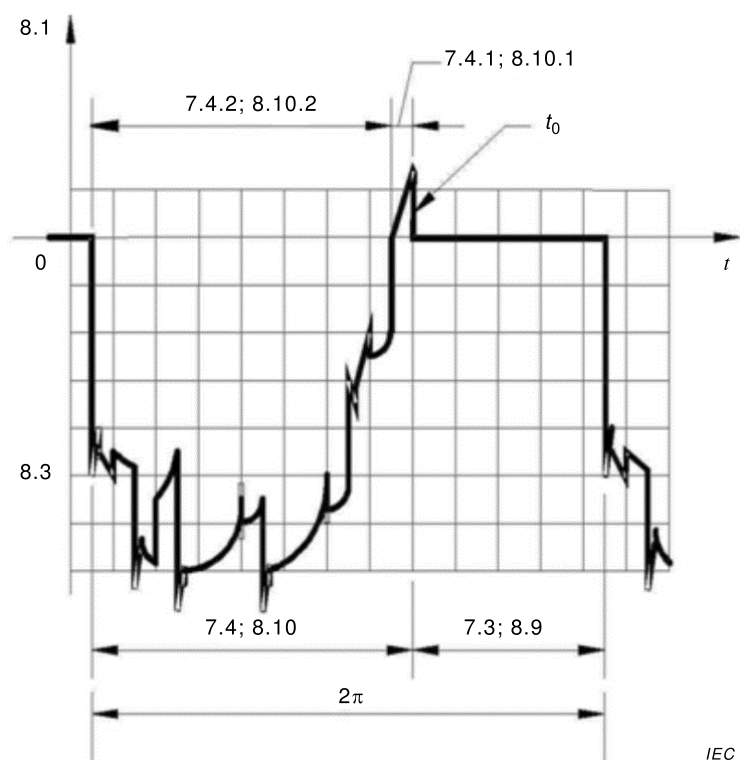
b) Real valve

Key

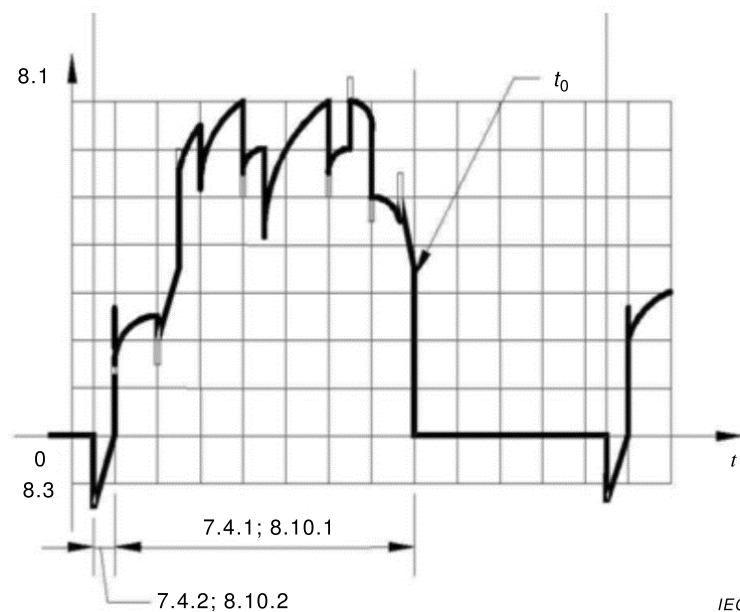
u_v voltage across outgoing valve
 i_v current in outgoing valve
 u_{ci} idealized commutating voltage
 u_c actual commutating voltage
 t time

9.5 advance angle β
 9.6 overlap angle μ
 9.7 extinction angle γ
 8.11 hold-off interval

Figure 3 – Illustrations of commutation in inverter operation



a) Rectifier operation

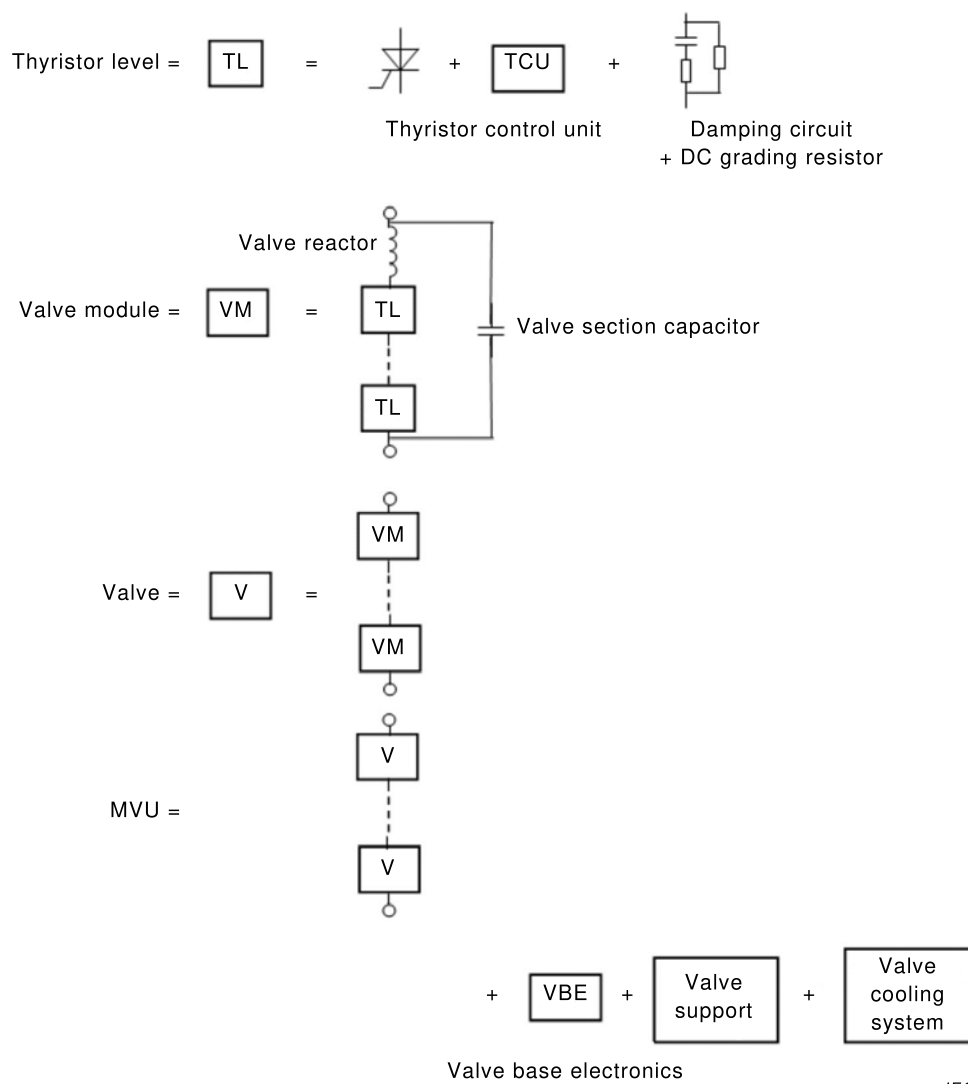


b) Inverter operation

Key

t	time	7.4.1	forward blocking state
t_0	firing instant	7.4.2	reverse blocking state
8.1	forward voltage	8.9	conduction interval
8.3	reverse voltage	8.10	blocking interval
7.3	conducting state	8.10.1	forward blocking interval
7.4	non-conducting state	8.10.2	reverse blocking interval

Figure 4 – Typical valve voltage waveforms



IEC

Figure 5 – An example of thyristor valve composition

Bibliography

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

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

IEC 60747-6, *Semiconductor devices – Part 6: Discrete devices – Thyristors*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	25
1 Domaine d'application.....	27
2 Références normatives	27
3 Symboles et abréviations	27
3.1 Généralités	27
3.2 Liste des symboles littéraux	27
3.3 Liste des abréviations	27
4 Termes généraux relatifs aux circuits de conversion.....	28
5 Caractéristique de fonctionnement de conversion.....	28
6 Conception des valves à thyristors	28
7 Fonctionnement des valves à thyristors.....	33
8 Tensions, courants et autres paramètres des valves à thyristors.....	34
9 Commande de valves à thyristors.....	37
10 Protection de valves à thyristors	38
Bibliographie	45
 Figure 1 – Exemple d’une unité de conversion.....	40
Figure 2 – Commutation pendant le fonctionnement en redresseur et en onduleur.....	41
Figure 3 – Représentations de la commutation pendant le fonctionnement en onduleur	42
Figure 4 – Courbes caractéristiques de la tension aux bornes d'une valve.....	43
Figure 5 – Exemple de composition de valve à thyristors	44

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**VALVES À THYRISTORS POUR LE TRANSPORT D'ÉNERGIE
EN COURANT CONTINU À HAUTE TENSION (CCHT) –****Partie 2: Terminologie****AVANT-PROPOS**

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 60700-2, 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.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
22F/373/CDV	22F/395A/RVC

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60700, publiées sous le titre général *Valves à thyristors pour le transport d'énergie en courant continu à haute tension (CCHT)*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

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

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

Partie 2: Terminologie

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60700 définit les termes applicables aux valves à thyristors pour le transport d'énergie en courant continu à haute tension (CCHT) au moyen de convertisseurs commutés par le réseau généralement basés sur des montages en pont triphasés pour la conversion du courant alternatif en courant continu et inversement.

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

3 Symboles et abréviations

3.1 Généralités

Les listes figurant en 3.2 et 3.3 ne comportent que les symboles les plus fréquemment utilisés. Les listes de symboles de la série IEC 60027 et de l'IEC 60633 s'appliquent.

3.2 Liste des symboles littéraux

α angle de retard (de l'ordre d'amorçage/d'allumage)

β angle d'avance (de l'ordre d'amorçage/d'allumage)

μ angle d'empiètement de commutation

γ angle d'extinction

3.3 Liste des abréviations

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

ETT electrically triggered thyristor (thyristor à amorçage électrique)

LTT light triggered thyristor (thyristor à amorçage lumineux)

TCU thyristor control unit (unité de commande de thyristor)

CCHT courant continu à haute tension

VBE valve base electronics (électronique de base de valve)

MVU multiple valve (unit) ((ensemble à) valves multiples)

BOD breakover diode (diode d'amorçage)

4 Termes généraux relatifs aux circuits de conversion

4.1

bras de convertisseur

partie d'un pont raccordant deux points de potentiels différents dans un pont, par exemple, entre une borne à courant alternatif et une borne à courant continu

Note 1 à l'article: La conversion constitue la fonction principale d'un bras de convertisseur.

4.2

pont de conversion

équipement utilisé pour réaliser le schéma convertisseur en pont, s'il est utilisé

VOIR: Figure 1

Note 1 à l'article: Le terme "pont" peut être utilisé pour décrire aussi bien le schéma du circuit que l'équipement réalisant ce circuit.

[SOURCE: IEC 60633: 2015, 6.2, modifié – L'expression "et le bras de shuntage" a été supprimée de la définition.]

4.3

unité de conversion

ensemble opérationnel indivisible comprenant tout l'équipement situé entre le point commun de couplage côté courant alternatif et le point commun de couplage côté courant continu, essentiellement un ou plusieurs ponts de conversion, avec un ou plusieurs transformateurs de convertisseur, l'équipement de commande de l'unité de conversion, les dispositifs essentiels de protection et de commutation et les équipements auxiliaires, s'ils existent, pour la conversion

VOIR: Figure 1

Note 1 à l'article: Si une unité de conversion comprend deux ponts de conversion avec un décalage des phases de 30 degrés, l'unité de conversion forme alors une unité dodécaphasée.

5 Caractéristique de fonctionnement de conversion

5.1

sens direct

sens de conduction

sens de circulation d'un courant dans une valve, lorsque celui-ci s'écoule de la borne d'anode à la borne de cathode

5.2

sens inverse

sens de non-conduction

sens de circulation d'un courant dans une valve, lorsque celui-ci s'écoule de la borne de cathode à la borne d'anode

6 Conception des valves à thyristors

6.1

thyristor

dispositif à semiconducteurs bistable, comprenant trois jonctions ou plus, qui peut être commuté de l'état bloqué à l'état passant

Note 1 à l'article: Les dispositifs ayant seulement trois couches mais possédant des caractéristiques de commutation similaires à celles des dispositifs à quatre couches peuvent aussi être appelés thyristors.

Note 2 à l'article: Le terme "thyristor" est utilisé de manière générale pour désigner tout dispositif de type PNP. Il peut être utilisé seul pour tout élément de la famille des thyristors lorsqu'un tel usage ne prête pas à confusion ou à malentendu. En particulier, le terme "thyristor" est couramment employé pour le thyristor triode bloqué en inverse, autrefois appelé "redresseur commandé au silicium".

Note 3 à l'article: Les thyristors peuvent être soit des thyristors à amorçage électrique (ETT), soit des thyristors à amorçage lumineux (LTT).

6.2

thyristor à amorçage électrique

ETT

thyristor dont l'amorçage s'effectue par l'application d'impulsions électriques sur sa gâchette

Note 1 à l'article: L'abréviation "ETT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "electrically triggered thyristor".

6.3

thyristor à amorçage lumineux

LTT

thyristor dont l'amorçage s'effectue par l'application d'impulsions lumineuses sur une zone photosensible de la surface de sa gâchette

Note 1 à l'article: L'abréviation "LTT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "light triggered thyristor".

6.4

circuit d'amortissement

circuit d'aide à la commutation

circuit (comportant habituellement une résistance et un condensateur montés en série) relié en parallèle à un thyristor afin de réduire l'amplitude de la tension de dépassement d'extinction

6.4.1

condensateur d'amortissement

condensateur d'aide à la commutation

condensateur relié en parallèle à un thyristor (habituellement en série avec une résistance) afin de réduire l'amplitude de la tension de dépassement d'extinction

6.4.2

résistance d'amortissement

résistance d'aide à la commutation

résistance reliée en parallèle à un thyristor (en série avec un condensateur) afin de limiter l'amplitude du courant de décharge du condensateur d'aide à la commutation après la mise en service du thyristor

6.5

résistance de répartition du courant continu

résistance reliée en parallèle au thyristor afin de compenser le déséquilibre de tension continue provoqué par les tolérances des courants de blocage du thyristor

Note 1 à l'article: Dans certaines conceptions, la résistance de répartition du courant continu sert également de bras haute tension du diviseur de tension utilisé pour contrôler cette même tension dans le niveau de thyristor.

6.6

dissipateur thermique

élément réfrigérant séparable, à travers lequel s'écoule généralement un fluide réfrigérant, qui contribue à la dissipation de la chaleur produite dans les thyristors et d'autres composants le cas échéant de la valve

6.7

unité de commande de thyristor

TCU

unité électronique au potentiel du niveau de thyristor qui permet d'amorcer, de protéger et de contrôler le thyristor

Note 1 à l'article: Certains autres termes désignent cette unité: électronique de thyristor (TE ou "thyristor electronics" en anglais), unité d'allumage et de contrôle de thyristor (TFM ou "thyristor firing and monitoring unit" en anglais) ou unité de déclenchement (de thyristor).

Note 2 à l'article: Certaines conceptions utilisent une unité de contrôle de la tension du thyristor (TVM ou "thyristor voltage monitoring unit" en anglais) qui accomplit des fonctions de contrôle uniquement.

Note 3 à l'article: L'abréviation "TCU" est dérivée du terme anglais développé correspondant "thyristor control unit".

6.8

bloc de thyristors

assemblage de thyristors verrouillé

disposition mécanique de deux thyristors ou plus, à empilement alternatif avec dissipateurs thermiques, et dont le verrouillage s'effectue dans une unité de support mécanique isolante

Note 1 à l'article: Un dispositif à ressort à disque exerce généralement la force de verrouillage.

6.9

ensemble à valve unique

structure unique comportant une seule valve

[SOURCE: IEC 60633:2015, 6.3.1]

6.10

ensemble à valves multiples

MVU

structure unique comportant plus d'une valve

EXEMPLE Bivalves, quadriangles et octovalves comportant respectivement deux, quatre et huit valves connectées en série.

Note 1 à l'article: L'abréviation "MVU" est dérivée du terme anglais développé correspondant "multiple valve unit".

[SOURCE: IEC 60633:2015, 6.3.2, modifié – La note 1 à l'article a été ajoutée.]

6.11

valve à thyristors

ensemble d'éléments de valve opérationnel commandable, conduisant normalement dans un seul sens (le sens direct), qui peut fonctionner comme bras de convertisseur dans un pont de conversion

VOIR: Figure 5

6.12

niveau de thyristor de valve

partie d'une valve, constituée d'un thyristor ou de thyristors branchés en parallèle, avec leurs circuits auxiliaires proches, et le cas échéant une inductance

[SOURCE: IEC 60633:2015, 6.9]

6.13

section de valve

assemblage électrique, comprenant un certain nombre de thyristors et d'autres composants, qui présente les mêmes propriétés électriques qu'une valve complète à échelle réduite

Note 1 à l'article: Le terme est principalement utilisé pour désigner un objet d'essai pour les besoins d'essai de valve.

[SOURCE: IEC 60633:2015, 6.8]

6.14

niveaux de thyristors redondants

nombre maximal de niveaux de thyristors dans une valve à thyristors qui peut être l'objet d'un court-circuit externe ou interne en service sans altérer le bon fonctionnement de la valve comme le démontrent les essais de type, et qui, en cas de dépassement, requiert l'arrêt de la valve afin de remplacer les thyristors défaillants ou l'acceptation d'un risque de défaillances accru

6.15

inductance de valve

inductance interne à la valve et connectée directement en série avec un ou plusieurs niveaux de thyristor afin de contrôler le di/dt à la mise en service et le du/dt à l'état bloqué

Note 1 à l'article: di/dt est la croissance du courant à l'état passant.

Note 2 à l'article: du/dt est la croissance de la tension à l'état bloqué.

6.16

condensateur de section de valve

condensateur connecté à deux niveaux de thyristor ou plus et au moins à une inductance de valve, afin d'assurer la répartition de tension dans des conditions de transitoires rapides (foudre et tension de choc à front raide, par exemple)

Note 1 à l'article: Le terme "condensateur de répartition" est également utilisé.

6.17

circuit de répartition rapide

circuit de distribution des surtensions

condensateur ou circuit RC avec constante de temps inférieure à 5 μs , connecté directement à chaque niveau de thyristor (ou au niveau de thyristor plus l'inductance de niveau) afin d'assurer la répartition de tension dans des conditions de transitoires rapides (foudre et tension de choc à front raide, par exemple)

6.18

condensateur de répartition rapide

condensateur de distribution des surtensions

partie capacitive du circuit de répartition rapide

6.19

résistance de répartition rapide

résistance de distribution des surtensions

partie résistive (si elle existe) du circuit de répartition rapide

6.20

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

6.21

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

Note 1 à l'article: L'abréviation "VBE" est dérivée du terme anglais développé correspondant "valve basic electronics".

[SOURCE: IEC 60633:2015, 6.12]

6.22

système d'amorçage

système d'allumage

dispositif d'apport d'impulsions d'allumage aux thyristors à un potentiel élevé

Note 1 à l'article: Dans le cas des valves à thyristor à amorçage électrique (ETT), le circuit d'amorçage se compose de dispositifs électroluminescents intégrés dans l'électronique de base de valve, des fibres optiques de transmission des impulsions d'amorçage au niveau de thyristors individuels et des circuits électriques des unités de commande de thyristor qui convertissent les impulsions optiques en impulsions d'amorçage électriques appliquées aux thyristors. Dans les valves à thyristor à amorçage lumineux (LTT), les impulsions d'amorçage optiques peuvent être réparties sur les thyristors individuels directement dans la valve au moyen d'un coupleur en étoile multimode.

6.23

circuit de protection durant la période de rétablissement

circuit ou dispositif électronique destiné à protéger le thyristor contre une vitesse nette excessive de variation de tension durant la période de rétablissement, par la mesure du rapport du/dt et l'allumage du thyristor en cas de dépassement d'une valeur limite

Note 1 à l'article: Le circuit de protection durant la période de rétablissement peut être appliqué au niveau de l'unité de commande de thyristor ou comme unité distincte par section de valve.

Note 2 à l'article: La fonction de protection durant la période de rétablissement peut également être mise en œuvre dans la structure de silicium du thyristor, exprimant le caractère inutile de toute électronique externe.

6.24

coupleur en étoile multimode

dispositif optique passif qui répartit un nombre donné de signaux optiques d'entrée en un nombre plus important de signaux optiques de sortie

Note 1 à l'article: Dans certaines conceptions de valves, le coupleur est utilisé pour répartir les impulsions d'amorçage reçues par quelques fibres optiques, entre l'électronique de base de valve (VBE) et le nombre de thyristors d'une section de valve.

6.25

circuit de refroidissement de valve

disposition de tubes qui acheminent le fluide réfrigérant du potentiel à la terre à la disposition de valves, en le distribuant aux composants de valve et en le réacheminant vers son point d'origine

6.26

système de refroidissement de valve

ensemble des équipements nécessaires à l'évacuation de la chaleur interne des valves et à son rejet dans l'environnement, y compris le circuit de refroidissement de la valve auquel s'ajoutent les pompes ou les ventilateurs de circulation, les équipements de désionisation et de filtrage, les échangeurs de chaleur, les conduites d'interconnexion et le système de commande au potentiel à la terre

6.27

électrodes de répartition

électrodes de métal non corrosif insérées dans le circuit de refroidissement en des emplacements appropriés et reliées à des potentiels électriques appropriés de manière à contrôler le débit de courant de fuite circulant dans le milieu de refroidissement afin d'éviter toute décharge partielle due à un défaut d'adaptation de potentiel

6.28

module de thyristors

partie d'une valve constituée d'un assemblage mécanique de thyristors, avec leurs auxiliaires proches, mais sans inductance de valve

Note 1 à l'article: Les modules de thyristors peuvent être des éléments d'une valve, et/ou être interchangeables pour des besoins de maintenance.

6.29

module de valve

partie d'une valve constituée d'un assemblage mécanique de thyristors, avec leurs auxiliaires proches et une ou des inductances de valve

Note 1 à l'article: Le module de valve peut être interchangeable pour des besoins de maintenance.

6.30

module d'inductance

assemblage mécanique d'une ou de plusieurs inductances de valve utilisé dans la conception de certaines valves

Note 1 à l'article: Les modules d'inductance peuvent être des éléments dans la construction d'une valve.

[SOURCE: IEC 60633:2015, 6.7 modifié – La définition a été reformulée.]

6.31

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

6.32

structure de valve

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

6.33

étage de valve

couche physique d'un ensemble à valve unique ou à valves multiples comprenant un ou plusieurs modules de valves

6.34

dispositif antieffluves

surface conductrice du profil externe d'un ensemble à valve unique ou à valves multiples destinée à réduire le plus possible l'intensité de champ électrique de surface et à éviter l'effet de couronne

7 Fonctionnement des valves à thyristors

7.1

blocage d'une valve

opération évitant un allumage ultérieur d'une valve

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.17, modifié – L'adjectif "commandable" a été supprimé.]

7.2

déblocage d'une valve

opération permettant l'allumage d'une valve

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.18, modifié – L'adjectif "commandable" a été supprimé.]

7.3

état passant

état conducteur

situation d'une valve quand celle-ci présente une résistance faible

VOIR: Figure 4

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.9]

7.4

état bloqué

état non conducteur

situation d'une valve quand tous les thyristors sont mis hors service

7.5

état bloqué direct

état non conducteur d'une valve quand la tension directe est appliquée à ses bornes principales

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.11.1, modifié – L'adjectif "commandable" a été supprimé.)

7.6

état bloqué inverse

état non conducteur d'une valve quand la tension inverse est appliquée à ses bornes principales

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.11.2]

7.7

défaut d'allumage

impossibilité d'obtenir l'allumage d'une valve pendant toute la durée de l'intervalle de tension directe

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.30]

7.8

raté de commutation

impossibilité de commuter le courant direct d'un bras en période de conduction au bras suivant d'un convertisseur

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.31]

7.9

allumage intempestif

raté d'allumage

allumage d'une valve à un instant imprévu

8 Tensions, courants et autres paramètres des valves à thyristors

8.1

tension directe de valve

tension appliquée entre la borne d'anode et la borne de cathode d'une valve ou d'un bras quand la borne d'anode est positive par rapport à la borne de cathode

VOIR: Figure 4

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.7, modifié – L'expression "de valve" a été ajoutée au terme.]

8.2

courant direct de valve

courant qui circule dans une valve dans le sens direct

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.5, modifié – L'expression "de valve" a été ajoutée au terme.]

8.3

tension inverse de valve

tension appliquée entre la borne d'anode et la borne de cathode d'une valve ou d'un bras quand la borne d'anode est négative par rapport à la borne de cathode

VOIR: Figure 4

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.8, modifié – L'expression "de valve" a été ajoutée au terme.]

8.4

courant inverse de valve

courant qui circule dans une valve dans le sens inverse

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.6, modifié – L'expression "de valve" a été ajoutée au terme.]

8.5

état passant de valve

état conducteur

état d'une valve à thyristors quand tous les thyristors sont mis en service

8.6

tension à l'état passant de valve

chute de tension

tension directe à travers les bornes d'une valve pendant l'état passant

8.7

tension à l'état bloqué de valve

tension directe à travers les bornes d'une valve pendant l'état non conducteur

8.8

courant à l'état passant de valve

courant qui circule dans une valve pendant l'état passant

8.9

intervalle de conduction de valve

partie d'un cycle pendant laquelle une valve est à l'état conducteur

VOIR: Figure 4

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.25]

8.10

intervalle de blocage de valve

partie d'un cycle pendant laquelle une valve est à l'état non conducteur

VOIR: Figure 4

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.26, modifié – L'expression "de valve" a été ajoutée au terme, et le second terme préféré "intervalle de repos" a été supprimé.]

8.11

intervalle de blocage direct de valve

partie de l'intervalle de blocage pendant lequel une valve commandable est à l'état bloqué direct

VOIR: Figure 4

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.27, modifié – L'expression "de valve" a été ajoutée au terme.]

8.12

intervalle de blocage inverse de valve

partie de l'intervalle de blocage pendant lequel une valve est à l'état bloqué inverse

VOIR: Figure 4

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.28, modifié – L'expression "de valve" a été ajoutée au terme.]

8.13

intervalle de retenue de valve

temps séparant l'instant auquel s'annule le courant direct dans une valve commandable et l'instant auquel cette même valve est soumise à une tension directe

VOIR: Figure 3

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.24, modifié – L'expression "de valve" a été ajoutée, et la note à l'article supprimée.]

8.14

intervalle de retenue critique de valve

intervalle de retenue minimal pour lequel le fonctionnement en onduleur peut être maintenu

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.24.1 modifié – L'expression "de valve" a été ajoutée.]

8.15

valeur crête de la tension inverse de valve

valeur instantanée la plus élevée de la tension inverse qui apparaît aux bornes d'une valve bloquante en inverse ou d'un bras composé de dispositifs bloquants en inverse, abstraction faite de toutes les tensions transitoires répétitives ou non répétitives.

Note 1 à l'article: La tension répétitive est généralement fonction du circuit et augmente la perte de puissance du dispositif. Une tension transitoire non répétitive est généralement due à une cause externe, et son effet peut avoir totalement disparu avant l'apparition de la tension transitoire suivante.

[SOURCE: IEC 60050-551:1998, 551-16-56, modifié – Le terme et sa définition ont été reformulés, et la note à l'article ajoutée.]

8.16

tension inverse de pointe répétitive de valve

valeur instantanée la plus élevée de la tension inverse qui apparaît aux bornes d'une valve bloquante en inverse ou d'un bras composé de telles valves, incluant toutes les tensions transitoires répétitives mais excluant toutes les tensions transitoires non répétitives

[SOURCE: IEC 60050-551:1998, 551-16-57, modifié – L'expression "de valve" a été ajoutée au terme.]

8.17

tension inverse de pointe non répétitive de valve

valeur instantanée la plus élevée des tensions inverses transitoires non répétitives qui apparaissent aux bornes d'une valve bloquée en inverse ou d'un bras composé de telles valves

[SOURCE: IEC 60050-551:1998, 551-16-58, modifié – L'expression "de valve" a été ajoutée au terme.]

8.18**valeur crête de la tension de valve à l'état bloqué**

valeur instantanée la plus élevée de la tension à l'état bloqué qui apparaît aux bornes d'une valve commandable ou d'un bras composé d'éléments de valve commandables, abstraction faite de toutes les tensions transitoires répétitives et non répétitives

[SOURCE: IEC 60050-551:1998, 551-16-53, modifié – Le terme a été reformulé.]

8.19**tension de pointe répétitive à l'état bloqué de valve**

valeur instantanée la plus élevée de la tension à l'état bloqué qui apparaît aux bornes d'une valve commandable ou d'un bras composé de telles valves en incluant toutes les tensions transitoires répétitives mais en excluant toutes les tensions transitoires non répétitives

[SOURCE: IEC 60050-551:1998, 551-16-54, modifié – L'expression "dans le sens direct" a été remplacé par "de valve" dans le terme.]

8.20**tension de pointe non répétitive à l'état bloqué de valve**

valeur instantanée la plus élevée des tensions transitoires non répétitives à l'état bloqué qui apparaissent aux bornes d'une valve commandable ou d'un bras composé de telles valves

[SOURCE: IEC 60050-551:1998, 551-16-55, modifié – L'expression "dans le sens direct" a été remplacé par "de valve" dans le terme.]

9 Commande de valves à thyristors**9.1****allumage**

établissement du courant dans le sens direct dans une valve

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.12]

9.2**impulsion de commande de valve**

impulsion qui, pendant toute sa durée, autorise l'allumage de la valve

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.13]

9.3**impulsion d'allumage de valve**

impulsion qui déclenche l'allumage de la valve, normalement dérivée de l'impulsion de commande de valve

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.14]

9.4**angle de retard de l'ordre d'amorçage****angle de retard de l'ordre d'allumage**

α

temps, exprimé en unités d'angle électrique, entre le passage à zéro de la tension de commutation sinusoïdale idéalisée et l'instant du début de conduction du courant direct

VOIR: Figure 2

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.20]

9.5

angle d'avance de l'ordre d'amorçage

angle d'avance de l'ordre d'allumage

β

temps, exprimé en unités d'angle électrique, entre l'instant du début de conduction du courant continu et le passage à zéro de la tension de commutation sinusoïdale idéalisée

Note 1 à l'article: L'angle d'avance β est lié à l'angle de retard α par $\beta = \pi - \alpha$.

VOIR: Figure 2

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.21]

9.6

angle d'empiètement

μ

durée de la commutation entre deux bras de convertisseur, exprimée en mesure d'angle électrique

VOIR: Figures 2 et 3

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.22]

9.7

angle d'extinction

γ

temps, exprimé en unités d'angle électrique, entre la fin de conduction du courant et le passage à zéro de la tension de commutation sinusoïdale idéalisée

Note 1 à l'article: γ dépend de l'angle d'avance β et de l'angle d'empiètement μ et est déterminé par la relation $\gamma = \beta - \mu$ (voir figures 2 et 3).

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.23]

9.8

réglage de phase

action consistant à faire varier l'instant du cycle auquel commence la conduction du courant direct dans une valve commandable

[SOURCE: IEC 60633:2015, 7.19]

10 Protection de valves à thyristors

10.1

parafoudre de valve

parafoudre raccordé aux bornes de la valve

VOIR: Figure 1

[SOURCE: IEC 60633:2015, 6.14]

10.2

allumage de protection de la valve

protection des thyristors contre une tension directe excessive, la vitesse de variation de tension ou une tension directe appliquée pendant la durée de rétablissement inverse, par leur allumage par conduction

10.3**protection contre la surtension directe**

allumage de protection de la valve en réponse à une surtension directe

Note 1 à l'article: Certains thyristors comportent une fonction de protection intégrée contre la surtension directe au moyen d'un auto-allumage contrôlé.

10.4**protection électronique contre la surtension directe**

protection contre la surtension directe avec laquelle les impulsions de porte de protection sont produites par l'unité de commande de thyristor

10.5**protection par diode d'amorçage**

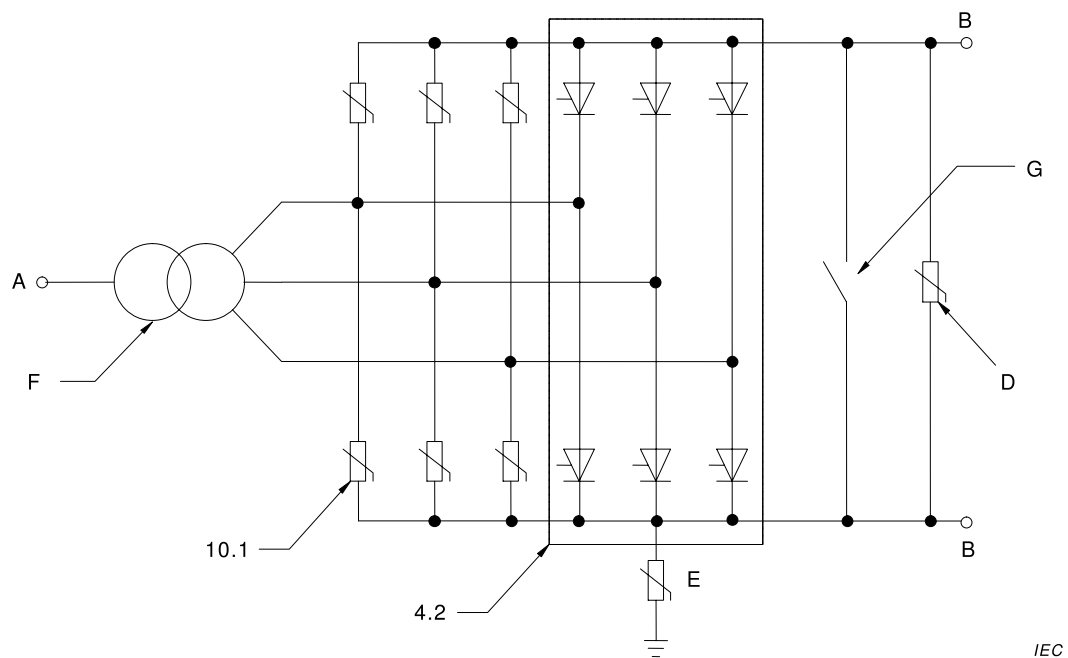
protection contre la surtension directe avec laquelle les impulsions de porte de protection sont générées par un ensemble physique de diodes d'amorçage indépendant de l'unité de commande de thyristor

10.6**protection du/dt**

allumage de protection de la valve en réponse à une vitesse excessive de croissance de la tension à l'état bloqué

10.7**protection directe durant la période de rétablissement**

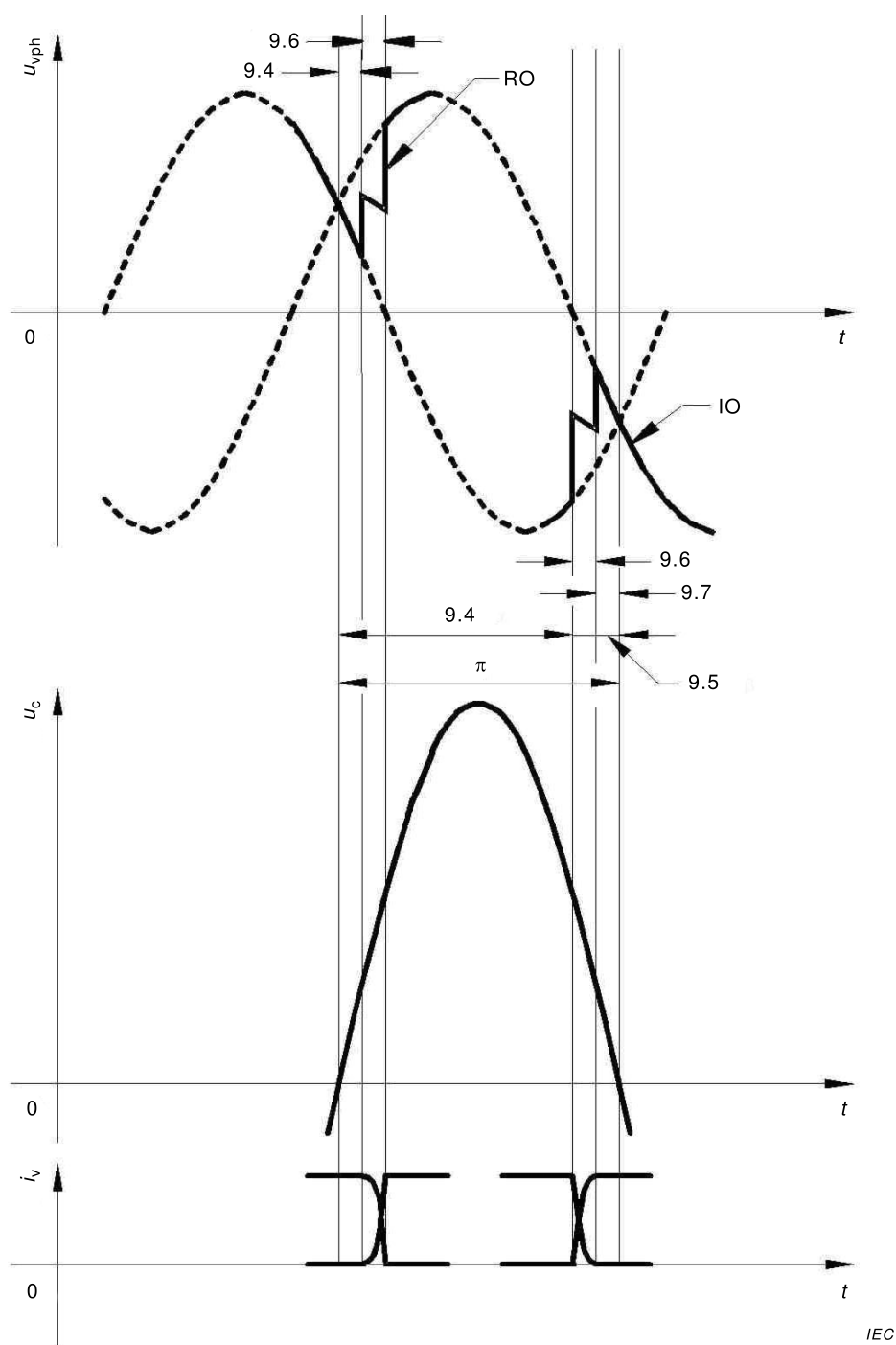
allumage de protection de la valve en réponse à la tension directe appliquée pendant la durée de rétablissement inverse



Légende

A	bornes en courant alternatif	D	parafoudre d'une unité de conversion
B	bornes en courant continu	E	parafoudre de barre à courant continu d'une unité de conversion
4.2	pont	F	transformateur convertisseur
10.1	parafoudre de valve	G	interrupteur de shuntage

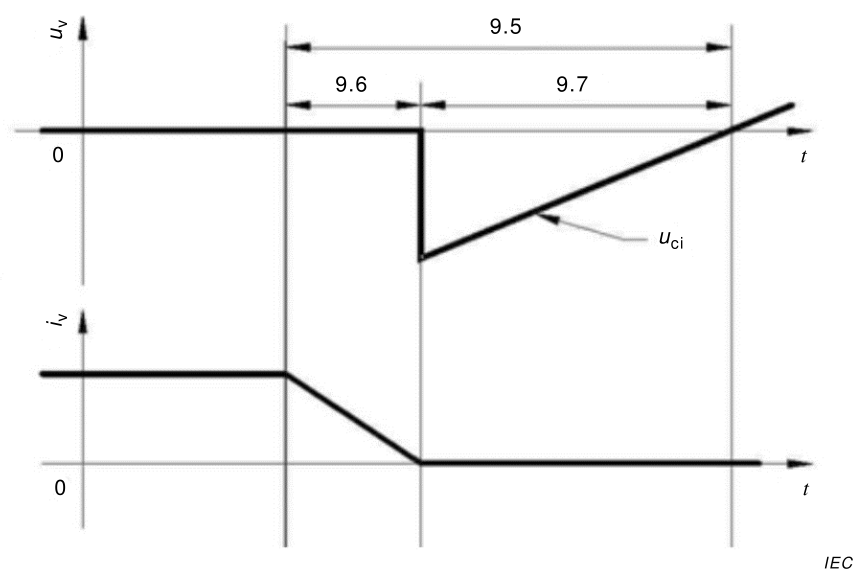
Figure 1 – Exemple d'une unité de conversion

**Légende**

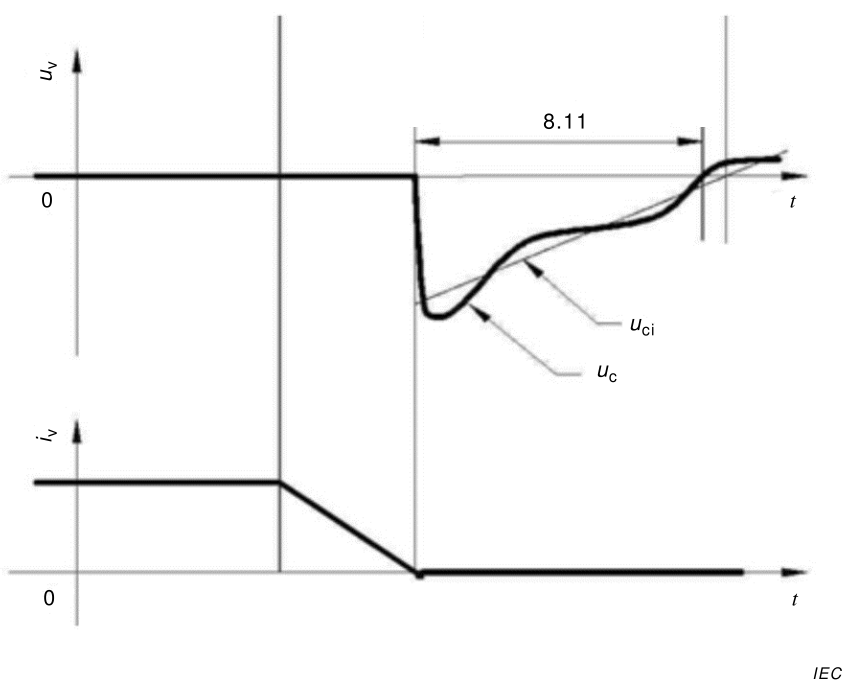
u_{vph} tension de phase
 u_c tension de commutation
 i_v courants dans les valves
 t temps
 RO fonctionnement en redresseur

IO fonctionnement en onduleur
 9.4 angle de retard α
 9.5 angle d'avance β
 9.6 angle d'empietement μ
 9.7 angle d'extinction γ

Figure 2 – Commutation pendant le fonctionnement en redresseur et en onduleur



a) Valve idéalisée



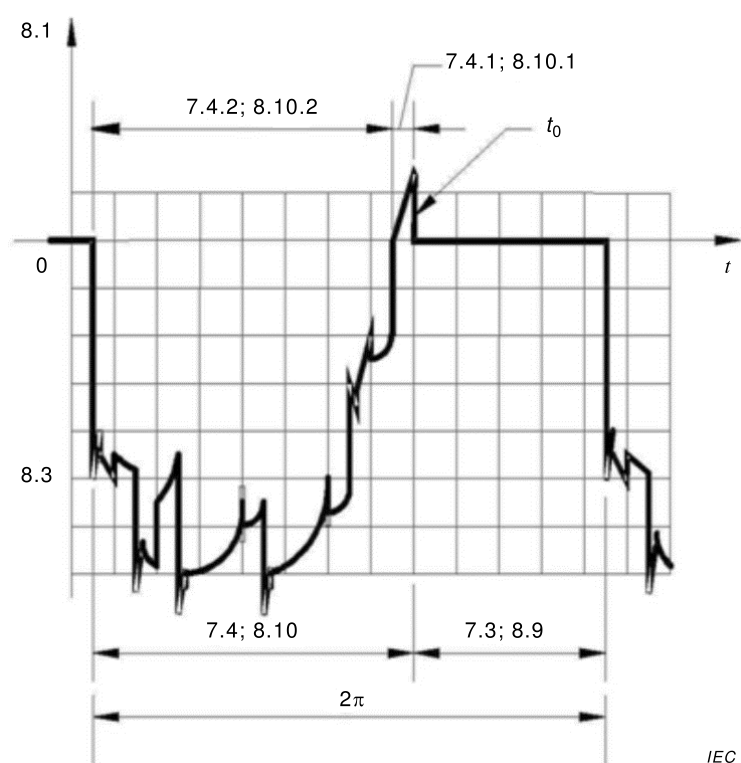
b) Valve réelle

Légende

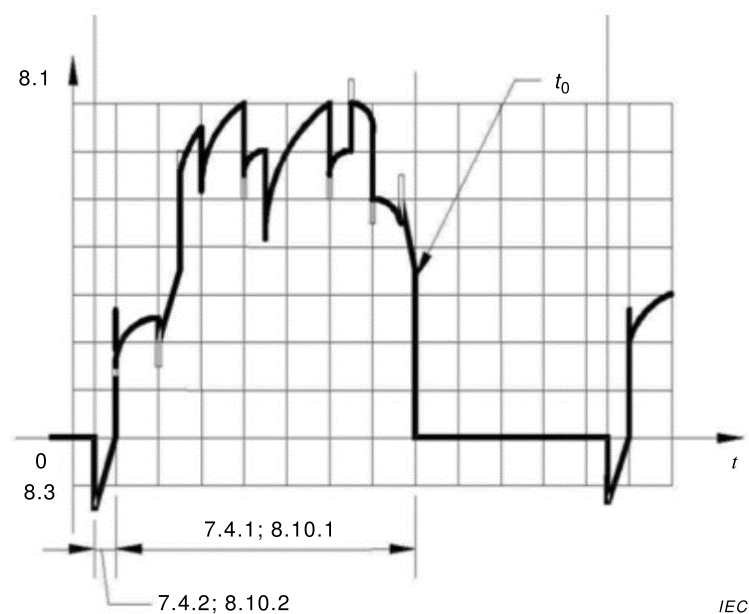
u_v tension de la valve qui s'éteint
 i_v courant de la valve qui s'éteint
 u_{ci} tension de commutation idéalisée
 u_c tension de commutation réelle
 t temps

9.5 angle d'avance β
 9.6 angle d'empiètement μ
 9.7 angle d'extinction γ
 8.11 Intervalle de retenue

Figure 3 – Représentations de la commutation pendant le fonctionnement en onduleur



a) Fonctionnement en redresseur



b) Fonctionnement en onduleur

Légende

t	temps	7.4.1	état de blocage direct
t_0	instant d'allumage	7.4.2	état de blocage inverse
8.1	tension directe	8.9	intervalle de conduction
8.3	tension inverse	8.10	intervalle de blocage
7.3	état conducteur	8.10.1	intervalle de blocage direct
7.4	état non-conducteur	8.10.2	intervalle de blocage inverse

Figure 4 – Courbes caractéristiques de la tension aux bornes d'une valve

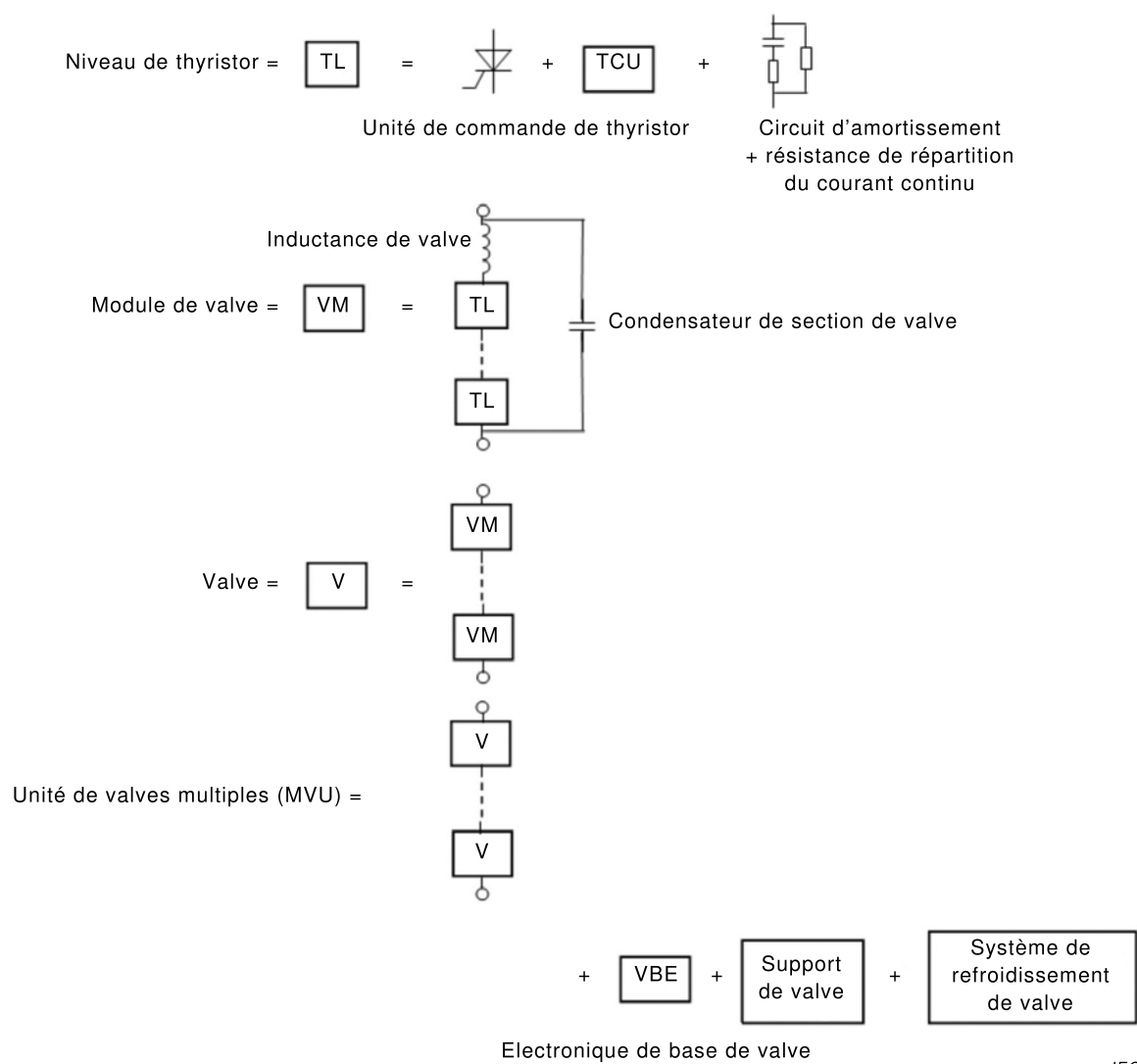


Figure 5 – Exemple de composition de valve à thyristors

Bibliographie

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

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

IEC 60747-6, *Dispositifs à semiconducteurs – Partie 6: Dispositifs discrets – Thyristors*

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch