

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**60633**

Deuxième édition  
Second edition  
1998-12

---

---

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

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



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 60633:1998

## Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

## Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

## Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI\*
- **Catalogue des publications de la CEI**  
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)\*
- **Bulletin de la CEI**  
Disponible à la fois au «site web» de la CEI\* et comme périodique imprimé

## Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

\* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

## Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

## Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

## Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site\***
- **Catalogue of IEC publications**  
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)\*
- **IEC Bulletin**  
Available both at the IEC web site\* and as a printed periodical

## Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

\* See web site address on title page.

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**60633**

Deuxième édition  
Second edition  
1998-12

---

---

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

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

© IEC 1998 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission  
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland  
e-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch) IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

**V**

Pour prix, voir catalogue en vigueur  
For price, see current catalogue

# SOMMAIRE

|                                                                           | Pages |
|---------------------------------------------------------------------------|-------|
| AVANT-PROPOS .....                                                        | 10    |
| Articles                                                                  |       |
| 1 Domaine d'application.....                                              | 12    |
| 2 Références normatives .....                                             | 12    |
| 3 Symboles et abréviations .....                                          | 12    |
| 3.1 Liste des symboles littéraux .....                                    | 12    |
| 3.2 Liste des indices.....                                                | 14    |
| 3.3 Liste des abréviations.....                                           | 14    |
| 4 Symboles graphiques.....                                                | 16    |
| 5 Termes généraux relatifs aux circuits de conversion .....               | 16    |
| 5.1 Conversion.....                                                       | 16    |
| 5.2 Schéma convertisseur .....                                            | 16    |
| 5.3 (Schéma convertisseur en) pont .....                                  | 16    |
| 5.4 Bras (de convertisseur) .....                                         | 16    |
| 5.5 Chemin de shuntage.....                                               | 18    |
| 5.6 Commutation.....                                                      | 18    |
| 5.7 Groupe commutant.....                                                 | 18    |
| 5.8 Inductance de commutation.....                                        | 18    |
| 5.9 Indice de pulsation $p$ .....                                         | 18    |
| 5.10 Indice de commutation $q$ .....                                      | 18    |
| 6 Unités de conversion et valves.....                                     | 20    |
| 6.1 Unité de conversion.....                                              | 20    |
| 6.2 Pont (de conversion) .....                                            | 20    |
| 6.3 Valve.....                                                            | 20    |
| 6.4 Valve principale.....                                                 | 20    |
| 6.5 Valve de shuntage.....                                                | 20    |
| 6.6 Module de thyristors .....                                            | 20    |
| 6.7 Module d'inductance.....                                              | 22    |
| 6.8 Section de valve .....                                                | 22    |
| 6.9 Niveau de thyristor (de valve) .....                                  | 22    |
| 6.10 Support de valve .....                                               | 22    |
| 6.11 Structure de valve .....                                             | 22    |
| 6.12 (Unité) (électronique d') interface de valve .....                   | 22    |
| 6.13 Electronique de valve .....                                          | 22    |
| 6.14 Parafoudre de valve .....                                            | 22    |
| 6.15 Parafoudre d'une unité de conversion.....                            | 22    |
| 6.16 Parafoudre de barre à courant continu d'une unité de conversion..... | 22    |
| 6.17 Parafoudre de barre à courant continu du milieu .....                | 24    |
| 6.18 Inductance de valve (d'anode) (de cathode).....                      | 24    |
| 6.19 Transformateur de convertisseur .....                                | 24    |
| 6.20 Interrupteur de shuntage .....                                       | 24    |

## CONTENTS

|                                                     | Page |
|-----------------------------------------------------|------|
| FOREWORD .....                                      | 11   |
| Clause                                              |      |
| 1 Scope .....                                       | 13   |
| 2 Normative references .....                        | 13   |
| 3 Symbols and abbreviations .....                   | 13   |
| 3.1 List of letter symbols .....                    | 13   |
| 3.2 List of subscripts .....                        | 15   |
| 3.3 List of abbreviations .....                     | 15   |
| 4 Graphical symbols .....                           | 17   |
| 5 General terms related to converter circuits ..... | 17   |
| 5.1 Conversion .....                                | 17   |
| 5.2 Converter connection .....                      | 17   |
| 5.3 Bridge (converter connection) .....             | 17   |
| 5.4 (Converter) arm .....                           | 17   |
| 5.5 By-pass path .....                              | 19   |
| 5.6 Commutation .....                               | 19   |
| 5.7 Commutating group .....                         | 19   |
| 5.8 Commutation inductance .....                    | 19   |
| 5.9 Pulse number $p$ .....                          | 19   |
| 5.10 Commutation number $q$ .....                   | 19   |
| 6 Converter units and valves .....                  | 21   |
| 6.1 Converter unit .....                            | 21   |
| 6.2 (Converter) bridge .....                        | 21   |
| 6.3 Valve .....                                     | 21   |
| 6.4 Main valve .....                                | 21   |
| 6.5 By-pass valve .....                             | 21   |
| 6.6 Thyristor module .....                          | 21   |
| 6.7 Reactor module .....                            | 23   |
| 6.8 Valve section .....                             | 23   |
| 6.9 (Valve) thyristor level .....                   | 23   |
| 6.10 Valve support .....                            | 23   |
| 6.11 Valve structure .....                          | 23   |
| 6.12 Valve interface (electronics) (unit) .....     | 23   |
| 6.13 Valve electronics .....                        | 23   |
| 6.14 Valve arrester .....                           | 23   |
| 6.15 Converter unit arrester .....                  | 23   |
| 6.16 Converter unit d.c. bus arrester .....         | 23   |
| 6.17 Midpoint d.c. bus arrester .....               | 25   |
| 6.18 Valve (anode) (cathode) reactor .....          | 25   |
| 6.19 Converter transformer .....                    | 25   |
| 6.20 By-pass switch .....                           | 25   |

| Articles                                                    | Pages |
|-------------------------------------------------------------|-------|
| 7 Conditions de fonctionnement du convertisseur .....       | 24    |
| 7.1 Fonctionnement en redresseur; redressement .....        | 24    |
| 7.2 Fonctionnement en onduleur; renvoi au réseau .....      | 24    |
| 7.3 Sens direct .....                                       | 24    |
| 7.4 Sens inverse .....                                      | 24    |
| 7.5 Courant direct .....                                    | 26    |
| 7.6 Courant inverse .....                                   | 26    |
| 7.7 Tension directe .....                                   | 26    |
| 7.8 Tension inverse .....                                   | 26    |
| 7.9 Etat conducteur .....                                   | 26    |
| 7.10 Chute de tension de valve .....                        | 26    |
| 7.11 Etat non conducteur; état bloqué .....                 | 26    |
| 7.12 Allumage .....                                         | 26    |
| 7.13 Impulsion de commande (de valve) .....                 | 26    |
| 7.14 Impulsion d'allumage (de valve) .....                  | 26    |
| 7.15 Blocage d'un convertisseur .....                       | 28    |
| 7.16 Déblocage d'un convertisseur .....                     | 28    |
| 7.17 Blocage d'une valve .....                              | 28    |
| 7.18 Déblocage d'une valve .....                            | 28    |
| 7.19 Réglage de phase .....                                 | 28    |
| 7.20 Angle de retard (de l'ordre d'amorçage) $\alpha$ ..... | 28    |
| 7.21 Angle d'avance (de l'ordre d'amorçage) $\beta$ .....   | 28    |
| 7.22 Angle d'empiètement $\mu$ .....                        | 28    |
| 7.23 Angle d'extinction $\gamma$ .....                      | 28    |
| 7.24 Intervalle de retenue .....                            | 28    |
| 7.25 Intervalle de conduction .....                         | 30    |
| 7.26 Intervalle de blocage; intervalle de repos .....       | 30    |
| 7.27 Intervalle de blocage direct .....                     | 30    |
| 7.28 Intervalle de blocage inverse .....                    | 30    |
| 7.29 Allumage intempestif .....                             | 30    |
| 7.30 Défaut d'allumage .....                                | 30    |
| 7.31 Raté de commutation .....                              | 30    |
| 7.32 Rapport de court-circuit (RCC) .....                   | 30    |
| 7.33 Rapport de court-circuit efficace (RCCE) .....         | 30    |
| 8 Systèmes et postes CCHT .....                             | 30    |
| 8.1 Système CCHT .....                                      | 30    |
| 8.2 Système de transport CCHT .....                         | 32    |
| 8.3 Système CCHT unidirectionnel .....                      | 32    |
| 8.4 Système CCHT réversible .....                           | 32    |
| 8.5 Pôle (de système) (CCHT) .....                          | 32    |
| 8.6 Bipôle (de système) (CCHT) .....                        | 32    |
| 8.7 Système (CCHT) bipolaire .....                          | 32    |
| 8.8 Système (CCHT) monopolaire .....                        | 34    |
| 8.9 Poste CCHT .....                                        | 34    |

| Clause                                         | Page |
|------------------------------------------------|------|
| 7 Converter operating conditions.....          | 25   |
| 7.1 Rectifier operation; rectification.....    | 25   |
| 7.2 Inverter operation; inversion.....         | 25   |
| 7.3 Forward direction.....                     | 25   |
| 7.4 Reverse direction.....                     | 25   |
| 7.5 Forward current.....                       | 27   |
| 7.6 Reverse current.....                       | 27   |
| 7.7 Forward voltage.....                       | 27   |
| 7.8 Reverse voltage.....                       | 27   |
| 7.9 Conducting state.....                      | 27   |
| 7.10 Valve voltage drop.....                   | 27   |
| 7.11 Non-conducting state; blocking state..... | 27   |
| 7.12 Firing.....                               | 27   |
| 7.13 (Valve) control pulse.....                | 27   |
| 7.14 (Valve) firing pulse.....                 | 27   |
| 7.15 Converter blocking.....                   | 29   |
| 7.16 Converter deblocking.....                 | 29   |
| 7.17 Valve blocking.....                       | 29   |
| 7.18 Valve deblocking.....                     | 29   |
| 7.19 Phase control.....                        | 29   |
| 7.20 (Trigger) delay angle $\alpha$ .....      | 29   |
| 7.21 (Trigger) advance angle $\beta$ .....     | 29   |
| 7.22 Overlap angle $\mu$ .....                 | 29   |
| 7.23 Extinction angle $\gamma$ .....           | 29   |
| 7.24 Hold-off interval.....                    | 29   |
| 7.25 Conduction interval.....                  | 31   |
| 7.26 Blocking interval; idle interval.....     | 31   |
| 7.27 Forward blocking interval.....            | 31   |
| 7.28 Reverse blocking interval.....            | 31   |
| 7.29 False firing.....                         | 31   |
| 7.30 Firing failure.....                       | 31   |
| 7.31 Commutation failure.....                  | 31   |
| 7.32 Short-circuit ratio (SCR).....            | 31   |
| 7.33 Effective short-circuit ratio (ESCR)..... | 31   |
| 8 HVDC systems and substations.....            | 31   |
| 8.1 HVDC system.....                           | 31   |
| 8.2 HVDC transmission system.....              | 33   |
| 8.3 Unidirectional HVDC system.....            | 33   |
| 8.4 Reversible HVDC system.....                | 33   |
| 8.5 (HVDC) (system) pole.....                  | 33   |
| 8.6 (HVDC) (system) bipole.....                | 33   |
| 8.7 Bipolar (HVDC) system.....                 | 33   |
| 8.8 Monopolar (HVDC) system.....               | 35   |
| 8.9 HVDC substation.....                       | 35   |

| Articles                                                                      | Pages |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 8.10 Bipôle de poste (CCHT).....                                              | 34    |
| 8.11 Pôle de poste (CCHT) .....                                               | 34    |
| 8.12 Ligne de transport CCHT .....                                            | 34    |
| 8.13 Pôle de ligne de transport CCHT .....                                    | 34    |
| 8.14 Electrode de terre.....                                                  | 34    |
| 8.15 Ligne de terre.....                                                      | 34    |
| 9 Equipements des postes CCHT.....                                            | 36    |
| 9.1 Filtre (côté courant) alternatif.....                                     | 36    |
| 9.2 Inductance (de lissage) côté courant continu .....                        | 36    |
| 9.3 Parafoudre d'inductance de lissage .....                                  | 36    |
| 9.4 Filtre (côté courant) continu.....                                        | 36    |
| 9.5 Circuit d'amortissement côté courant continu .....                        | 36    |
| 9.6 Condensateur d'étouffement côté courant continu.....                      | 36    |
| 9.7 Parafoudre de barre à courant continu.....                                | 36    |
| 9.8 Parafoudre de ligne à courant continu.....                                | 36    |
| 9.9 Terre du poste CCHT .....                                                 | 36    |
| 9.10 Condensateur de neutre (côté courant continu).....                       | 36    |
| 9.11 Parafoudre de neutre (côté courant continu).....                         | 38    |
| 9.12 Disjoncteur de transfert du retour métallique (DTRM).....                | 38    |
| 9.13 Disjoncteur de transfert du retour par la terre (DTRT) .....             | 38    |
| 10 Modes de réglage .....                                                     | 38    |
| 10.1 Mode de réglage .....                                                    | 38    |
| 10.2 Mode de réglage de la tension.....                                       | 38    |
| 10.3 Mode de réglage du courant.....                                          | 38    |
| 10.4 Mode de réglage de la puissance.....                                     | 38    |
| 10.5 Mode de réglage de la puissance réactive .....                           | 38    |
| 10.6 Mode de réglage de la fréquence.....                                     | 38    |
| 10.7 Mode de réglage de l'amortissement.....                                  | 38    |
| 11 Systèmes de commande.....                                                  | 40    |
| 11.1 Système de commande (CCHT) .....                                         | 40    |
| 11.2 Commande d'un système CCHT .....                                         | 40    |
| 11.3 Commande d'ensemble (de système CCHT).....                               | 40    |
| 11.4 Commande de bipôle de système CCHT.....                                  | 40    |
| 11.5 Commande de pôle de système CCHT .....                                   | 40    |
| 11.6 Commande de poste CCHT .....                                             | 40    |
| 11.7 Commande d'une unité de conversion .....                                 | 40    |
| 11.8 Commande de valve.....                                                   | 42    |
| 12 Fonctions de commande .....                                                | 42    |
| 12.1 Réglage avec angles de retard égaux; réglage à déphasage individuel..... | 42    |
| 12.2 Réglage avec allumage équidistant.....                                   | 44    |
| 12.3 Réglage d'angle $\alpha$ .....                                           | 44    |
| 12.4 Réglage d'angle $\alpha$ minimum .....                                   | 44    |
| 12.5 Réglage d'angle $\gamma$ .....                                           | 44    |
| 12.6 Réglage d'angle $\gamma$ minimum .....                                   | 44    |

| Clause                                                        | Page |
|---------------------------------------------------------------|------|
| 8.10 (HVDC) substation bipole.....                            | 35   |
| 8.11 (HVDC) substation pole .....                             | 35   |
| 8.12 HVDC transmission line .....                             | 35   |
| 8.13 HVDC transmission line pole.....                         | 35   |
| 8.14 Earth electrode .....                                    | 35   |
| 8.15 Earth electrode line.....                                | 35   |
| 9 HVDC substation equipment .....                             | 37   |
| 9.1 AC filter .....                                           | 37   |
| 9.2 DC (smoothing) reactor.....                               | 37   |
| 9.3 DC reactor arrester .....                                 | 37   |
| 9.4 DC filter .....                                           | 37   |
| 9.5 DC damping circuit .....                                  | 37   |
| 9.6 DC surge capacitor .....                                  | 37   |
| 9.7 DC bus arrester .....                                     | 37   |
| 9.8 DC line arrester .....                                    | 37   |
| 9.9 HVDC substation earth .....                               | 37   |
| 9.10 (DC) neutral bus capacitor .....                         | 37   |
| 9.11 (DC) neutral bus arrester .....                          | 39   |
| 9.12 Metallic return transfer breaker (MRTB) .....            | 39   |
| 9.13 Earth return transfer breaker (ERTB) .....               | 39   |
| 10 Modes of control .....                                     | 39   |
| 10.1 Control mode.....                                        | 39   |
| 10.2 Voltage control mode.....                                | 39   |
| 10.3 Current control mode.....                                | 39   |
| 10.4 Power control mode.....                                  | 39   |
| 10.5 Reactive power control mode.....                         | 39   |
| 10.6 Frequency control mode .....                             | 39   |
| 10.7 Damping control mode.....                                | 39   |
| 11 Control systems.....                                       | 41   |
| 11.1 (HVDC) Control system.....                               | 41   |
| 11.2 HVDC system control.....                                 | 41   |
| 11.3 (HVDC) master control.....                               | 41   |
| 11.4 (HVDC system) bipole control .....                       | 41   |
| 11.5 (HVDC system) pole control.....                          | 41   |
| 11.6 (HVDC) substation control .....                          | 41   |
| 11.7 Converter unit control .....                             | 41   |
| 11.8 Valve control .....                                      | 43   |
| 12 Control functions.....                                     | 43   |
| 12.1 Equal delay angle control; individual phase control..... | 43   |
| 12.2 Equidistant firing control .....                         | 45   |
| 12.3 $\alpha$ control .....                                   | 45   |
| 12.4 Minimum $\alpha$ control .....                           | 45   |
| 12.5 $\gamma$ control.....                                    | 45   |
| 12.6 Minimum $\gamma$ control.....                            | 45   |

| Articles                                                                                                     | Pages |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 12.7 Consigne de réglage .....                                                                               | 44    |
| 12.8 Marge de courant .....                                                                                  | 44    |
| 12.9 Limitation de la consigne de courant dépendant de la tension (LCCDT).....                               | 44    |
| 12.10 Equilibrage des (courants de) pôles.....                                                               | 44    |
| Figures.....                                                                                                 | 46    |
| 1 Symboles graphiques .....                                                                                  | 46    |
| 2 Schéma convertisseur en pont .....                                                                         | 46    |
| 3 Exemple d'une unité de conversion .....                                                                    | 48    |
| 4 Commutation pendant le fonctionnement en redresseur et en onduleur .....                                   | 50    |
| 5 Illustrations de la commutation pendant le fonctionnement en onduleur .....                                | 52    |
| 6 Courbes caractéristiques de tension aux bornes d'une valve .....                                           | 54    |
| 7 Exemple d'un poste à CCHT .....                                                                            | 56    |
| 8 Exemple d'un système de transport CCHT à deux extrémités.....                                              | 58    |
| 9 Exemple d'un système de transport CCHT à extrémités multiples avec les postes connectés en parallèle ..... | 58    |
| 10 Exemple d'un système de transport CCHT à extrémités multiples avec les postes connectés en série .....    | 60    |
| 11 Caractéristique courant-tension simplifiée en régime permanent d'un système CCHT à deux extrémités .....  | 60    |
| 12 Structure hiérarchique d'un système de commande CCHT .....                                                | 62    |
| Bibliographie .....                                                                                          | 64    |

| Clause                                                                                                       | Page |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 12.7 Control order .....                                                                                     | 45   |
| 12.8 Current margin .....                                                                                    | 45   |
| 12.9 Voltage dependent current order limit (VDCOL) .....                                                     | 45   |
| 12.10 Pole (current) balancing .....                                                                         | 45   |
| Figures .....                                                                                                | 47   |
| 1 Graphical symbols .....                                                                                    | 47   |
| 2 Bridge converter connection .....                                                                          | 47   |
| 3 Example of a converter unit .....                                                                          | 49   |
| 4 Commutation process at rectifier and inverter modes of operation .....                                     | 51   |
| 5 Illustrations of commutation in inverter operation .....                                                   | 53   |
| 6 Typical valve voltage waveforms .....                                                                      | 55   |
| 7 Example of an HVDC substation .....                                                                        | 57   |
| 8 Example of a bipolar two-terminal HVDC transmission system .....                                           | 59   |
| 9 Example of a multiterminal bipolar HVDC transmission system with parallel connected HVDC substations ..... | 59   |
| 10 Example of a multiterminal bipolar HVDC transmission system with series connected HVDC substations .....  | 61   |
| 11 A simplified steady-state voltage-current characteristic of an HVDC system .....                          | 61   |
| 12 Hierarchical structure of an HVDC control system .....                                                    | 63   |
| Bibliography .....                                                                                           | 65   |

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## TERMINOLOGIE POUR LE TRANSPORT D'ÉNERGIE EN COURANT CONTINU À HAUTE TENSION (CCHT)

### AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques, représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60633 a été établie par le sous-comité 22F: Electronique de puissance pour les réseaux électriques de transport et de distribution, du comité d'études 22 de la CEI: Electronique de puissance.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1978. Cette édition constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

|             |                 |
|-------------|-----------------|
| FDIS        | Rapport de vote |
| 22F/49/FDIS | 22F/53/RVD      |

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

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**TERMINOLOGY FOR HIGH-VOLTAGE DIRECT CURRENT (HVDC)  
TRANSMISSION****FOREWORD**

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60633 has been prepared by subcommittee 22F: Power electronics for electrical transmission and distribution systems, of IEC technical committee 22: Power electronics.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1978. This edition constitutes a technical revision.

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

| FDIS        | Report on voting |
|-------------|------------------|
| 22F/49/FDIS | 22F/53/RVD       |

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

# TERMINOLOGIE POUR LE TRANSPORT D'ÉNERGIE EN COURANT CONTINU À HAUTE TENSION (CCHT)

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale définit les termes relatifs aux systèmes de transport de puissance en courant continu à haute tension (CCHT), et aux postes CCHT utilisant des convertisseurs électroniques de puissance pour la conversion du courant alternatif en courant continu ou vice versa.

Cette norme est applicable aux postes CCHT avec des convertisseurs commutés par le réseau, basés le plus souvent sur le schéma en pont triphasé (deux voies) (voir figure 2) dans lequel des valves électroniques unidirectionnelles, comme les valves à semiconducteurs, sont utilisées.

## 2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de sa publication, les éditions indiquées étaient en vigueur et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60027 (toutes les parties), *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*

CEI 60050-551:1998, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 551: Electronique de puissance*

CEI 60146-1-1:1991, *Spécifications communes et convertisseurs commutés par le réseau – Partie 1-1: Spécifications des clauses techniques de base*

CEI 60617-5:1996, *Symboles graphiques pour schémas – Partie 5: Semiconducteurs et tubes électroniques*

CEI 60617-6:1996, *Symboles graphiques pour schémas – Partie 6: Production, transformation et conversion de l'énergie électrique*

## 3 Symboles et abréviations

Cette liste ne comporte que les symboles les plus fréquemment utilisés. Des listes plus complètes des symboles adoptés pour les convertisseurs statiques se trouvent dans la CEI 60027 et les autres normes indiquées dans les références normatives et la bibliographie.

### 3.1 Liste des symboles littéraux

|           |                                             |
|-----------|---------------------------------------------|
| $U_d$     | tension continue (toute valeur définie)     |
| $U_{d0}$  | tension continue à vide conventionnelle     |
| $U_{di0}$ | tension continue fictive à vide (ou idéale) |
| $U_{dN}$  | tension continue nominale                   |

## TERMINOLOGY FOR HIGH-VOLTAGE DIRECT CURRENT (HVDC) TRANSMISSION

### 1 Scope

This International Standard defines terms for high-voltage direct current (HVDC) power transmission systems and for HVDC substations using electronic power converters for the conversion from a.c. to d.c. or vice versa.

This standard is applicable to HVDC substations with line commutated converters, most commonly based on three-phase bridge (double way) connections (see figure 2) in which unidirectional electronic valves, e.g. semiconductor valves, are used.

### 2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

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

IEC 60050-551:1998, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 551: Power electronics*

IEC 60146-1-1:1991, *General requirements and line commutated convertors – Part 1-1: Specifications of basic requirements*

IEC 60617-5:1996, *Graphical symbols for diagrams – Part 5: Semiconductors and electron tubes*

IEC 60617-6:1996, *Graphical symbols for diagrams – Part 6: Production and conversion of electrical energy*

### 3 Symbols and abbreviations

The list covers only the most frequently used symbols. For a more complete list of the symbols which have been adopted for static converters see IEC 60027 and other standards listed in the normative references and the bibliography.

#### 3.1 List of letter symbols

|           |                                     |
|-----------|-------------------------------------|
| $U_d$     | direct voltage (any defined value)  |
| $U_{d0}$  | conventional no-load direct voltage |
| $U_{di0}$ | ideal no-load direct voltage        |
| $U_{dN}$  | rated direct voltage                |

|          |                                                                                                                    |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $U_L$    | tension entre phases côté réseau du transformateur de convertisseur, valeur efficace tenant compte des harmoniques |
| $U_{LN}$ | valeur nominale de $U_L$                                                                                           |
| $U_{v0}$ | tension à vide entre phases, côté valve du transformateur, valeur efficace à l'exclusion des harmoniques           |
| $I_d$    | courant continu (toute valeur définie)                                                                             |
| $I_{dN}$ | courant continu nominal                                                                                            |
| $I_L$    | courant côté réseau du transformateur de convertisseur, valeur efficace tenant compte des harmoniques              |
| $I_{LN}$ | valeur nominale de $I_L$                                                                                           |
| $I_v$    | courant côté valve du transformateur, valeur efficace tenant compte des harmoniques                                |
| $\alpha$ | angle de retard (de l'ordre d'amorçage)                                                                            |
| $\beta$  | angle d'avance (de l'ordre d'amorçage)                                                                             |
| $\gamma$ | angle d'extinction                                                                                                 |
| $\mu$    | angle d'empiétement                                                                                                |
| $p$      | indice de pulsation                                                                                                |
| $q$      | indice de commutation                                                                                              |

### 3.2 Liste des indices

|          |                                                |
|----------|------------------------------------------------|
| 0 (zéro) | à vide                                         |
| N        | valeur nominale ou à la charge nominale        |
| d        | courant ou tension continu                     |
| i        | idéal                                          |
| L        | côté réseau du transformateur de convertisseur |
| v        | côté valve du transformateur de convertisseur  |
| max      | maximal                                        |
| min      | minimal                                        |
| $n$      | relatif à la composante harmonique de rang $n$ |

### 3.3 Liste des abréviations

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

|       |                                                                          |
|-------|--------------------------------------------------------------------------|
| CCHT  | courant continu à haute tension                                          |
| ..... | (ensemble à) valves multiples (voir 6.3.2)                               |
| RCC   | rapport de court-circuit (voir 7.32)                                     |
| RCCE  | rapport de court-circuit efficace (voir 7.33)                            |
| CCMT  | système de transport CCHT multiterminal (voir 8.2.2)                     |
| DTRM  | disjoncteur de transfert du retour métallique (voir 9.12)                |
| DTRT  | disjoncteur de transfert du retour par la terre (voir 9.13)              |
| LCDDT | limitation de la consigne de courant dépendant de la tension (voir 12.9) |

|          |                                                                                                   |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $U_L$    | line-to-line voltage on line side of converter transformer, r.m.s. value including harmonics      |
| $U_{LN}$ | rated value of $U_L$                                                                              |
| $U_{v0}$ | no-load phase-to-phase voltage on the valve side of transformer, r.m.s. value excluding harmonics |
| $I_d$    | direct current (any defined value)                                                                |
| $I_{dN}$ | rated direct current                                                                              |
| $I_L$    | current on line side of converter transformer, r.m.s. value including harmonics                   |
| $I_{LN}$ | rated value of $I_L$                                                                              |
| $I_v$    | current on valve side of transformer, r.m.s. value including harmonics                            |
| $\alpha$ | (trigger) delay angle                                                                             |
| $\beta$  | (trigger) advance angle                                                                           |
| $\gamma$ | extinction angle                                                                                  |
| $\mu$    | overlap angle                                                                                     |
| $p$      | pulse number                                                                                      |
| $q$      | commutation number                                                                                |

### 3.2 List of subscripts

|          |                                               |
|----------|-----------------------------------------------|
| 0 (zero) | at no load                                    |
| N        | rated value or at rated load                  |
| d        | direct current or voltage                     |
| i        | ideal                                         |
| L        | line side of converter transformer            |
| v        | valve side of converter transformer           |
| max      | maximum                                       |
| min      | minimum                                       |
| $n$      | pertaining to harmonic component of order $n$ |

### 3.3 List of abbreviations

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

|       |                                                    |
|-------|----------------------------------------------------|
| HVDC  | high-voltage direct current                        |
| MVU   | multiple valve (unit) (see 6.3.2)                  |
| SCR   | short-circuit ratio (see 7.32)                     |
| ESCR  | effective short-circuit ratio (see 7.33)           |
| MTDC  | multiterminal HVDC transmission system (see 8.2.2) |
| MRTB  | metallic return transfer breaker (see 9.12)        |
| ERTB  | earth return transfer breaker (see 9.13)           |
| VDCOL | voltage dependent current order limit (see 12.9)   |

## 4 Symboles graphiques

La figure 1 représente les symboles graphiques spéciaux qui sont donnés uniquement pour les besoins de la présente norme. Des listes plus complètes des symboles graphiques adoptés pour les convertisseurs statiques se trouvent dans la CEI 60617-5 et la CEI 60617-6.

## 5 Termes généraux relatifs aux circuits de conversion

Pour les besoins de la présente norme, les termes et définitions suivants s'appliquent.

NOTE – Des listes plus complètes des termes adoptés pour les convertisseurs statiques se trouvent dans la CEI 60050(551) et la CEI 60146-1-1.

### 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

#### **schéma convertisseur**

montage électrique de bras et d'autres composants nécessaires pour assurer la fonction du circuit principal de puissance d'un convertisseur

### 5.3

#### **(schéma convertisseur en) pont**

schéma double alternance comprenant six bras de convertisseur qui sont connectés suivant la figure 2

NOTE – Le terme «pont» peut être utilisé pour désigner soit le schéma du circuit, soit l'équipement utilisé pour réaliser ce circuit (voir 6.2).

#### 5.3.1

##### **pont homogène**

pont dont tous les bras de convertisseur sont commandables ou non commandables

#### 5.3.2

##### **pont mixte**

pont comprenant des bras de convertisseur commandables et non commandables

### 5.4

#### **bras (de convertisseur)**

partie d'un ensemble opérationnel utilisé pour la conversion, qui est raccordée entre une borne de courant alternatif et une borne de courant continu, n'ayant la possibilité de conduire le courant que dans un seul sens, défini comme le sens direct (voir 7.3)

NOTE – La principale fonction d'un bras de convertisseur est la conversion; il peut aussi remplir des fonctions supplémentaires comme la limitation de tension, l'amortissement, etc.

#### 5.4.1

##### **bras de convertisseur commandable**

bras de convertisseur dans lequel le début de la conduction dans le sens direct peut être déterminé par un signal appliqué extérieurement

#### 5.4.2

##### **bras de convertisseur non commandable**

bras de convertisseur dans lequel le début de la conduction dans le sens direct est déterminé uniquement par la tension appliquée à ses bornes

## 4 Graphical symbols

Figure 1 shows the specific graphical symbols which are defined only for the purposes of this standard. For a more complete list of the graphical symbols which have been adopted for static converters, see IEC 60617-5 and IEC 60617-6.

## 5 General terms related to converter circuits

For the purposes of this standard, the following terms and definitions apply.

NOTE – For a more complete list of the terms which have been adopted for static converters, see IEC 60050(551) and IEC 60146-1-1.

### 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 connection**

electrical arrangement of arms and other components necessary for the functioning of the main power circuit of a converter

### 5.3

#### **bridge (converter connection)**

double-way connection comprising six converter arms which are connected as illustrated in figure 2

NOTE – The term “bridge” may be used to describe either the circuit connection or the equipment implementing that circuit (see 6.2).

#### 5.3.1

##### **uniform bridge**

bridge where all converter arms are either controllable or non-controllable

#### 5.3.2

##### **non-uniform bridge**

bridge with both controllable and non-controllable converter arms

### 5.4

#### **(converter) arm**

part of an operative circuit used for conversion which is connected between an a.c. terminal and a d.c. terminal, with the ability to conduct current in only one direction, defined as the forward direction (see 7.3)

NOTE – The main function of a converter arm is conversion; it may also perform additional functions such as voltage limiting, damping, etc.

#### 5.4.1

##### **controllable converter arm**

converter arm in which the start of forward conduction may be determined by an externally applied signal

#### 5.4.2

##### **non-controllable converter arm**

converter arm in which the start of forward conduction is determined solely by the voltage applied to its terminals

## 5.5

### **chemin de shuntage**

chemin de faible résistance entre les bornes de courant continu d'un ou de plusieurs ponts, excluant le circuit à courant alternatif

NOTE – Le chemin de shuntage peut constituer soit un chemin unidirectionnel, par exemple un bras de shuntage (voir 5.5.1) ou une paire de shuntage (voir 5.5.2), soit un chemin bidirectionnel, par exemple un interrupteur de shuntage (voir 6.20).

### 5.5.1

#### **bras de shuntage**

chemin de shuntage unidirectionnel raccordé seulement entre les bornes de courant continu, habituellement utilisé en technologie des valves à arc au mercure (non représenté à la figure 2)

### 5.5.2

#### **paire de shuntage**

deux bras du convertisseur d'un pont connectés à une borne commune de courant alternatif et formant un chemin de shuntage (voir figure 2)

## 5.6

### **commutation**

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

NOTE – La commutation peut se produire entre deux bras quelconques du convertisseur, incluant les phases du réseau à courant alternatif, entre un bras du convertisseur et un bras de shuntage ou entre deux chemins quelconques du circuit.

### 5.6.1

#### **commutation par le réseau**

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

## 5.7

### **groupe commutant**

groupe de bras qui commutent cycliquement et indépendamment des autres bras de convertisseur; les commutations ne sont normalement pas simultanées (voir figure 2)

NOTE – Dans le cas d'un pont, un groupe commutant se compose des bras raccordés à une borne commune de courant continu. Dans certains cas, par exemple impliquant des courants élevés et/ou des inductances de commutation de forte valeur, les commutations à l'intérieur de deux groupes commutants appartenant à un même pont ne sont pas nécessairement indépendantes.

## 5.8

### **inductance de commutation**

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

## 5.9

### **indice de pulsation $p$**

caractéristique d'un schéma de convertisseur, exprimée par le nombre de commutations symétriques non simultanées qui se produisent au cours d'une période de la tension alternative du réseau

NOTE – L'indice de pulsation du schéma convertisseur en pont de 5.3 est toujours  $p = 6$ .

## 5.10

### **indice de commutation $q$**

nombre de commutations au cours d'une période de la tension alternative dans chaque groupe commutant

NOTE – Dans le schéma convertisseur en pont, chaque groupe commutant à un indice de commutation  $q = 3$ .

## 5.5

### **by-pass path**

low resistance path between the d.c. terminals of one or several bridges excluding the a.c. circuit

NOTE – The by-pass path may either constitute a unidirectional path, e.g. a by-pass arm (see 5.5.1), or a by-pass pair (see 5.5.2), or it may constitute a bidirectional path, e.g. a by-pass switch (see 6.20).

### 5.5.1

#### **by-pass arm**

unidirectionally conducting by-pass path connected only between d.c. terminals, commonly used with mercury arc valve technology (not shown in figure 2)

### 5.5.2

#### **by-pass pair**

two converter arms of a bridge connected to a common a.c. terminal and forming a by-pass path (see figure 2)

## 5.6

### **commutation**

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

NOTE – Commutation may occur between any two converter arms, including the connected a.c. phases, between a converter arm and a by-pass arm, or between any two paths in the circuit.

### 5.6.1

#### **line commutation**

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

## 5.7

### **commutating group**

group of converter arms which commute cyclically and independently from other converter arms, i.e. the commutations are normally not simultaneous (see figure 2)

NOTE – In the case of a bridge, a commutating group is composed of the converter arms connected to a common d.c. terminal. In certain cases, e.g. when large currents and/or large commutation inductances are involved, the commutation in the two commutating groups belonging to the same bridge need not be independent.

## 5.8

### **commutation inductance**

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

## 5.9

### **pulse number $p$**

characteristic of a converter connection expressed as the number of non-simultaneous symmetrical commutations occurring during one cycle of the a.c. line voltage

NOTE – The pulse number of a bridge converter connection defined in 5.3 is always  $p = 6$ .

## 5.10

### **commutation number $q$**

number of commutations during one cycle of the a.c. line voltage occurring in each commutating group

NOTE – In a bridge converter connection, each commutating group has a commutation number  $q = 3$ .

## 6 Unités de conversion et valves

### 6.1

#### **unité de conversion**

ensemble opérationnel comprenant 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 3)

NOTE – Si une unité de conversion comprend deux convertisseurs en pont avec un décalage des phases de  $30^\circ$ , l'unité de conversion forme une unité dodécaphasée (voir figure 7). Le terme «groupe à 12 impulsions» est aussi utilisé.

### 6.2

#### **pont (de conversion)**

équipement utilisé pour réaliser le schéma convertisseur en pont et le bras de shuntage s'il existe

NOTE – Le terme «pont» peut être utilisé pour décrire aussi bien le schéma du circuit que l'équipement réalisant ce circuit (voir 5.3).

#### 6.2.1

##### **groupe commutant de valves d'anode (de cathode)**

équipement utilisé pour réaliser les bras de convertisseur d'un groupe commutant d'un pont, interconnectés par leurs bornes d'anode (de cathode)

### 6.3

#### **valve**

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

NOTE – Un exemple d'un ensemble d'éléments de valve non commandable est une valve à diode semiconductrice. Un exemple d'un ensemble d'éléments de valve commandable est une valve à thyristors.

#### 6.3.1

##### **(ensemble à) valve unique**

structure comportant une seule valve

#### 6.3.2

##### **(ensemble à) valves multiples**

structure unique comportant plus d'une valve

NOTE – Des exemples de valves multiples sont les bivalves, les quadrivalves et les octovalves comportant respectivement deux, quatre et huit valves connectées en série.

### 6.4

#### **valve principale**

valve d'un bras de convertisseur

### 6.5

#### **valve de shuntage**

valve d'un bras de shuntage

### 6.6

#### **module de thyristors**

partie d'une valve constituée d'un assemblage mécanique de thyristors, avec leurs auxiliaires proches et des inductances lorsqu'elles sont utilisées

NOTE 1 – Les modules de thyristors peuvent être des éléments dans la construction d'une valve, et/ou être interchangeables pour des besoins de maintenance.

NOTE 2 – Le terme «module de valve» a été improprement utilisé avec un sens équivalent.

## 6 Converter units and valves

### 6.1

#### **converter unit**

operative unit comprising 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 3)

NOTE – If a converter unit comprises two converter bridges with a phase displacement of  $30^\circ$ , then the converter unit forms a 12-pulse unit (see figure 7). The term “12-pulse group” is also used.

### 6.2

#### **(converter) bridge**

equipment used to implement the bridge converter connection and the by-pass arm, if used

NOTE – The term “bridge” may be used to describe either the circuit connection or the equipment implementing that circuit (see 5.3).

#### 6.2.1

##### **anode (cathode) valve commutating group**

equipment used to implement the converter arms of one commutating group of a bridge with interconnected anode (cathode) terminals

### 6.3

#### **valve**

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

NOTE – An example of a non-controllable valve device assembly is a semiconductor diode valve. An example of a controllable valve device assembly is a thyristor valve.

#### 6.3.1

##### **single valve (unit)**

single structure comprising only one valve

#### 6.3.2

##### **multiple valve (unit) (MVU)**

single structure comprising more than one valve

NOTE – Examples of multiple valve units are double valves, quadrivalves and octovalves with two, four and eight series-connected valves respectively.

### 6.4

#### **main valve**

valve in a converter arm

### 6.5

#### **by-pass valve**

valve in a by-pass arm

### 6.6

#### **thyristor module**

part of a valve comprised of a mechanical assembly of thyristors with their immediate auxiliaries, and reactors, if used

NOTE 1 – Thyristor modules may be elements in the construction of a valve, and/or be interchangeable for maintenance purposes.

NOTE 2 – The deprecated term “valve module” has been used with an equivalent meaning.

## 6.7

### **module d'inductance**

partie d'une valve constituée d'un assemblage mécanique d'une ou de plusieurs inductances, utilisée dans la conception de certaines valves

NOTE – Les modules d'inductance peuvent être des éléments dans la construction d'une valve.

## 6.8

### **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 – Le terme est principalement utilisé pour désigner un objet d'essai pour les besoins d'essai de valve.

## 6.9

### **niveau de thyristor (de valve)**

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

## 6.10

### **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 comprenant les sections de valve

## 6.11

### **structure de valve**

structure physique, tenant les niveaux de thyristors d'une valve, laquelle est isolée au niveau de tension approprié au dessus du potentiel de la terre

## 6.12

### **(unité) (électronique d') interface de valve**

unité électronique qui constitue une interface entre les équipements de commande, au potentiel de la terre, et l'électronique de valves ou les éléments de valves

NOTE 1 – Les unités électroniques d'interface de valve(s), si elles sont utilisées, sont situées typiquement au potentiel de la terre près de la (des) valve(s).

NOTE 2 – Le terme «électronique de base de valve» a également été utilisé pour cette unité.

## 6.13

### **électronique de valve**

circuits électroniques au(x) potentiel(s) de la (des) valve(s) qui remplissent des fonctions de commande

## 6.14

### **parafoudre de valve**

parafoudre raccordé aux bornes de la valve (voir figure 3)

## 6.15

### **parafoudre d'une unité de conversion**

parafoudre raccordé aux bornes à courant continu d'une unité de conversion (voir figure 3)

## 6.16

### **parafoudre de barre à courant continu d'une unité de conversion**

parafoudre raccordé entre la borne à haute tension à courant continu d'une unité de conversion et la terre du poste (voir figures 3 et 7)

**6.7****reactor module**

part of a valve, being a mechanical assembly of one or more reactors, used in some valve designs

NOTE – Reactor modules may be elements in the construction of a valve.

**6.8****valve section**

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

NOTE – This term is mainly used to define a test object for valve testing purposes.

**6.9****(valve) thyristor level**

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

**6.10****valve support**

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

**6.11****valve structure**

physical structure holding the thyristor levels of a valve which is insulated to the appropriate voltage above earth potential

**6.12****valve interface (electronics) (unit)**

electronic unit which provides an interface between the control equipment, at earth potential, and the valve electronics or valve devices

NOTE 1 – Valve interface electronics units, if used, are typically located at earth potential close to the valve(s).

NOTE 2 – The term “valve base electronics” (VBE) has also been used for this unit.

**6.13****valve electronics**

electronic circuits at valve potential(s) which perform control functions

**6.14****valve arrester**

arrester connected across a valve (see figure 3)

**6.15****converter unit arrester**

arrester connected across the d.c. terminals of a converter unit (see figure 3)

**6.16****converter unit d.c. bus arrester**

arrester connected from the high-voltage d.c. bus of the converter unit to substation earth (see figures 3 and 7)

### 6.17

#### **parafoudre de barre à courant continu du milieu**

parafoudre raccordé entre le milieu des deux ponts hexaphasés d'une unité de conversion dodécaphasée et la terre du poste (voir figure 7)

NOTE – Dans certaines conceptions de poste CCHT, deux unités de conversion dodécaphasées sont raccordées en séries. Dans un tel cas, le parafoudre de barre de courant continu du milieu à l'unité de conversion dodécaphasée supérieure n'est pas raccordé à la terre de poste, mais à la borne à haute tension de courant continu de l'unité de conversion dodécaphasée inférieure.

### 6.18

#### **inductance de valve (d'anode) (de cathode)**

inductance connectée en série avec la valve, habituellement utilisée en technologie des valves à arc au mercure

### 6.19

#### **transformateur de convertisseur**

transformateur à travers lequel la puissance est transmise d'un réseau à courant alternatif à un ou à plusieurs ponts de conversion ou vice versa (voir figure 3)

#### 6.19.1

##### **enroulements côté réseau**

enroulements du transformateur de convertisseur connectés au réseau à courant alternatif

#### 6.19.2

##### **enroulements côté valve**

enroulements du transformateur de convertisseur connectés aux bornes à courant alternatif d'un ou de plusieurs ponts de conversion

### 6.20

#### **interrupteur de shuntage**

dispositif mécanique interrupteur de puissance raccordé aux bornes à courant continu d'un ou de plusieurs ponts de conversion pour shunter le ou les ponts pendant la phase de mise hors service du ou des ponts et pour commuter le courant sur le bras de shuntage ou sur une paire de shuntage pendant la phase de mise en service du ou des ponts (voir figure 3)

NOTE – Un interrupteur de shuntage peut également être utilisé pour un shuntage prolongé du ou des ponts.

## **7 Conditions de fonctionnement du convertisseur**

### 7.1

#### **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

### 7.2

#### **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

### 7.3

#### **sens direct; sens de conduction**

sens de circulation du courant dans une valve, lorsque le courant circule de l'anode vers la cathode

### 7.4

#### **sens inverse; sens de non conduction**

sens de circulation du courant dans une valve, lorsque le courant circule de la cathode vers l'anode

**6.17****midpoint d.c. bus arrester**

arrester connected between the midpoint of the two 6-pulse bridges of a 12-pulse converter unit and substation earth (see figure 7)

NOTE – In some HVDC substation designs, two twelve-pulse converter units are connected in series. In this case, the midpoint d.c. bus arrester at the upper twelve-pulse converter unit is not connected to substation earth but to the high-voltage d.c. bus of the lower twelve-pulse converter unit.

**6.18****valve (anode) (cathode) reactor**

reactor connected in series with the valve, commonly used with mercury arc technology

**6.19****converter transformer**

transformer through which energy is transmitted from an a.c. system to one or more converter bridges or vice versa (see figure 3)

**6.19.1****line side windings**

converter transformer windings which are connected to the a.c. system

**6.19.2****valve side windings**

converter transformer windings which are connected to the a.c. terminals of one or more converter bridges

**6.20****by-pass switch**

mechanical power switching device connected across the d.c. terminals of one or more converter bridges to shunt the bridge(s) during the turn-off procedure of the bridge(s) and to commutate current to the by-pass arm or a by-pass pair during the turn-on procedure of the bridge(s) (see figure 3)

NOTE – A by-pass switch may also be used for prolonged shunting of the bridge(s).

**7 Converter operating conditions****7.1****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

**7.2****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

**7.3****forward direction; conducting direction**

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

**7.4****reverse direction; non-conducting direction**

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

## 7.5

### **courant direct**

courant qui circule dans une valve dans le sens direct

## 7.6

### **courant inverse**

courant qui circule dans une valve dans le sens inverse

## 7.7

### **tension directe**

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

## 7.8

### **tension inverse**

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

## 7.9

### **état conducteur; état passant**

situation d'une valve quand la valve présente une résistance faible (la tension de la valve dans cette condition est indiquée à la figure 6)

## 7.10

### **chute de tension de valve**

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

## 7.11

### **état non conducteur; état bloqué**

situation d'une valve quand la valve présente une résistance élevée (voir figure 6)

### 7.11.1

#### **état bloqué direct**

état non conducteur d'une valve commandable quand la tension directe est appliquée à ses bornes principales (voir figure 6)

### 7.11.2

#### **état bloqué inverse**

état non conducteur d'une valve quand la tension inverse est appliquée à ses bornes principales (voir figure 6)

## 7.12

### **allumage**

établissement du courant dans le sens direct dans une valve.

NOTE – L'action de la commande pour établir du courant dans un thyristor individuel est désignée par le terme amorçage ou le terme déclenchement.

## 7.13

### **impulsion de commande (de valve)**

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

## 7.14

### **impulsion d'allumage (de valve)**

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

**7.5****forward current**

current which flows through a valve in the forward direction

**7.6****reverse current**

current which flows through a valve in the reverse direction

**7.7****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

**7.8****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

**7.9****conducting state; on-state**

condition of a valve when the valve exhibits a low resistance (the valve voltage for this condition is shown in figure 6)

**7.10****valve voltage drop**

voltage which, during the conducting state, appears across the valve terminals

**7.11****non-conducting state; blocking state**

condition of a valve when the valve exhibits a high resistance (see figure 6)

**7.11.1****forward blocking state; off-state**

non-conducting state of a controllable valve when forward voltage is applied between its main terminals (see figure 6)

**7.11.2****reverse blocking state**

non-conducting state of a valve when reverse voltage is applied between its main terminals (see figure 6)

**7.12****firing**

establishment of current in the forward direction in a valve

NOTE – The control action to establish current in an individual thyristor is referred to as triggering or gating.

**7.13****(valve) control pulse**

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

**7.14****(valve) firing pulse**

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

### 7.15

#### **blocage d'un convertisseur**

opération évitant la poursuite de la conversion par un convertisseur en inhibant les impulsions de commande des valves

NOTE – Cette opération peut aussi comprendre l'allumage de la ou des valves choisies pour former un chemin de shuntage.

### 7.16

#### **déblocage d'un convertisseur**

opération permettant le commencement de la conversion dans un convertisseur par élimination de l'action de blocage

### 7.17

#### **blocage d'une valve**

opération évitant un allumage ultérieur d'une valve commandable en inhibant les impulsions de commande de valve

### 7.18

#### **déblocage d'une valve**

opération permettant l'allumage d'une valve commandable par annulation de l'ordre de blocage

### 7.19

#### **réglage de phase**

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

### 7.20

#### **angle de retard (de l'ordre d'amorçage) $\alpha$**

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 4)

### 7.21

#### **angle d'avance (de l'ordre d'amorçage) $\beta$**

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

L'angle d'avance  $\beta$  est lié à l'angle de retard  $\alpha$  par  $\beta = \pi - \alpha$  (voir figure 4).

### 7.22

#### **angle d'empiètement $\mu$**

durée de la commutation entre deux bras de convertisseur, exprimée en mesure d'angle électrique (voir figures 4 et 5)

### 7.23

#### **angle d'extinction $\gamma$**

temps, exprimé en unités d'angle électrique, entre la fin de conduction du courant et le passage par zéro de la tension de commutation sinusoïdale idéalisée.  $\gamma$  dépend de l'angle d'avance  $\beta$  et de l'angle d'empiètement  $\mu$  et est déterminé par la relation  $\gamma = \beta - \mu$  (voir figures 4 et 5)

### 7.24

#### **intervalle de retenue**

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 5)

NOTE – L'intervalle de retenue, lorsqu'il est exprimé en termes d'angle électrique, est souvent désigné sous l'appellation d'angle d'extinction. Cependant, il convient que la distinction entre le concept d'angle d'extinction et celui d'intervalle de retenue soit notée, comme indiqué à la figure 5.

**7.15****converter blocking**

operation preventing further conversion by a converter by inhibiting valve control pulses

NOTE – This action may also include firing of a valve, or valves, selected to form a by-pass path.

**7.16****converter deblocking**

operation permitting the start of conversion by a converter by removing blocking action

**7.17****valve blocking**

operation preventing further firing of a controllable valve by inhibiting the valve control pulses

**7.18****valve deblocking**

operation permitting firing of a controllable valve by removing the valve blocking action

**7.19****phase control**

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

**7.20****(trigger) delay angle  $\alpha$** 

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 4)

**7.21****(trigger) advance angle  $\beta$** 

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

The advance angle  $\beta$  is related to the delay angle  $\alpha$  by  $\beta = \pi - \alpha$  (see figure 4).

**7.22****overlap angle  $\mu$** 

duration of commutation between two converter arms, expressed in electrical angular measure (see figures 4 and 5)

**7.23****extinction angle  $\gamma$** 

time, expressed in electrical angular measure, from the end of current conduction to the next zero crossing of the idealized sinusoidal commutating voltage.  $\gamma$  depends on the advance angle  $\beta$  and the overlap angle  $\mu$  and is determined by the relation  $\gamma = \beta - \mu$  (see figures 4 and 5)

**7.24****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 5)

NOTE – Hold-off interval, when expressed in electrical angular measure, is commonly referred to as the extinction angle. However, the difference between the concepts of extinction angle and hold-off interval should be noted, as shown in figure 5.

#### 7.24.1

##### **intervalle critique de retenue**

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

#### 7.25

##### **intervalle de conduction**

partie d'un cycle pendant laquelle une valve est à l'état conducteur (voir figure 6)

#### 7.26

##### **intervalle de blocage; intervalle de repos**

partie d'un cycle pendant laquelle une valve est à l'état non conducteur (voir figure 6)

#### 7.27

##### **intervalle de blocage direct**

partie de l'intervalle de blocage pendant lequel une valve contrôlable est à l'état bloqué et soumise à une tension directe (voir figure 6)

#### 7.28

##### **intervalle de blocage inverse**

partie de l'intervalle de blocage pendant lequel une valve est à l'état bloqué et soumise à une tension inverse (voir figure 6)

#### 7.29

##### **allumage intempestif**

allumage d'une valve à un instant incorrect

#### 7.30

##### **défaut d'allumage**

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

#### 7.31

##### **raté de commutation**

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

#### 7.32

##### **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 nominale en courant continu du poste CCHT (en MW)

NOTE – Cette définition du RCC est différente de la définition donnée dans la CEI 60146-1-1.

#### 7.33

##### **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 shunts connectés à cette barre (en Mvar), et la puissance nominale en courant continu du poste CCHT (en MW)

## **8 Systèmes et postes CCHT**

### **8.1**

#### **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

**7.24.1****critical hold-off interval**

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

**7.25****conduction interval**

that part of a cycle during which a valve is in the conducting state (see figure 6)

**7.26****blocking interval; idle interval**

that part of a cycle during which a valve is in the non-conducting state (see figure 6)

**7.27****forward blocking interval**

that part of the blocking interval during which a controllable valve is in the forward blocking state (see figure 6)

**7.28****reverse blocking interval**

that part of the blocking interval during which a valve is in the reverse blocking state (see figure 6)

**7.29****false firing**

firing of a valve at an incorrect instant

**7.30****firing failure**

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

**7.31****commutation failure**

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

**7.32****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)

NOTE – The present definition of SCR differs from the definition given in IEC 60146-1-1.

**7.33****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 connected to this point (in Mvar), to the rated d.c. power of the HVDC substation (in MW)

**8 HVDC systems and substations****8.1****HVDC system**

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

## **8.2**

### **système de transport CCHT**

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

#### **8.2.1**

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

système de transport CCHT comprenant deux postes de transport CCHT et la ou les lignes de transport à courant continu d'interconnexion (voir figure 8)

#### **8.2.2**

##### **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 (voir figures 9 et 10)

#### **8.2.3**

##### **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.

## **8.3**

### **système CCHT unidirectionnel**

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

## **8.4**

### **système CCHT réversible**

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

NOTE – Un système CCHT multiterminal est réversible si un ou plusieurs postes sont réversibles.

## **8.5**

### **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 par rapport à la terre, pendant un fonctionnement normal (voir figure 8)

## **8.6**

### **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

## **8.7**

### **système (CCHT) bipolaire**

système CCHT ayant deux pôles de polarités opposées par rapport à la terre (voir figure 8)

NOTE – Les lignes aériennes des deux pôles, si elles existent, peuvent être suspendues aux mêmes pylônes, ou à des pylônes différents.

#### **8.7.1**

##### **système (CCHT) bipolaire avec retour par la terre**

système bipolaire dans lequel le chemin du retour du courant entre les neutres du système CCHT est la terre

#### **8.7.2**

##### **système (CCHT) bipolaire avec retour métallique**

système bipolaire dans lequel le chemin du retour du courant entre les neutres du système CCHT est un circuit métallique

## 8.2

### **HVDC transmission system**

HVDC system which transfers energy between two or more geographic locations

#### 8.2.1

##### **two-terminal HVDC transmission system**

HVDC transmission system consisting of two HVDC transmission substations and the connecting HVDC transmission line(s) (see figure 8)

#### 8.2.2

##### **multiterminal HVDC transmission system (MTDC)**

HVDC transmission system consisting of more than two separated HVDC substations and the interconnecting HVDC transmission lines (see figures 9 and 10)

#### 8.2.3

##### **HVDC back-to-back system**

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

## 8.3

### **unidirectional HVDC system**

HVDC system for the transfer of energy in only one direction

## 8.4

### **reversible HVDC system**

HVDC system for the transfer of energy in either direction

NOTE – A multiterminal HVDC system is reversible if one or more substations are reversible.

## 8.5

### **(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 (see figure 8)

## 8.6

### **(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

## 8.7

### **bipolar (HVDC) system**

HVDC system with two poles of opposite polarity with respect to earth (see figure 8)

NOTE – The overhead lines, if any, of the two poles may be carried on common or separate towers.

#### 8.7.1

##### **bipolar earth return (HVDC) system**

bipolar system in which the return current path between neutrals of the HVDC system is through the earth

#### 8.7.2

##### **bipolar metallic return (HVDC) system**

bipolar system in which the return current path between neutrals of the HVDC system is through a metallic circuit

## **8.8**

### **système (CCHT) monopolaire**

système CCHT ayant un seul pôle

#### **8.8.1**

##### **système (CCHT) monopolaire avec retour par la terre**

système monopolaire dans lequel le chemin du retour du courant entre les neutres des postes du système CCHT est la terre

#### **8.8.2**

##### **système (CCHT) monopolaire avec retour métallique**

système monopolaire dans lequel le chemin du retour du courant entre les neutres des postes CCHT est un circuit métallique

## **8.9**

### **poste CCHT**

partie d'un système CCHT comprenant une ou plusieurs unités de conversion avec les bâtiments, les réactances, 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 (voir figure 7)

NOTE – Lorsqu'un poste CCHT constitue une partie d'un système de transport CCHT, il peut être dénommé «poste de transport CCHT».

#### **8.9.1**

##### **poste (CCHT) de soutirage**

poste CCHT, utilisé principalement pour un fonctionnement en onduleur, dont la puissance nominale est une fraction de celle(s) du ou des redresseurs dans le système

#### **8.10**

##### **bipôle de poste (CCHT)**

partie d'un système CCHT bipolaire à l'intérieur d'un poste

#### **8.11**

##### **pôle de poste (CCHT)**

partie d'un pôle de système CCHT à l'intérieur d'un poste (voir figure 8)

#### **8.12**

##### **ligne de transport CCHT**

partie d'un système de transport CCHT consistant en des lignes aériennes et ou des câbles. Les lignes de transport CCHT se terminent dans des postes CCHT (voir figure 8).

#### **8.13**

##### **pôle de ligne de transport CCHT**

partie d'une ligne de transport CCHT appartenant au même pôle de système CCHT

#### **8.14**

##### **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 laisser passer un courant permanent de façon prolongée (voir figure 7)

NOTE 1 – Une électrode de terre peut être située à une certaine distance du poste CCHT.

NOTE 2 – Lorsque l'électrode est placée dans la mer, elle peut être dénommée «électrode de mer».

#### **8.15**

##### **ligne de terre**

ligne isolée entre la barre de neutre du poste CCHT et l'électrode de terre (voir figure 7)

## 8.8

### **monopolar (HVDC) system**

HVDC system with only one pole

#### 8.8.1

##### **monopolar earth return (HVDC) system**

monopolar system in which the return current path between neutrals of the HVDC substations is through the earth

#### 8.8.2

##### **monopolar metallic return (HVDC) system**

monopolar system in which the return current path between neutrals of the HVDC substations is through a metallic circuit

## 8.9

### **HVDC substation**

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 (see figure 7)

NOTE – An HVDC substation forming part of an HVDC transmission system may be referred to as an HVDC transmission substation.

#### 8.9.1

##### **(HVDC) tapping substation**

HVDC substation, mainly used for inversion, with a rating which is a small fraction of that of the rectifier(s) in the system

#### 8.10

##### **(HVDC) substation bipole**

that part of a bipolar HVDC system contained within a substation

#### 8.11

##### **(HVDC) substation pole**

that part of an HVDC system pole which is contained within a substation (see figure 8)

#### 8.12

##### **HVDC transmission line**

part of an HVDC transmission system consisting of a system of overhead lines and/or cables. The HVDC transmission lines are terminated in HVDC substations (see figure 8).

#### 8.13

##### **HVDC transmission line pole**

part of an HVDC transmission line which belongs to the same HVDC system pole

#### 8.14

##### **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 extended period (see figure 7)

NOTE 1 – An earth electrode may be located at a point some distance from the HVDC substation.

NOTE 2 – Where the electrode is placed in the sea it may be termed a sea electrode.

#### 8.15

##### **earth electrode line**

insulated line between the HVDC substation d.c. neutral bus and the earth electrode (see figure 7)

## 9 Equipements des postes CCHT

### 9.1

#### **filtre (côté courant) alternatif**

filtre destiné à limiter les tensions harmoniques sur le jeu de barres à courant alternatif et la circulation de courants harmoniques dans le réseau à courant alternatif associé (voir figure 7)

### 9.2

#### **inductance (de lissage) côté courant continu**

inductance connectée en série avec une ou plusieurs unités de conversion du côté courant continu dont le but principal est de lisser le courant continu et de réduire les transitoires de courant (voir figure 7)

### 9.3

#### **parafoudre d'inductance de lissage**

parafoudre raccordé entre les bornes d'une inductance de lissage (voir figure 7)

### 9.4

#### **filtre (côté courant) continu**

filtre dont la fonction principale est de diminuer les harmoniques (de courant ou de tension) sur la ligne de transport CCHT et/ou la ligne de terre, en association avec la ou les inductances de lissage et le ou les condensateurs d'étoffement côté courant continu, s'ils existent (voir figure 7)

### 9.5

#### **circuit d'amortissement côté courant continu**

combinaison d'éléments de circuit qui servent à réduire l'amplitude des tensions transitoires et/ou à modifier les conditions de résonance sur la ligne à courant continu (voir figure 7)

### 9.6

#### **condensateur d'étoffement côté courant continu**

ensemble de condensateurs raccordé entre la ligne à courant continu et la terre du poste (directement ou indirectement) dont la fonction principale est de réduire l'amplitude et le gradient des surtensions de foudre appliquées à l'équipement de la station (voir figure 7)

### 9.7

#### **parafoudre de barre à courant continu**

parafoudre raccordé entre la barre à courant continu (située entre l'inductance de lissage et le sectionneur de ligne à courant continu) et la terre du poste (voir figure 7)

### 9.8

#### **parafoudre de ligne à courant continu**

parafoudre raccordé entre une ligne CCHT (à un poste CCHT) et la terre du poste (voir figure 7)

### 9.9

#### **terre du poste CCHT**

ensemble d'éléments conducteurs qui procure un chemin de faible impédance entre les masses des équipements du poste CCHT et la terre, et qui est capable de laisser passer des courants d'une durée momentanée importants (voir figure 7)

### 9.10

#### **condensateur de neutre (côté courant continu)**

ensemble de condensateurs raccordé entre la barre de neutre côté courant continu et la terre du poste (voir figure 7)

## 9 HVDC substation equipment

### 9.1

#### **a.c. filter**

filter designed to reduce the harmonic voltage at the a.c. bus and the flow of harmonic current into the associated a.c. system (see figure 7)

### 9.2

#### **d.c. (smoothing) reactor**

reactor connected in series with a converter unit or converter units on the d.c. side for the primary purpose of smoothing the direct current and reducing current transients (see figure 7)

### 9.3

#### **d.c. reactor arrester**

arrester connected between the terminals of a d.c. reactor (see figure 7)

### 9.4

#### **d.c. filter**

filter which, in conjunction with the d.c. reactor(s) and with the d.c. surge capacitor(s), if any, serves the primary function of reducing (current or voltage) ripple on the HVDC transmission line and/or earth electrode line (see figure 7)

### 9.5

#### **d.c. damping circuit**

combination of circuit elements which serve to reduce voltage transients and/or change resonance conditions on the d.c. line (see figure 7)

### 9.6

#### **d.c. surge capacitor**

capacitor array connected between the d.c. line and the substation earth (directly or indirectly) to serve the primary function of reducing the amplitude and steepness of lightning surges applied to the substation equipment (see figure 7)

### 9.7

#### **d.c. bus arrester**

arrester connected between the d.c. bus (at a point between the d.c. reactor and the d.c. line disconnector) and the substation earth (see figure 7)

### 9.8

#### **d.c. line arrester**

arrester connected between an HVDC line (at an HVDC substation) and substation earth (see figure 7)

### 9.9

#### **HVDC substation earth**

array of conducting elements which provides a low impedance path from the earthed parts of the equipment in the HVDC substation to earth and which is capable of carrying high surge currents of momentary duration (see figure 7)

### 9.10

#### **(d.c.) neutral bus capacitor**

capacitor array connected between the d.c. neutral bus and the substation earth (see figure 7)

### 9.11

#### **parafoudre de neutre (côté courant continu)**

parafoudre raccordé entre la barre de neutre côté courant continu et la terre du poste (voir figure 7)

### 9.12

#### **disjoncteur de transfert du retour métallique (DTRM)**

appareil de coupure utilisé pour transférer le courant continu d'un chemin de retour par la terre vers un chemin de retour métallique (voir figure 7)

### 9.13

#### **disjoncteur de transfert du retour par la terre (DTRT)**

appareil de coupure utilisé pour transférer le courant continu d'un chemin de retour métallique vers un chemin de retour par la terre (voir figure 7)

NOTE – Dans certaines applications, cette fonction est remplie par un interrupteur de shuntage (voir figure 3).

## 10 Modes de réglage

### 10.1

#### **mode de réglage**

façon de commander une unité de conversion, un pôle ou un poste CCHT afin de maintenir une ou plusieurs quantités électriques aux valeurs désirées. Ces valeurs désirées peuvent changer avec le temps ou en fonction de quantités mesurées et de priorités définies.

### 10.2

#### **mode de réglage de la tension**

réglage des tensions côté courant alternatif ou côté courant continu dans un système CCHT

### 10.3

#### **mode de réglage du courant**

réglage du courant continu dans un système CCHT

### 10.4

#### **mode de réglage de la puissance**

réglage de la puissance dans un système CCHT

### 10.5

#### **mode de réglage de la puissance réactive**

réglage de la puissance réactive échangée entre une unité de conversion, ou un poste CCHT et le réseau à courant alternatif raccordé

### 10.6

#### **mode de réglage de la fréquence**

réglage de la fréquence d'un ou de plusieurs réseaux à courant alternatif raccordés en faisant varier la puissance transmise

### 10.7

#### **mode de réglage de l'amortissement**

mode de réglage supplémentaire pour l'amortissement d'oscillations électromécaniques, tels que l'instabilité de réseau ou les oscillations sous-synchrones (OSS), dans un ou plusieurs réseaux à courant alternatif raccordés

**9.11****(d.c.) neutral bus arrester**

arrester connected between the d.c. neutral bus and the substation earth (see figure 7)

**9.12****metallic return transfer breaker (MRTB)**

switching device used to transfer d.c. current from an earth return path to a metallic return path (see figure 7)

**9.13****earth return transfer breaker (ERTB)**

switching device used to transfer d.c. current from a metallic return path to an earth return path (see figure 7)

NOTE – In some applications, this function is performed by a by-pass switch (see figure 3).

**10 Modes of control****10.1****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. These desired values may change with time or as a function of measured quantities and defined priorities

**10.2****voltage control mode**

control of the a.c. or d.c. side voltages in an HVDC system

**10.3****current control mode**

control of the d.c. current in an HVDC system

**10.4****power control mode**

control of power flow in an HVDC system

**10.5****reactive power control mode**

control of the reactive power exchanged between a converter unit, or HVDC substation and the connected a.c. network

**10.6****frequency control mode**

control of the frequency of one or more connected a.c. networks by varying the transmitted power

**10.7****damping control mode**

supplementary control mode providing the damping of electromechanical oscillations such as network instability or sub-synchronous oscillations (SSO) in one or more connected a.c. networks

## 11 Systèmes de commande

### 11.1

#### **système de commande (CCHT)**

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

NOTE – Un exemple illustrant la hiérarchie d'un système de commande CCHT typique est présenté à la figure 12.

### 11.2

#### **commande d'un système CCHT**

système de commande gouvernant le fonctionnement d'un système complet de CCHT 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 (voir figure 12)

#### 11.2.1

##### **commande multiterminale**

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

### 11.3

#### **commande d'ensemble (CCHT)**

concept général pour la coordination de la commande d'un système CCHT

NOTE – La commande d'ensemble peut être mise en oeuvre au niveau du bipôle et/ou du pôle.

### 11.4

#### **commande de bipôle de système CCHT**

système de commande d'un bipôle (voir figure 12)

### 11.5

#### **commande de pôle de système CCHT**

le système de commande d'un pôle (voir figure 12)

NOTE – 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 d'ensemble du système CCHT.

### 11.6

#### **commande de poste CCHT**

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

NOTE – La commande de poste CCHT, aussi désignée sous le nom de commande locale, peut être mise en oeuvre au niveau du bipôle et/ou du pôle.

#### 11.6.1

##### **commande de bipôle de poste (CCHT)**

système de commande d'un bipôle de poste CCHT (voir figure 12)

#### 11.6.2

##### **commande de pôle de poste (CCHT)**

système de commande d'un pôle de poste CCHT (voir figure 12)

### 11.7

#### **commande d'une unité de conversion**

système de commande utilisé pour la commande, la surveillance et la protection d'une seule unité de conversion (voir figure 12)

## 11 Control systems

### 11.1

#### **(HVDC) control system**

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

NOTE – An example illustrating a typical HVDC control system hierarchy is shown in figure 12.

### 11.2

#### **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 (see figure 12)

#### 11.2.1

##### **multiterminal control**

HVDC system control for more than two HVDC substations

### 11.3

#### **(HVDC) master control**

general concept for control coordination of an HVDC system

NOTE – The HVDC master control may be implemented at the bipole and/or pole level.

### 11.4

#### **(HVDC system) bipole control**

control system of a bipole (see figure 12)

### 11.5

#### **(HVDC system) pole control**

control system of a pole (see figure 12)

NOTE – When the HVDC system has no bipole(s) but one or more poles, the pole control interfaces with the HVDC system control.

### 11.6

#### **(HVDC) substation control**

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

NOTE – HVDC substation control may be implemented at the bipole and/or pole level and may be referred to as local control.

#### 11.6.1

##### **(HVDC) substation bipole control**

control system of a substation bipole (see figure 12)

#### 11.6.2

##### **(HVDC) substation pole control**

control system of a substation pole (see figure 12)

### 11.7

#### **converter unit control**

control system used for the controlling, monitoring and protection of a single converter unit (see figure 12)

### **11.7.1**

#### **commande des séquences de fonctionnement d'une unité de conversion**

partie de la commande de l'unité de conversion qui coordonne le fonctionnement de la commande d'allumage, de celle des changeurs de prises, de la surveillance et de la protection d'une unité de conversion et qui commande la séquence des actions lors de n'importe quel changement des conditions de fonctionnement de cette unité de conversion

### **11.7.2**

#### **commande d'allumage d'une unité de conversion**

partie de la commande de l'unité de conversion qui détermine les moments auxquels des impulsions de commande de valves doivent être fournies

### **11.7.3**

#### **commande des changeurs de prises d'une unité de conversion**

partie de la commande de l'unité de conversion qui commande les changeurs de prises du transformateur de convertisseur

### **11.7.4**

#### **surveillance d'une unité de conversion**

partie de la commande de l'unité de conversion qui enregistre les quantités électriques, mécaniques et thermiques

### **11.7.5**

#### **protection d'une unité de conversion**

partie de la commande de l'unité de conversion, qui provoque des actions de protection des composants de cette unité de conversion contre les avaries dues à des conditions électriques, mécaniques ou thermiques anormales

### **11.8**

#### **commande de valve**

système de commande pour l'allumage, la surveillance et la protection d'une valve

### **11.8.1**

#### **(commande d') allumage de valve**

partie de la commande de valve qui déclenche l'allumage de la valve

### **11.8.2**

#### **surveillance de (la commande de la) valve**

partie de la commande d'une valve qui surveille l'état de la valve

### **11.8.3**

#### **protection de (la commande de la) valve**

partie de la commande de valve qui protège la valve en provoquant ou en interdisant l'allumage de la valve

## **12 Fonctions de commande**

### **12.1**

#### **réglage avec angles de retard égaux; réglage à déphasage individuel**

façon de commander séparément des impulsions de commande des valves par laquelle ces impulsions, pour chaque valve, sont déterminées à partir des passages par zéro de la tension de commutation

**11.7.1****converter unit sequence control**

part of the converter unit control which co-ordinates the operation of the converter unit firing control, transformer tap changer control, monitoring and protection, and which controls the sequence of action during any change in the operating conditions of the associated converter unit

**11.7.2****converter unit firing control**

part of the converter unit control for timing the intended firing of the valves

**11.7.3****converter unit tap changer control**

part of the converter unit control for controlling the converter transformer tap changers

**11.7.4****converter unit monitoring**

part of the converter unit control which monitors electrical, mechanical and thermal quantities

**11.7.5****converter unit protection**

part of the converter unit control which initiates action to protect components of the associated converter unit against damage due to abnormal electrical, mechanical or thermal conditions

**11.8****valve control**

control system for the firing, monitoring, and protection of a valve

**11.8.1****valve (control) firing**

part of the valve control which initiates valve firing

**11.8.2****valve (control) monitoring**

part of the valve control which monitors valve status

**11.8.3****valve (control) protection**

part of the valve control which protects the valve by initiating, or disabling valve firing

**12 Control functions****12.1****equal delay angle control; individual phase control**

method of controlling separately the valve control pulses for each valve by timing from the zero crossings of the commutation voltages

## 12.2

### **réglage avec allumage équidistant**

façon de commander des impulsions de commande des valves par laquelle, en régime établi, le délai entre une impulsion de commande de valve et l'impulsion précédente est identique pour toutes les valves, indépendamment de la distorsion ou du déséquilibre des tensions de commutation

## 12.3

### **réglage d'angle $\alpha$**

réglage de l'angle de retard entre un minimum et un maximum, définis lors de la conception, pour mettre en oeuvre un mode de réglage

## 12.4

### **réglage d'angle $\alpha$ minimum**

réglage de l'angle de retard pour l'empêcher de descendre en dessous d'une valeur minimale prescrite

## 12.5

### **réglage d'angle $\gamma$**

réglage de l'angle d'extinction entre un minimum et un maximum, définis lors de la conception, pour mettre en oeuvre un mode de réglage à un onduleur

## 12.6

### **réglage d'angle $\gamma$ minimal**

réglage de l'angle d'extinction pour l'empêcher de descendre en dessous d'une valeur minimale prescrite

## 12.7

### **consigne de réglage**

valeur de référence d'une quantité désirée réglée, dans un mode de réglage

### 12.7.1

#### **consigne (de réglage) du courant (continu)**

valeur de référence du courant au régulateur du courant continu (voir figure 11)

### 12.7.2

#### **consigne (de réglage) de la tension (continue)**

valeur de référence de la tension à un régulateur de tension (voir figure 11)

## 12.8

### **marge de courant**

dans un pôle de CCHT à deux extrémités, différence entre les consignes de courant du redresseur et de l'onduleur (voir figure 11)

NOTE – Le redresseur a toujours une consigne de courant supérieure à celle de l'onduleur dans un système de transport CCHT à deux extrémités.

## 12.9

### **limitation de la consigne de courant dépendant de la tension (LCCDT)**

limitation de la consigne du courant en fonction de la tension continue

## 12.10

### **équilibre des (courants de) pôles**

action de commande qui équilibre les courants dans les deux pôles d'un système bipolaire, afin de limiter l'amplitude du courant différentiel qui circule entre les neutres du système CCHT

**12.2****equidistant firing control**

method of controlling the valve control pulses whereby, in steady state, the delay between a control pulse and the previous control pulse is equal for all valves, irrespective of unbalance or distortion in the commutating voltages

**12.3** **$\alpha$  control**

control of the delay angle between a minimum and maximum, determined by the design, to implement a control mode

**12.4****minimum  $\alpha$  control**

control of the delay angle to prevent it from decreasing below a set minimum value

**12.5** **$\gamma$  control**

control of the extinction angle between a minimum and maximum, determined by the design, to implement a control mode at an inverter

**12.6****minimum  $\gamma$  control**

control of the extinction angle to prevent it from decreasing below a set minimum value

**12.7****control order**

reference value of a desired controlled quantity, in a control mode

**12.7.1****(d.c.) current (control) order**

reference value of the current to the d.c. current regulator (see figure 11)

**12.7.2****(d.c.) voltage (control) order**

reference value of the voltage to a voltage regulator (see figure 11)

**12.8****current margin**

in an HVDC pole with two ends, the difference between the current order at the rectifier and the inverter (see figure 11)

NOTE – The rectifier has always a higher current order than the inverter in a two-terminal HVDC transmission system.

**12.9****voltage dependent current order limit (VDCOL)**

limitation of the current order as a function of the d.c. voltage

**12.10****pole (current) balancing**

control action to balance the currents in the two poles of a bipole system, in order to limit the amplitude of the differential current that flows between the neutrals of the HVDC system

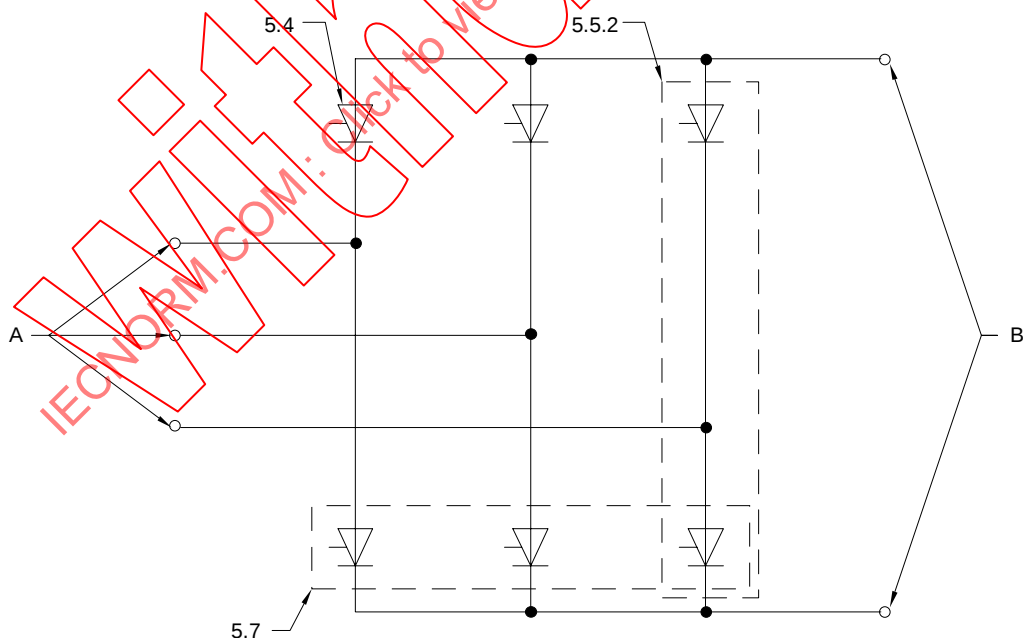
| N° | Symbole                                                                           | Description                   |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1  |  | Valve ou bras non contrôlable |
| 2  |  | Valve ou bras contrôlable     |
| 3  |  | Pont non contrôlable          |
| 4  |  | Pont contrôlable              |

IEC 1672/98

NOTE 1 – Les symboles 2 et 4 sont utilisés pour représenter de façon générale une valve, un bras ou un pont, qu'ils soient contrôlables ou non.

NOTE 2 – Les symboles ci-dessus sont indépendants du type de dispositif utilisé pour former la valve, le bras ou le pont.

Figure 1 – Symboles graphiques



IEC 1673/98

**Légende**

A Bornes de courant alternatif  
B Bornes de courant continu  
5.4 Bras de convertisseur

5.5.2 Paire de shuntage  
5.7 Groupe commutant

Figure 2 – Schéma convertisseur en pont

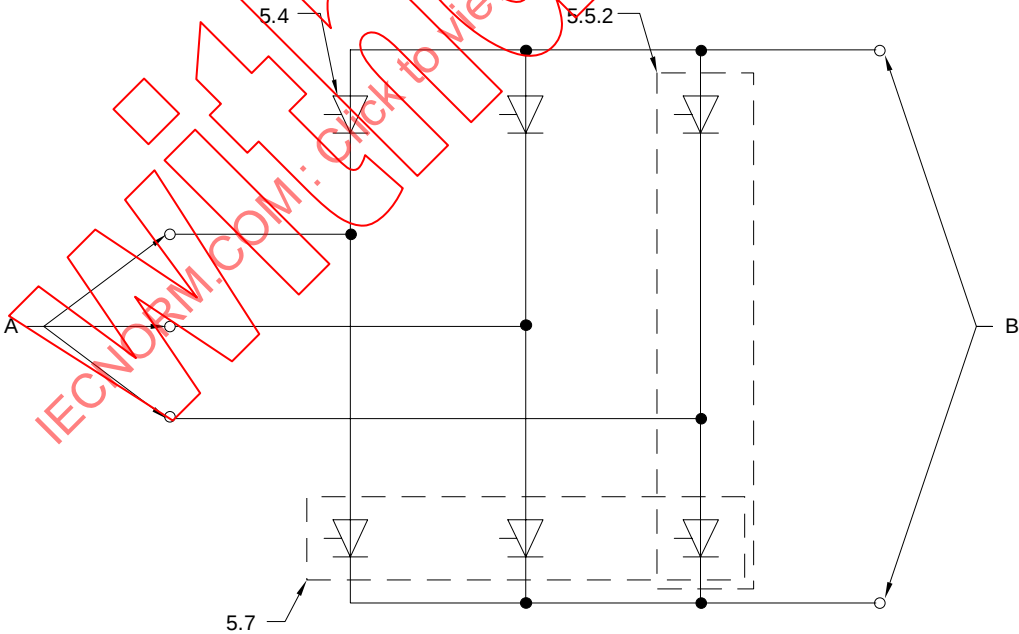
| No. | Symbol                                                                            | Description                   |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1   |  | Non-controllable valve or arm |
| 2   |  | Controllable valve or arm     |
| 3   |  | Non-controllable bridge       |
| 4   |  | Controllable bridge           |

IEC 1 672/98

NOTE 1 – Symbols 2 and 4 are used to represent the general meaning of valve, arm, or bridge, irrespective of controllability.

NOTE 2 – The above symbols are irrespective of the type or device of which a valve, arm, or bridge is composed.

Figure 1 – Graphical symbols

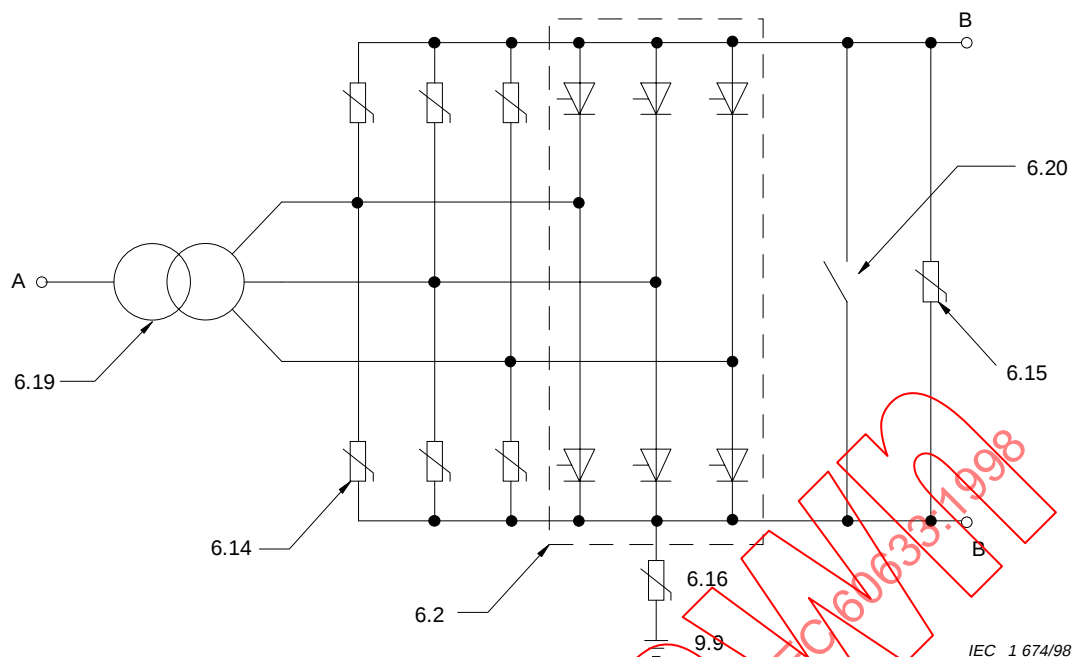


IEC 1 673/98

- Key**

  - A AC terminals
  - B DC terminals
  - 5.4 Converter arm
- 5.5.2 By-pass pair
  - 5.7 Commutating group

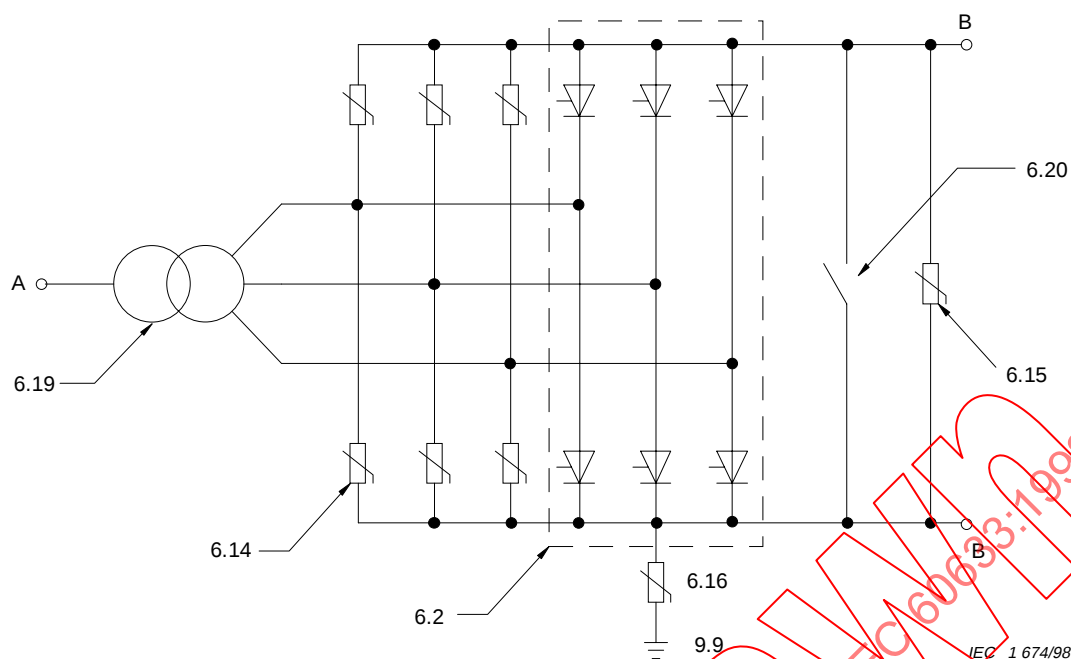
Figure 2 – Bridge converter connection



#### Légende

- |      |                                      |      |                                                                 |
|------|--------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------|
| A    | Bornes de courant alternatif         | 6.16 | Parafoudre de barre à courant continu d'une unité de conversion |
| B    | Bornes de courant continu            | 6.19 | Transformateur de convertisseur                                 |
| 6.2  | Pont                                 | 6.20 | Interrupteur de shuntage                                        |
| 6.14 | Parafoudre de valve                  | 9.9  | Terre du poste                                                  |
| 6.15 | Parafoudre d'une unité de conversion |      |                                                                 |

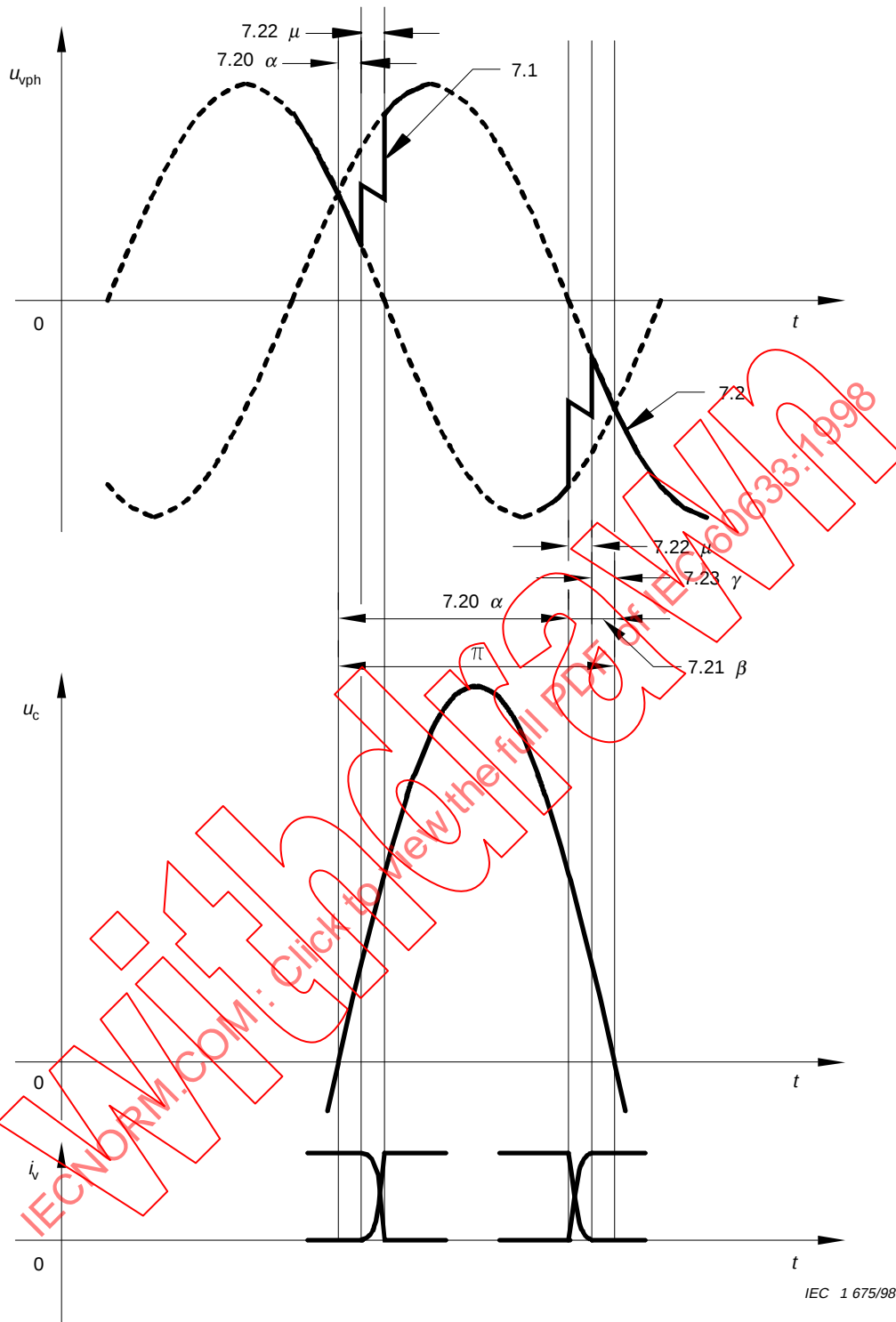
Figure 3 – Exemple d'une unité de conversion

**Key**

- A AC terminals
- B DC terminals
- 6.2 Bridge
- 6.14 Valve arrester
- 6.15 Converter unit arrester

- 6.16 Converter unit d.c. bus arrester
- 6.19 Converter transformer
- 6.20 By-pass switch
- 9.9 Substation earth

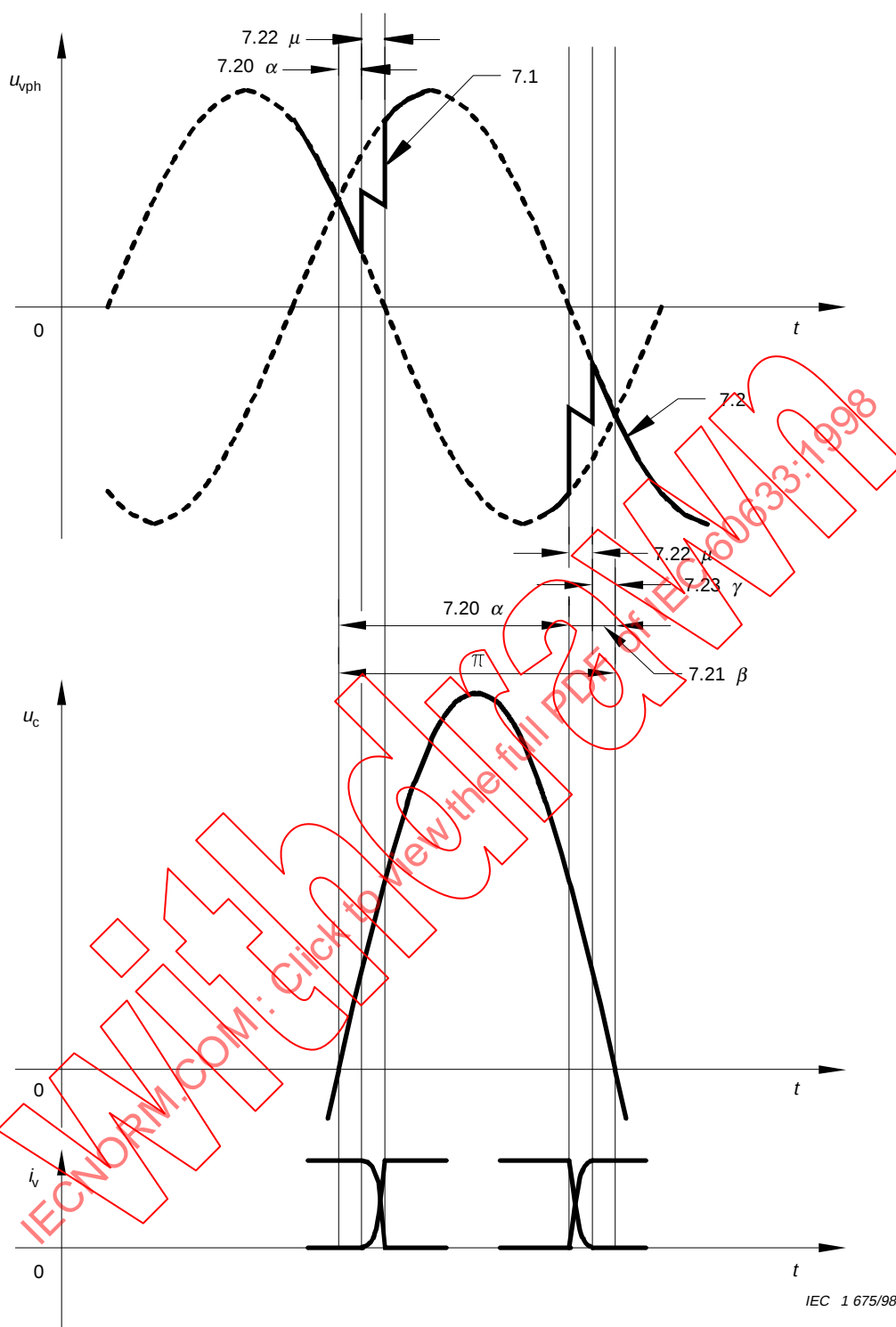
**Figure 3 – Example of a converter unit**



#### Légende

|           |                              |      |                             |
|-----------|------------------------------|------|-----------------------------|
| $u_{vph}$ | Tension de phase             | 7.2  | Fonctionnement en onduleur  |
| $u_c$     | Tension de commutation       | 7.20 | Angle de retard $\alpha$    |
| $i_v$     | Courants dans les valves     | 7.21 | Angle d'avance $\beta$      |
| $t$       | Temps                        | 7.22 | Angle d'empiètement $\mu$   |
| 7.1       | Fonctionnement en redresseur | 7.22 | Angle d'extinction $\gamma$ |

Figure 4 – Commutation pendant le fonctionnement en redresseur et en onduleur



### Key

|           |                     |      |                           |
|-----------|---------------------|------|---------------------------|
| $u_{vph}$ | Phase voltage       | 7.2  | Inverter operation        |
| $u_c$     | Commutating voltage | 7.20 | Delay angle $\alpha$      |
| $i_v$     | Valve currents      | 7.21 | Advance angle $\beta$     |
| $t$       | Time                | 7.22 | Overlap angle $\mu$       |
| 7.1       | Rectifier operation | 7.23 | Extinction angle $\gamma$ |

Figure 4 – Commutation process at rectifier and inverter modes of operation

Figure 5a - Valve fictive

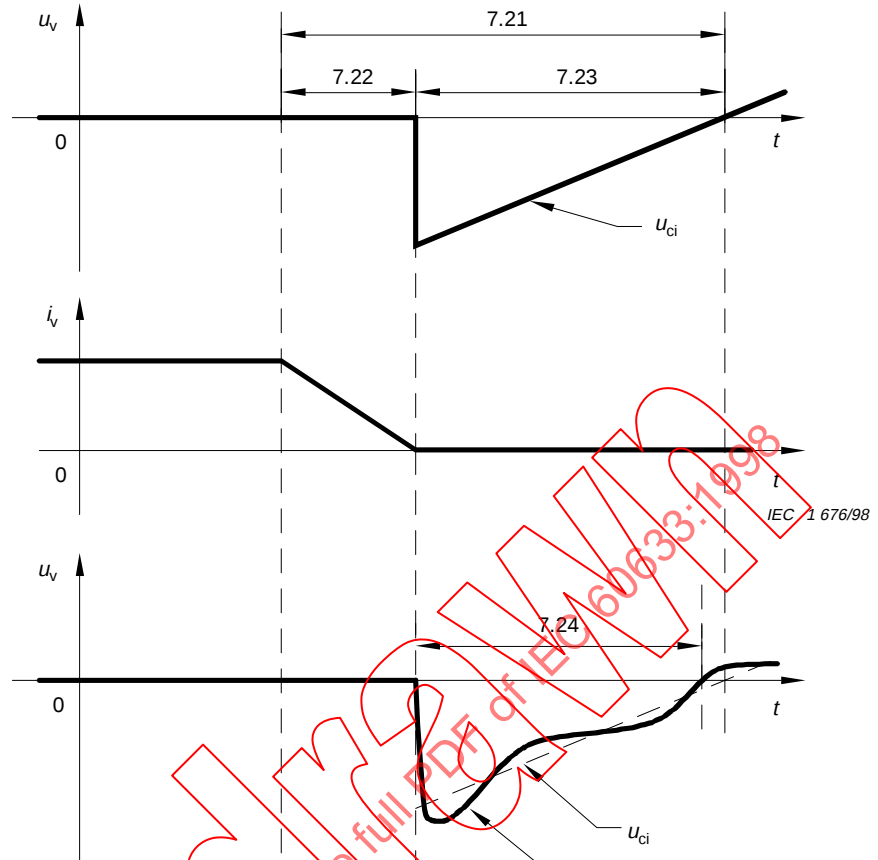
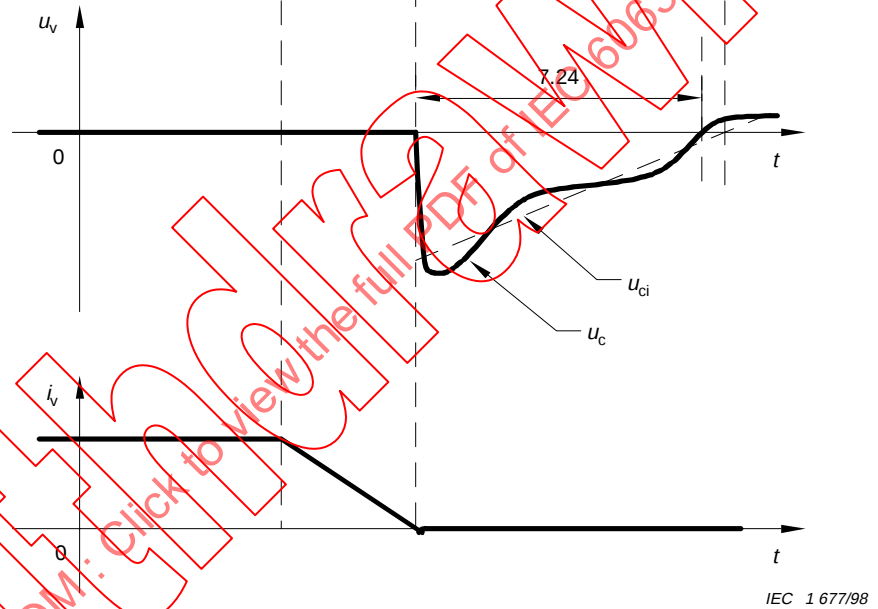


Figure 5b - Valve réelle



**Légende**

$u_v$  Tension de la valve qui s'éteint  
 $i_v$  Courant dans la valve qui s'éteint  
 $u_{ci}$  Tension de commutation fictive  
 $u_c$  Tension de commutation réelle  
 $t$  Temps

7.21 Angle d'avance  $\beta$   
 7.22 Angle d'empiètement  $\mu$   
 7.23 Angle d'extinction  $\gamma$   
 7.24 Intervalle de retenue

Figure 5 – Illustrations de la commutation pendant le fonctionnement en onduleur