

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
α	angle de retard (de l'ordre d'amorçage)
β	angle d'avance (de l'ordre d'amorçage)
γ	angle d'extinction
μ	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)
LCCDT	limitation de la consigne de courant dépendant de la tension (voir 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 illustré à la Figure 2, comprenant six bras de convertisseur de telle sorte que les bornes centrales soient les bornes de phase du circuit en courant alternatif et que les bornes extérieures de polarité similaire soient connectées ensemble et soient les bornes en courant continu

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

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 $q = 3$.

5.11

convertisseur à condensateurs commutés

convertisseur dans lequel les condensateurs en série sont inclus entre le transformateur convertisseur et les valves (voir la Figure 13a)

5.12

convertisseur à condensateurs en série contrôlés

convertisseur dans lequel les condensateurs en série sont insérés entre le jeu de barres de filtrage (côté courant alternatif) et le réseau en courant alternatif (voir la Figure 13b)

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° , 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.

6.7**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)

6.17

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 (d'une valve)

sens dans lequel une valve est capable de conduire le courant de charge

7.4

sens inverse, sens de non-conduction (d'une valve)

l'inverse du sens de conduction

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.

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

7.15

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) α

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

temps, exprimé en unités d'angle électrique, entre le passage à zéro de la tension de commutation sinusoïdale idéalisée et l'instant du début de conduction du courant direct (voir figure 4)

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

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

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

7.22**angle d'empiètement μ**

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 γ**

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. γ dépend de l'angle d'avance β et de l'angle d'empiètement μ et est déterminé par la relation $\gamma = \beta - \mu$ (voir figures 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.

7.24.1**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)

7.34

amorçage; déclenchement

action de commande en vue de l'allumage d'une valve ou d'un thyristor individuel

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

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

8.8**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

poste de conversion 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)

9 Equipements des postes CCHT

9.1

filtre (côté courant) alternatif

filtre situé du côté courant alternatif d'un convertisseur et 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'étouffement 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'étouffement 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)

9.11**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

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

10.3

mode de réglage du courant

régulation du courant continu dans un système CCHT

10.4

mode de réglage de la puissance

régulation de la puissance dans un système CCHT

10.5

mode de réglage de la puissance réactive

régulation 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

régulation 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

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)

11.7.1

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

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 α

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 α minimum

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

12.5

réglage d'angle γ

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 γ 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

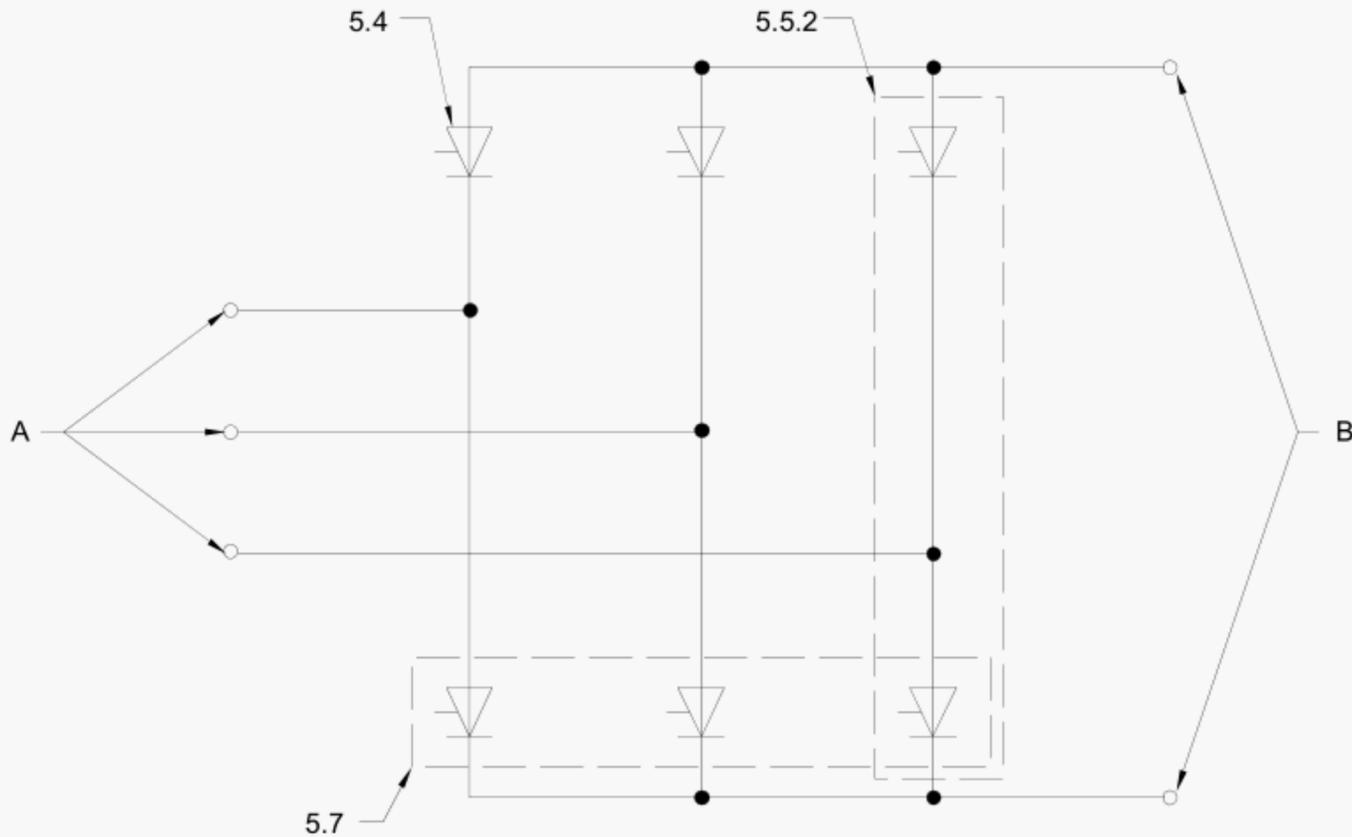
N°	Symbole	Description
1		Valve ou bras non contrôlable
2		Valve ou bras contrôlable
3		Pont non contrôlable
4		Pont contrôlable

IEC 1 672/98

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

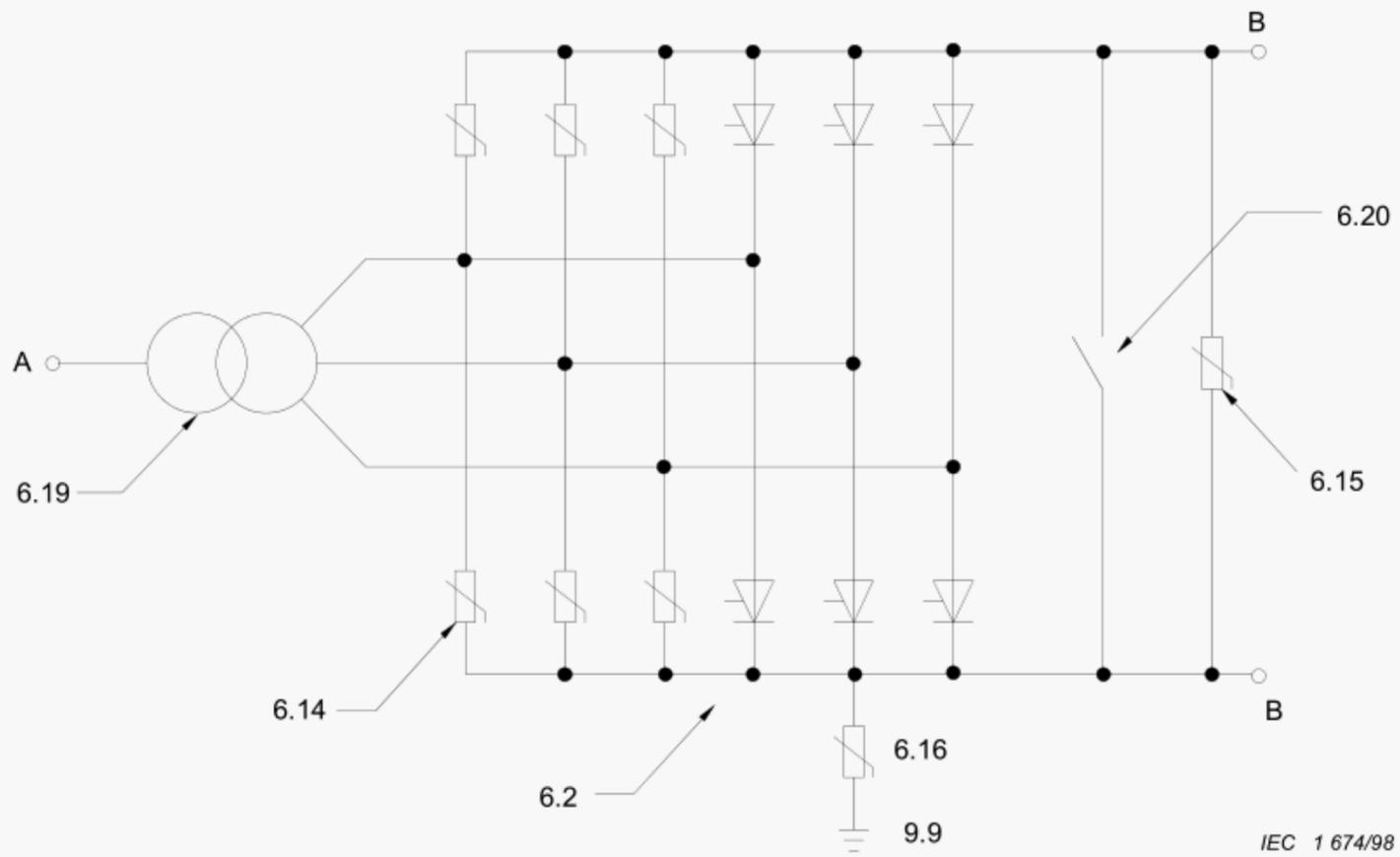


IEC 1 673/98

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

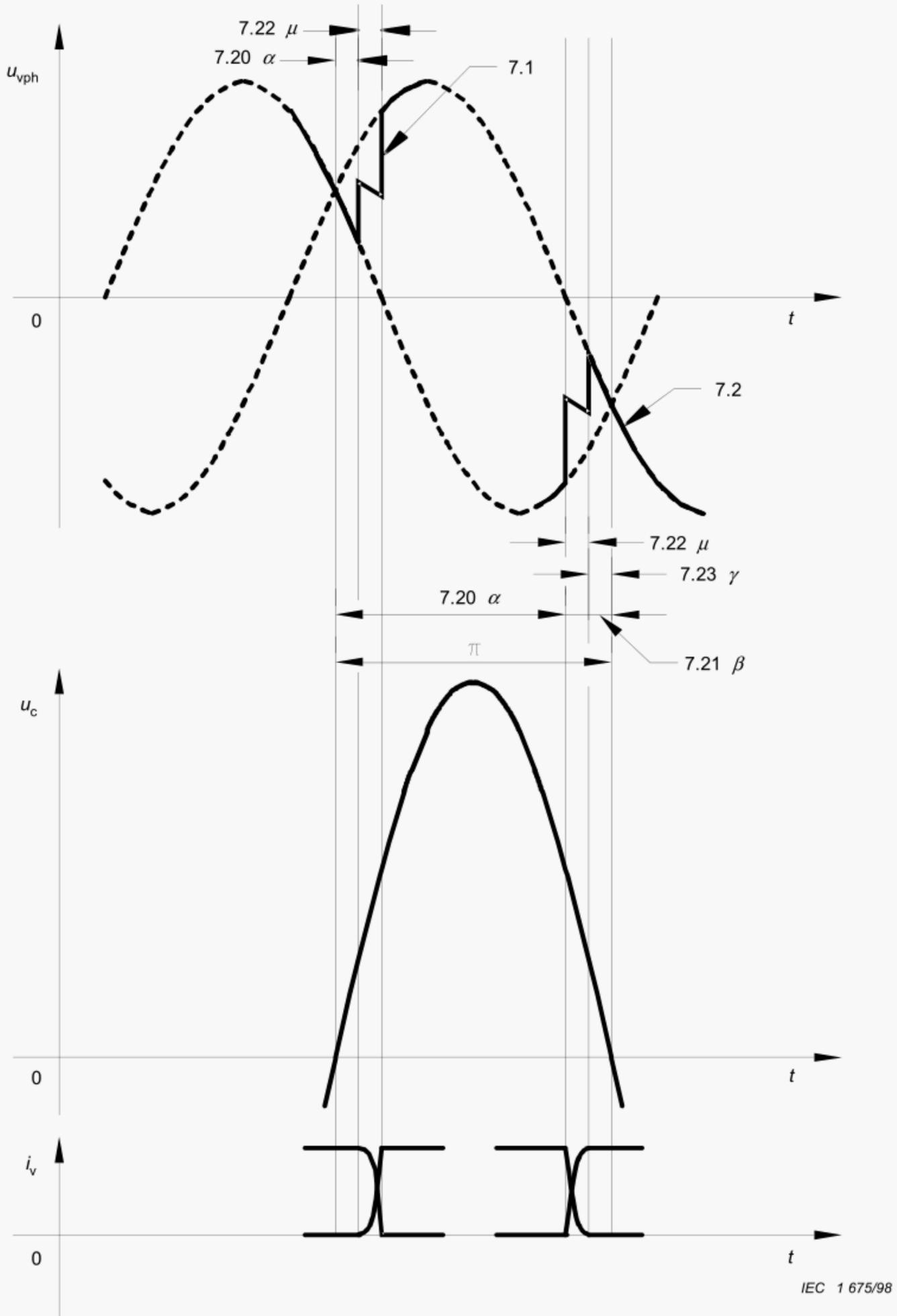
Figure 2 – Schéma convertisseur en pont



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



Légende

u_{vph}	Tension de phase	7.2	Fonctionnement en onduleur
u_c	Tension de commutation	7.20	Angle de retard α
i_v	Courants dans les valves	7.21	Angle d'avance β
t	Temps	7.22	Angle d'empiètement μ
7.1	Fonctionnement en redresseur	7.22	Angle d'extinction γ

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

Figure 5a - Valve fictive

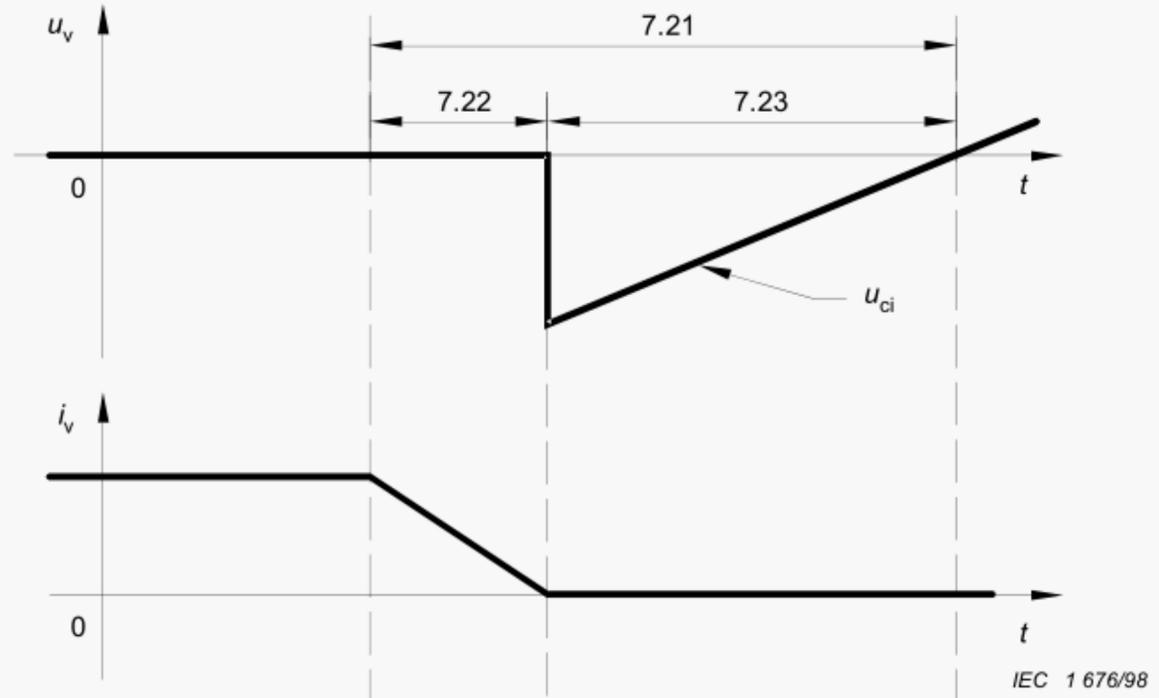
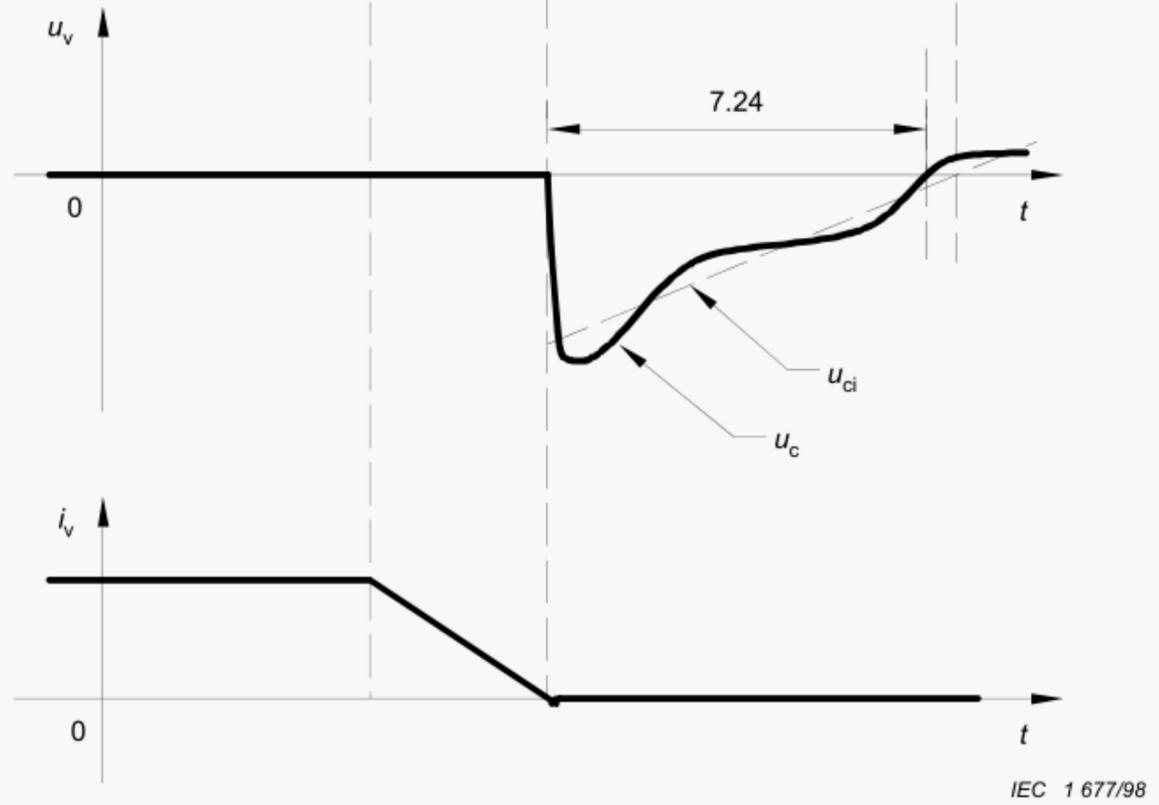


Figure 5b - Valve réelle



Légende

- | | | | |
|----------|------------------------------------|------|-----------------------------|
| u_v | Tension de la valve qui s'éteint | 7.21 | Angle d'avance β |
| i_v | Courant dans la valve qui s'éteint | 7.22 | Angle d'empiètement μ |
| u_{ci} | Tension de commutation fictive | 7.23 | Angle d'extinction γ |
| u_c | Tension de commutation réelle | 7.24 | Intervalle de retenue |
| t | Temps | | |

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

Figure 6a - Fonctionnement en redresseur



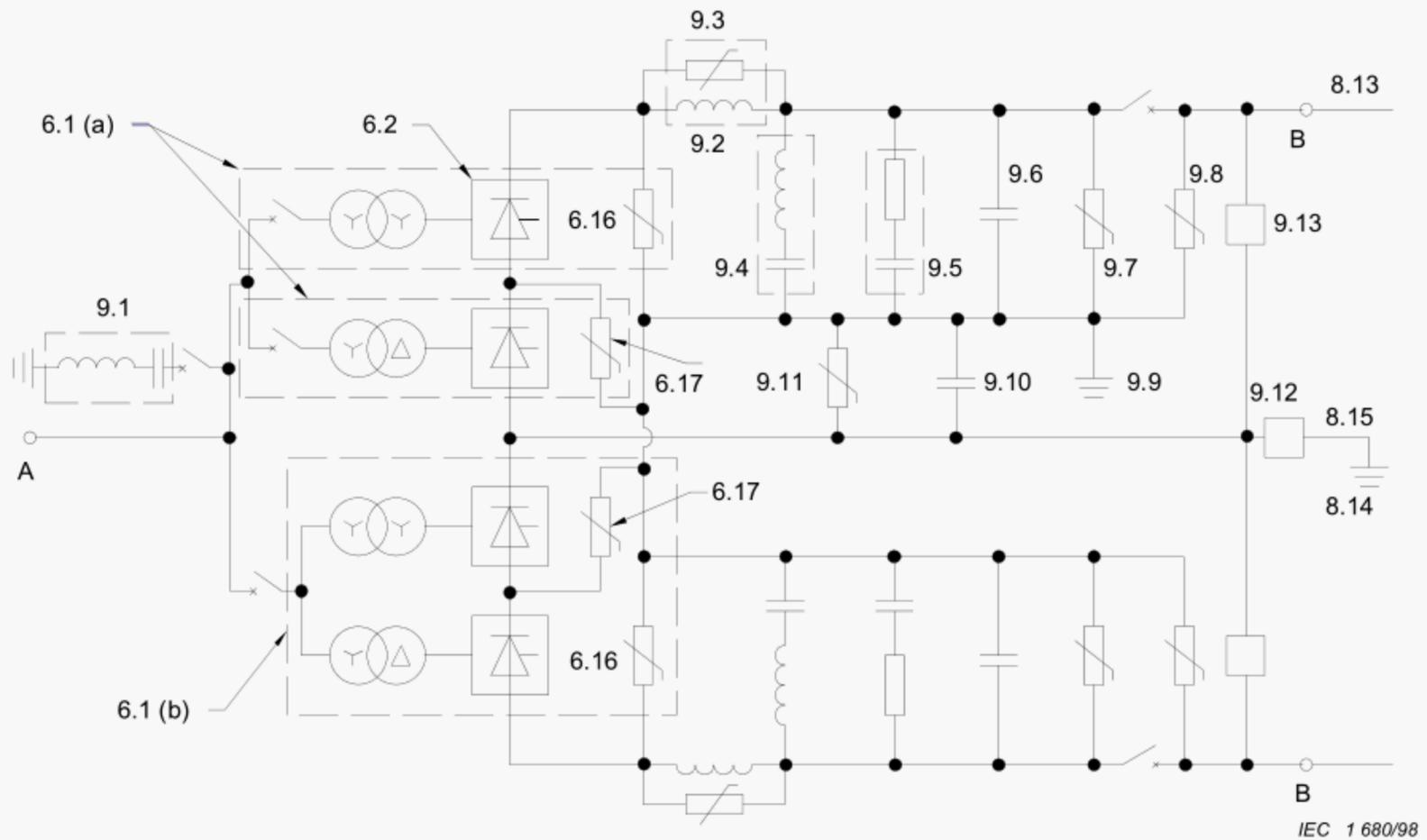
Figure 6b - Fonctionnement en onduleur



Légende

- | | | | |
|-------|--------------------|--------|-------------------------------|
| t | Temps | 7.11 | Etat non conducteur |
| t_0 | Instant d'allumage | 7.11.1 | Etat bloqué direct |
| | | 7.11.2 | Etat bloqué inverse |
| 7.7 | Tension directe | 7.25 | Intervalle de conduction |
| 7.8 | Tension inverse | 7.26 | Intervalle de blocage |
| 7.9 | Etat conducteur | 7.27 | Intervalle de blocage direct |
| | | 7.28 | Intervalle de blocage inverse |

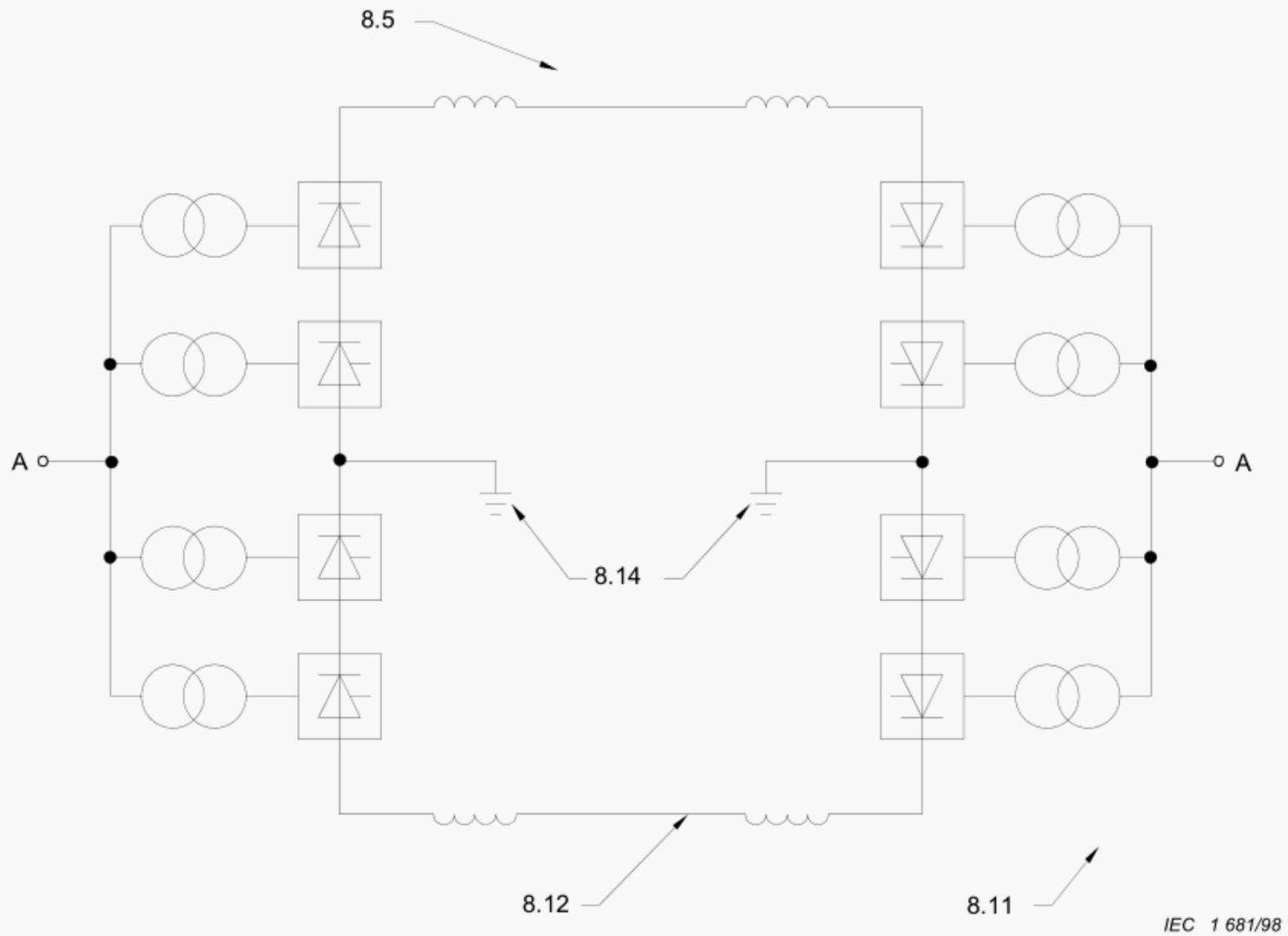
Figure 6 – Courbes caractéristiques de tension aux bornes d'une valve



Légende

A	Réseau à courant alternatif	9.3	Parafoudre d'inductance de lissage
B	Borne de courant continu	9.4	Filtre côté courant continu
6.1 (a)	Unité de conversion ($p = 6$)	9.5	Circuit d'amortissement côté courant continu
6.1 (b)	Unité de conversion ($p = 12$)	9.6	Condensateur d'étouffement côté courant continu
6.2	Pont de conversion	9.7	Parafoudre de barre à courant continu
6.16	Parafoudre de barre à courant continu d'une unité de conversion	9.8	Parafoudre de ligne à courant continu
6.17	Parafoudre de barre à courant continu du milieu	9.9	Terre du poste
8.13	Pôle de ligne de transport CCHT	9.10	Condensateur de neutre (côté courant continu)
8.14	Electrode de terre	9.11	Parafoudre de neutre (côté courant continu)
8.15	Ligne de terre	9.12	Disjoncteur de transfert du retour métallique (DTRM)
9.1	Filtre côté courant alternatif	9.13	Disjoncteur de transfert du retour par la terre (DTRT)
9.2	Inductance (de lissage) côté courant continu		

Figure 7 – Exemple d'un poste à CCHT

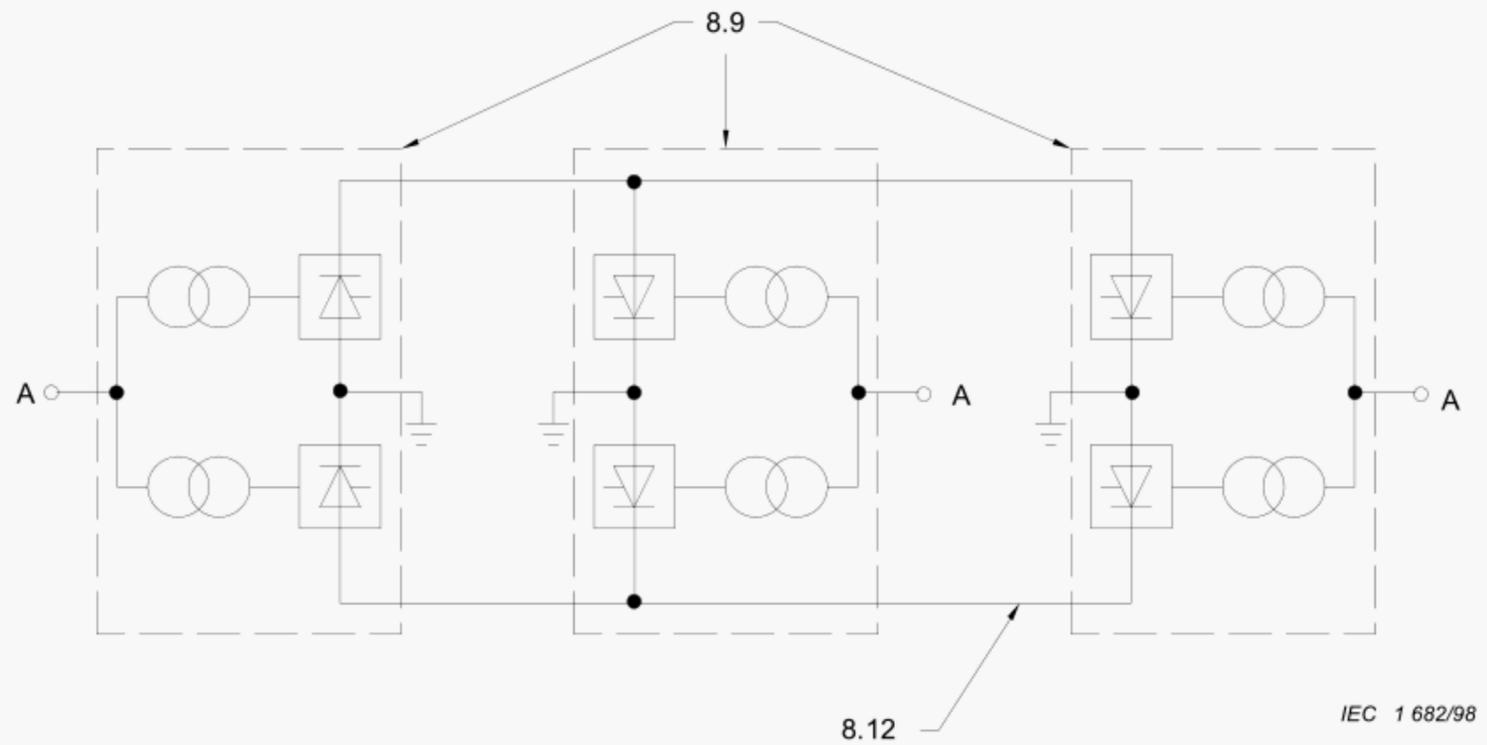


Légende

- | | | | |
|------|-----------------------------|------|-------------------------|
| A | Réseau à courant alternatif | 8.12 | Ligne de transport CCHT |
| 8.5 | Pôle de système CCHT | 8.14 | Electrodes de terre |
| 8.11 | Pôle de poste | | |

IEC 1 681/98

Figure 8 – Exemple d'un système de transport CCHT bipolaire à deux extrémités

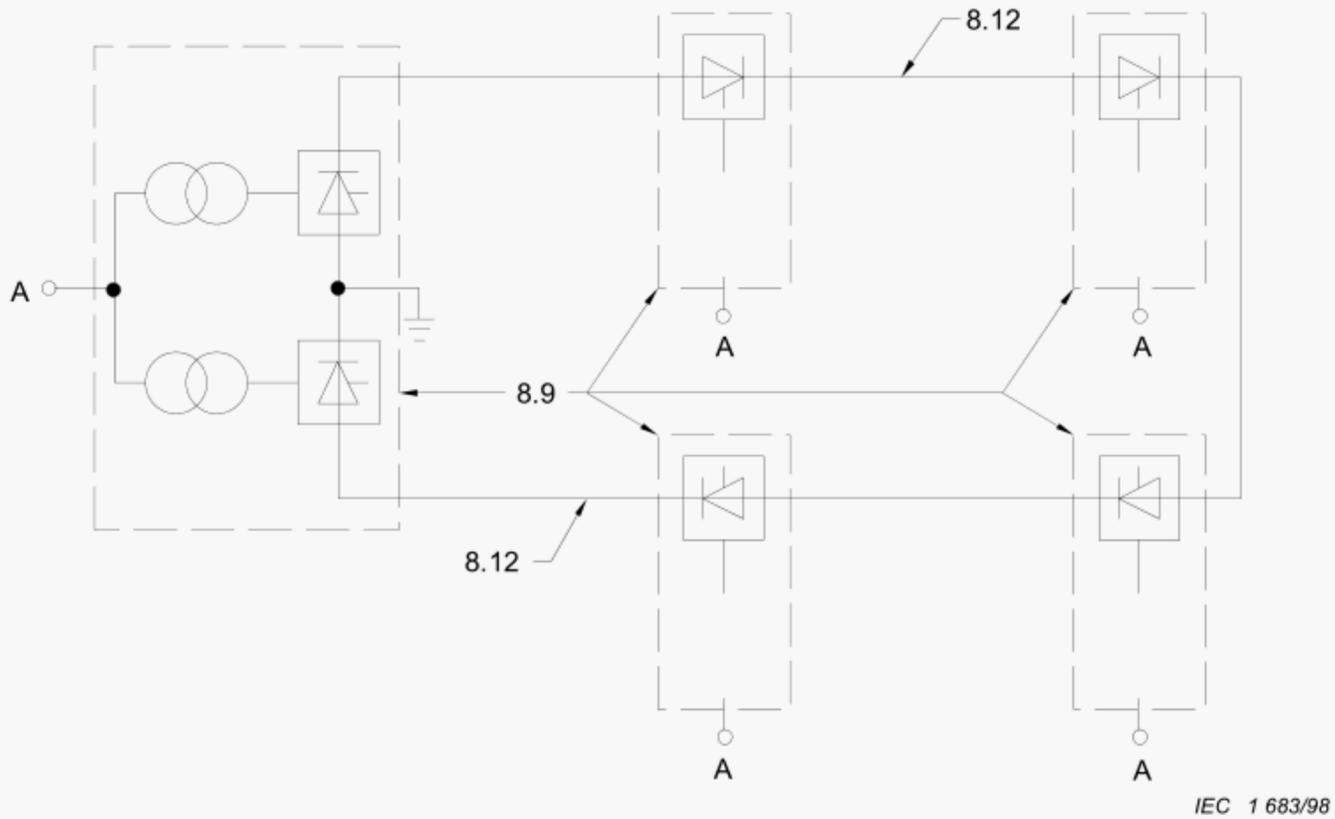


Légende

- | | |
|------|-----------------------------|
| A | Réseau à courant alternatif |
| 8.9 | Postes CCHT |
| 8.12 | Ligne de transport CCHT |

IEC 1 682/98

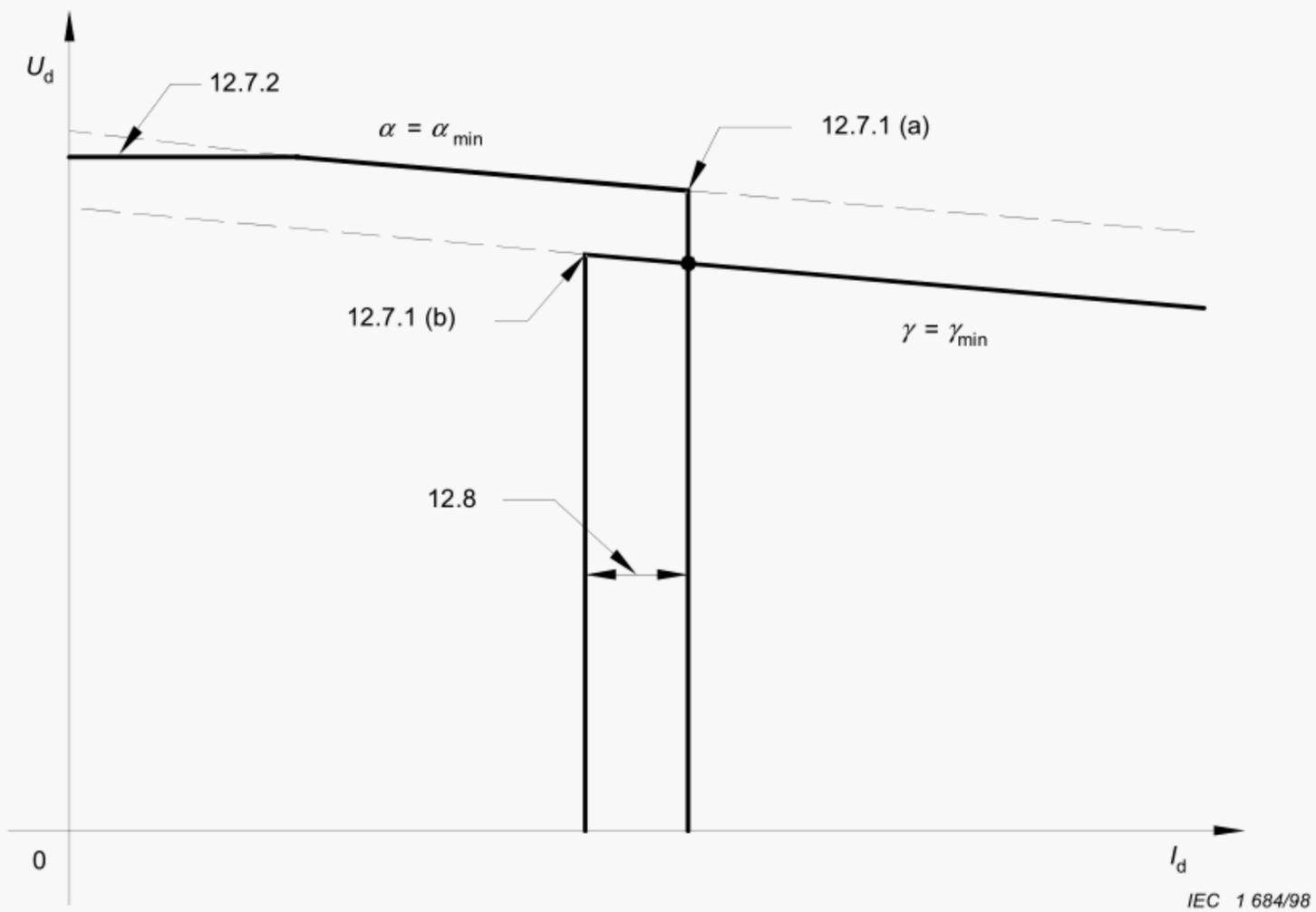
Figure 9 – Exemple d'un système de transport CCHT bipolaire à extrémités multiples avec les postes connectés en parallèle



Légende

- A Réseau à courant alternatif
- 8.9 Postes CCHT
- 8.12 Ligne de transport CCHT

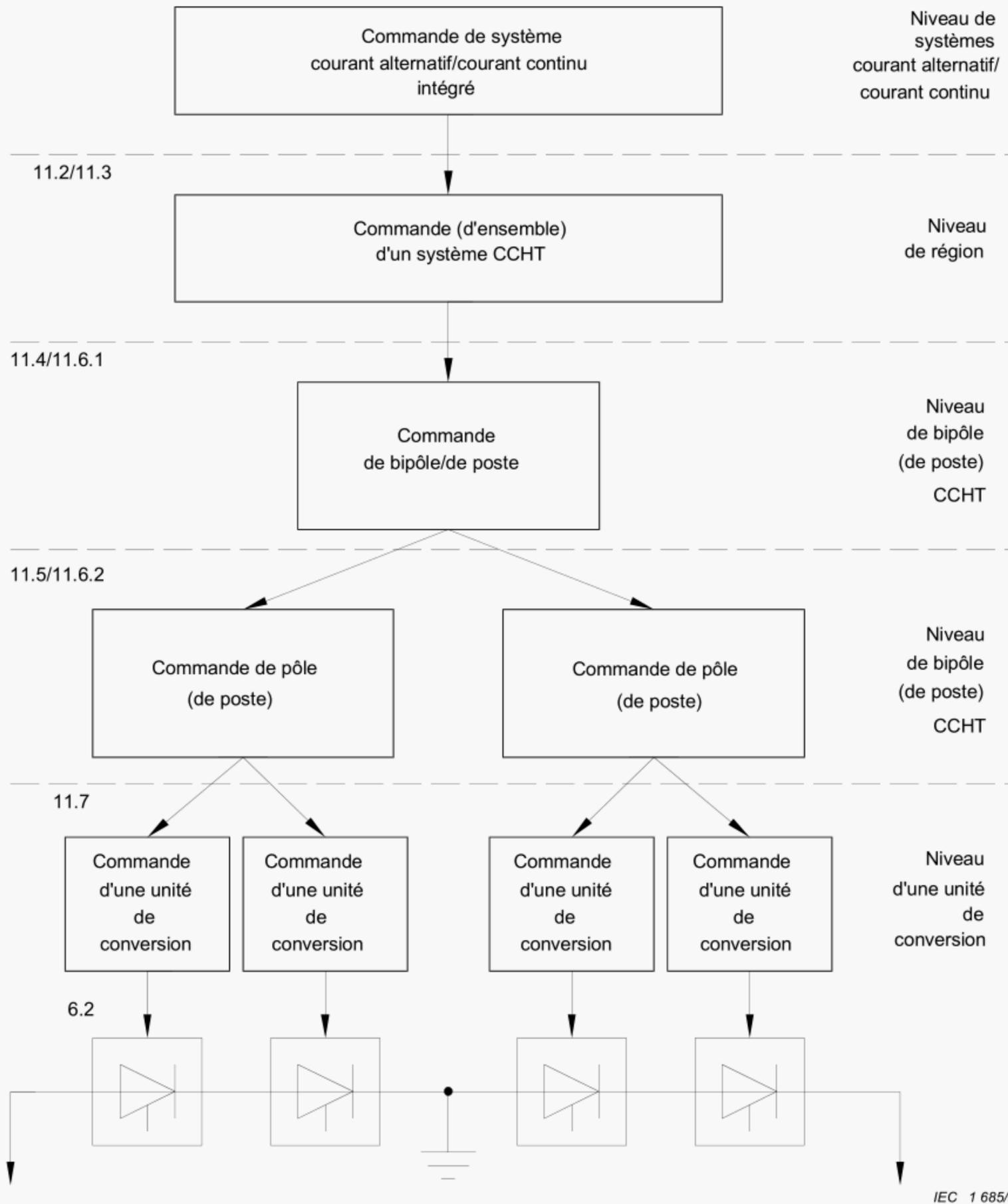
Figure 10 – Exemple d'un système de transport CCHT à extrémités multiples avec les postes connectés en série



Légende

- U_d Tension continue
- I_d Courant continu
- 12.7.1 (a) Consigne de courant (redresseur)
- 12.7.1 (b) Consigne de courant (onduleur)
- 12.7.2 Consigne de tension (redresseur)
- 12.8 Marge de courant

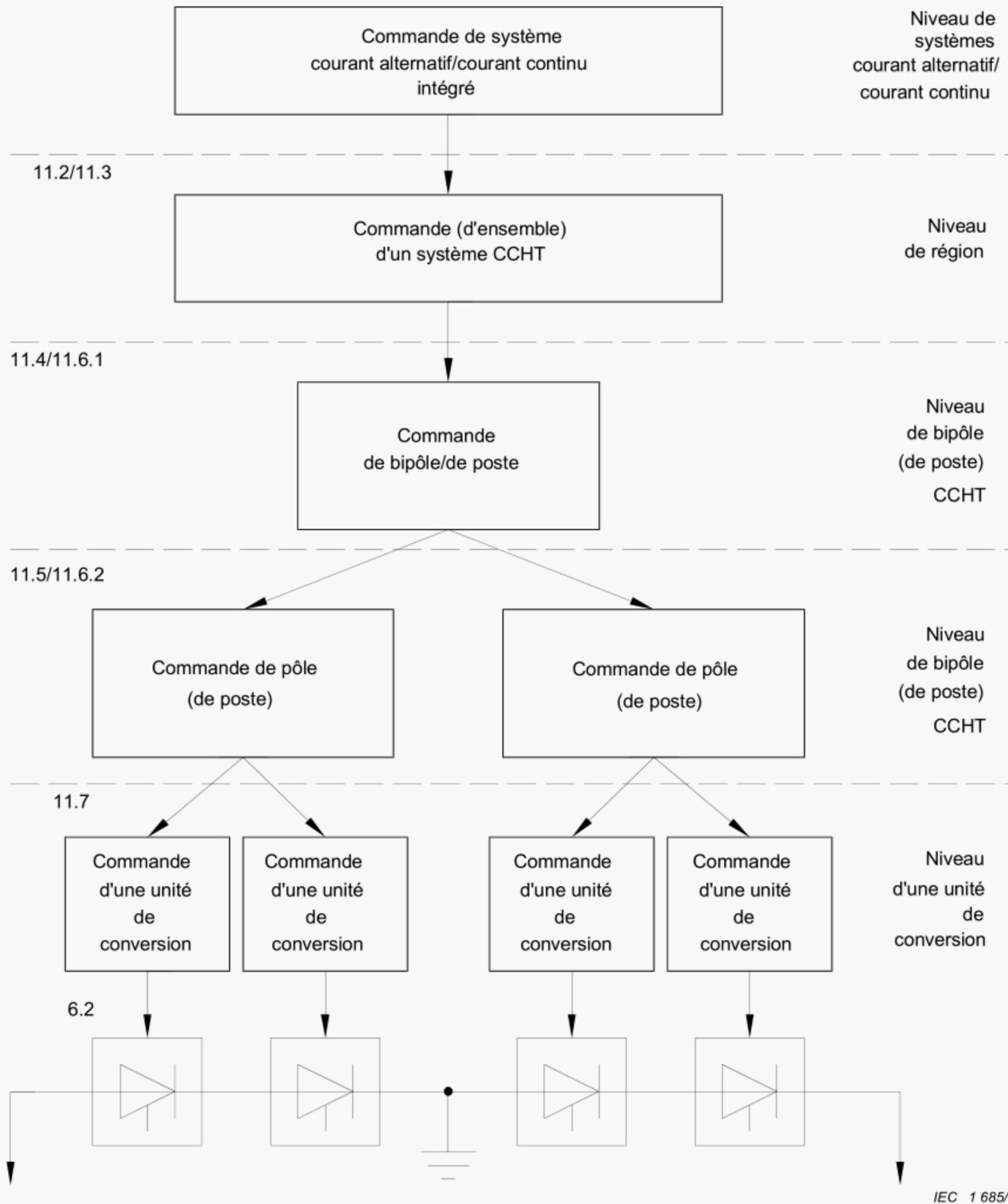
Figure 11 – Caractéristique courant-tension simplifiée en régime permanent d'un système CCHT à deux extrémités



Légende

- | | | | |
|------|------------------------------------|--------|------------------------------------|
| 6.2 | Pont (de conversion) | 11.5 | Commande de pôle de système CCHT |
| 11.2 | Commande d'un système CCHT | 11.6.1 | Commande de bipôle de poste (CCHT) |
| 11.3 | Commande d'ensemble (CCHT) | 11.6.2 | Commande de pôle de poste (CCHT) |
| 11.4 | Commande de bipôle de système CCHT | 11.7 | Commande d'une unité de conversion |

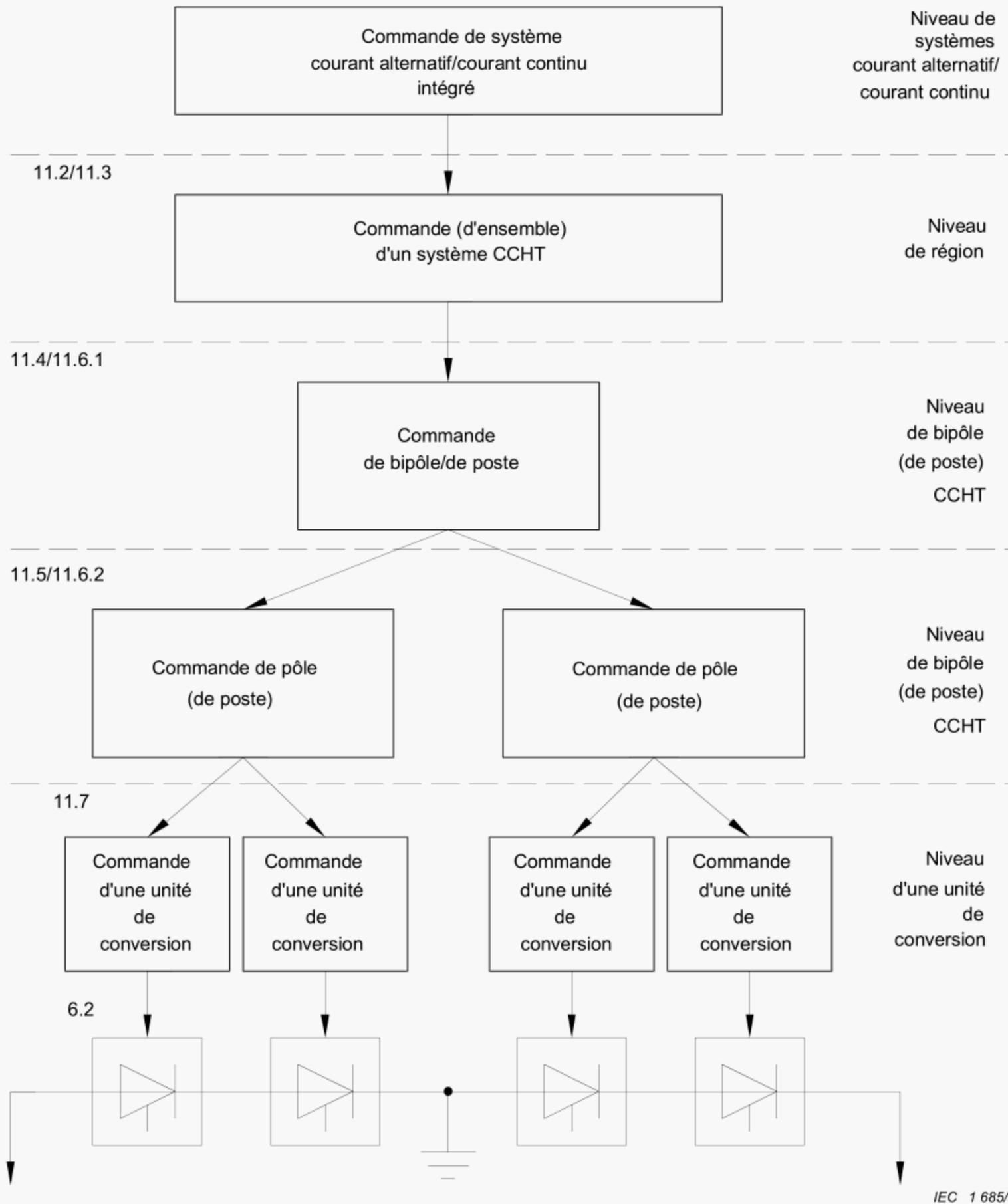
Figure 12 – Structure hiérarchique d'un système de commande CCHT



Légende

- | | | | |
|------|------------------------------------|--------|------------------------------------|
| 6.2 | Pont (de conversion) | 11.5 | Commande de pôle de système CCHT |
| 11.2 | Commande d'un système CCHT | 11.6.1 | Commande de bipôle de poste (CCHT) |
| 11.3 | Commande d'ensemble (CCHT) | 11.6.2 | Commande de pôle de poste (CCHT) |
| 11.4 | Commande de bipôle de système CCHT | 11.7 | Commande d'une unité de conversion |

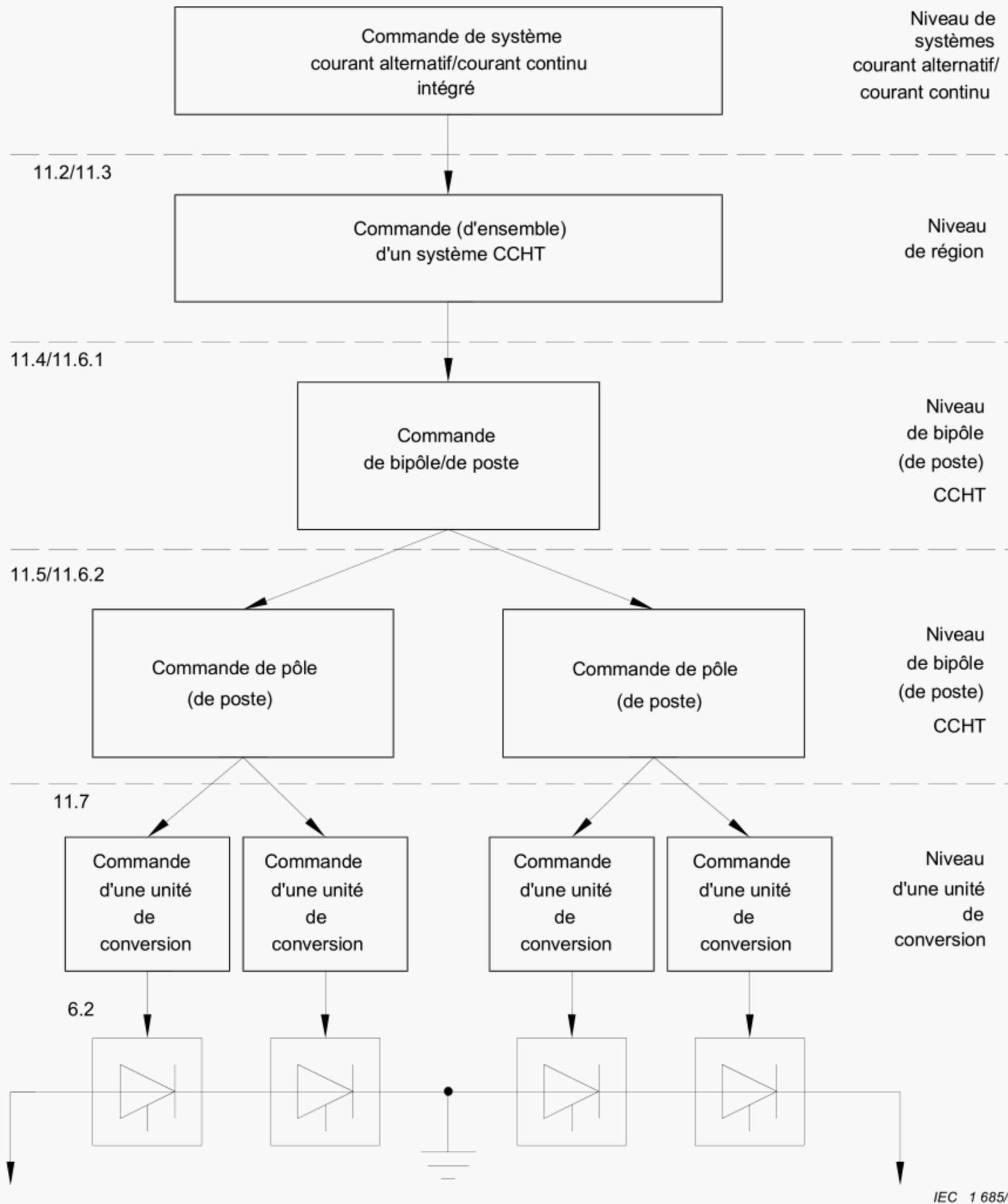
Figure 12 – Structure hiérarchique d'un système de commande CCHT



Légende

- | | | | |
|------|------------------------------------|--------|------------------------------------|
| 6.2 | Pont (de conversion) | 11.5 | Commande de pôle de système CCHT |
| 11.2 | Commande d'un système CCHT | 11.6.1 | Commande de bipôle de poste (CCHT) |
| 11.3 | Commande d'ensemble (CCHT) | 11.6.2 | Commande de pôle de poste (CCHT) |
| 11.4 | Commande de bipôle de système CCHT | 11.7 | Commande d'une unité de conversion |

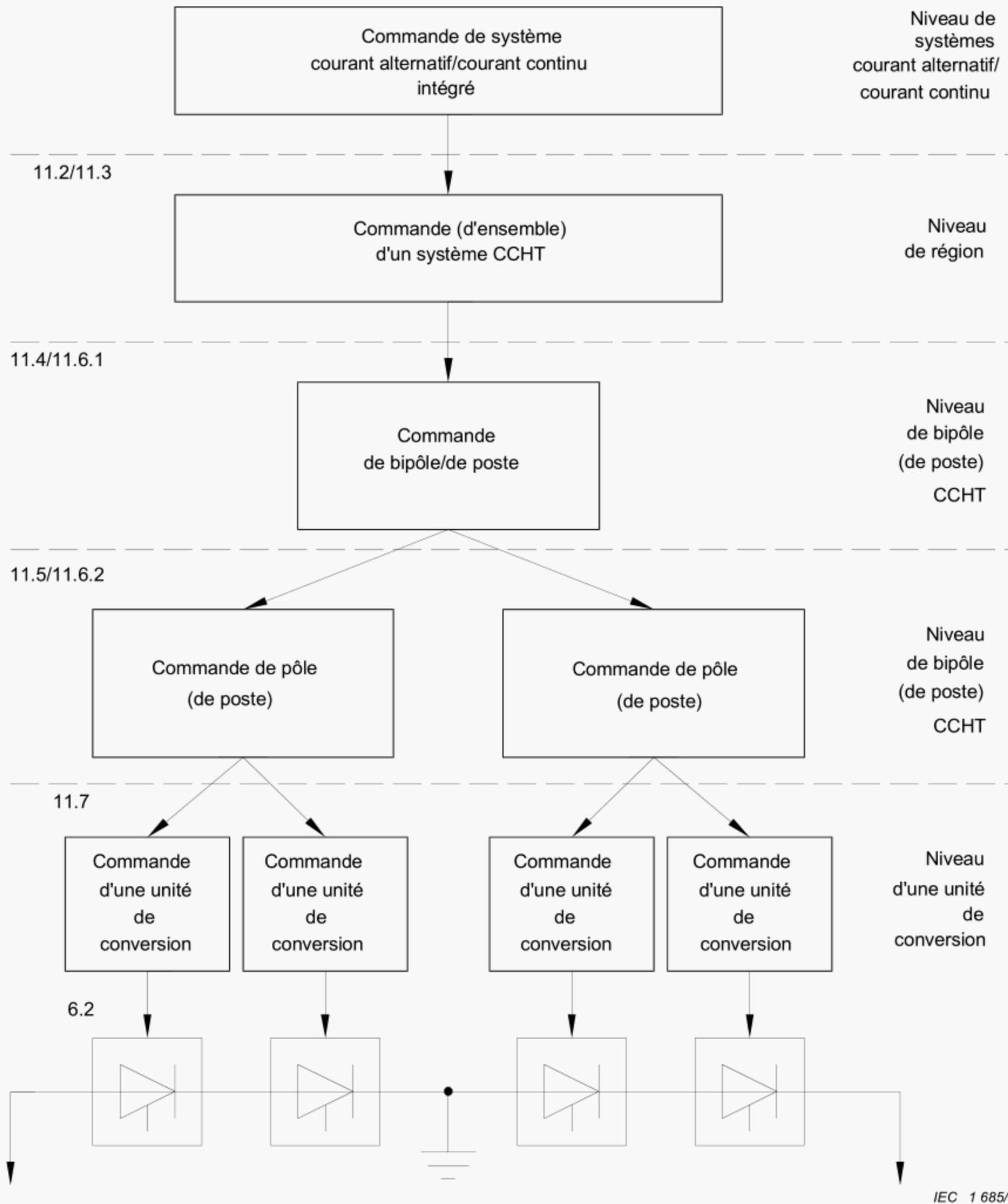
Figure 12 – Structure hiérarchique d'un système de commande CCHT



Légende

- | | | | |
|------|------------------------------------|--------|------------------------------------|
| 6.2 | Pont (de conversion) | 11.5 | Commande de pôle de système CCHT |
| 11.2 | Commande d'un système CCHT | 11.6.1 | Commande de bipôle de poste (CCHT) |
| 11.3 | Commande d'ensemble (CCHT) | 11.6.2 | Commande de pôle de poste (CCHT) |
| 11.4 | Commande de bipôle de système CCHT | 11.7 | Commande d'une unité de conversion |

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



Légende

- | | | | |
|------|------------------------------------|--------|------------------------------------|
| 6.2 | Pont (de conversion) | 11.5 | Commande de pôle de système CCHT |
| 11.2 | Commande d'un système CCHT | 11.6.1 | Commande de bipôle de poste (CCHT) |
| 11.3 | Commande d'ensemble (CCHT) | 11.6.2 | Commande de pôle de poste (CCHT) |
| 11.4 | Commande de bipôle de système CCHT | 11.7 | Commande d'une unité de conversion |

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