

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

Publication 84

Première édition — First edition

1957

Recommandations pour les convertisseurs à vapeur de mercure

Recommendations for Mercury-arc Convertors



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Électrotechnique Internationale
1, rue de Varembe
Genève, Suisse

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

Publication 84

Première édition — First edition

1957

Recommandations pour les convertisseurs à vapeur de mercure

Recommendations for Mercury-arc Convertors



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Électrotechnique Internationale
1, rue de Varembé
Genève, Suisse

SOMMAIRE

Préambule	4
Préface	4
100 <i>Généralités</i>	6
105 Objet des recommandations	6
115 Termes généraux	6
120 Classification des soupapes à vapeur de mercure	8
125 Classification des méthodes de refroidissement des soupapes	10
130 Définitions	12
135 Définitions de régime nominal	16
140 Désignations des enroulements du transformateur	18
150 Circuits et conditions de fonctionnement	20
155 Facteurs du côté alternatif	22
160 Variation de tension	22
165 Forme sinusoïdale pratique de la tension du réseau à courant alternatif	24
170 Symétrie des tensions du système polyphasé côté réseau	24
175 Conditions de service	26
180 Essais	26
185 Liste des principaux symboles littéraux	28
200 <i>Soupapes</i>	36
210 Conditions de service	36
220 Limites de température de la soupape	38
240 Puissance en fonction du réglage de la tension continue	38
250 Essais	38
260 Pertes de la soupape	42
270 Entretien du vide	44
280 Essais d'isolement	46
290 Plaque signalétique	50
300 <i>Transformateur et bobines d'inductance</i>	52
310 Généralités	52
330 Essais	52
340 Pertes et chutes de tension du transformateur et des bobines d'inductance	54
350 Essais d'isolement	64
360 Plaque signalétique	66
400 <i>Convertisseur</i>	68
410 Classifications de régime nominal	68
420 Rendement	70
430 Facteurs de puissance	72
440 Variations propre et totale de tension	76
450 Harmoniques et questions connexes	84
500 <i>Tolérances, s'il y a lieu</i>	94

CONTENTS

Foreword	5
Preface	5
100 <i>General</i>	7
105 Scope of these recommendations	7
115 General terms	7
120 Classification of mercury-arc valves	9
125 Classification of cooling methods for valves	11
130 Definitions	13
135 Rating definitions	17
140 Designation of transformer windings	19
150 Circuits and operating conditions	21
155 Factors on a.c. side	23
160 Voltage regulation	23
165 Practical sine wave form of the voltage on the line side	25
170 Symmetry of voltage of polyphase system on the line side	25
175 Service conditions	27
180 Tests	27
185 List of principal letter symbols	29
200 <i>Valves</i>	37
210 Service conditions	37
220 Temperature limits for the valve	39
240 Output in relation to adjustment of d.c. voltage	39
250 Tests	39
260 Valve losses	43
270 Maintenance of vacuum	45
280 Insulation tests	47
290 Rating plate	51
300 <i>Transformer and Reactors</i>	53
310 General	53
330 Tests	53
340 Losses and voltage drops in the transformer and reactors	55
350 Insulation tests	65
360 Rating plate	67
400 <i>Converter</i>	69
410 Rating classifications	69
420 Efficiency	71
430 Power factors	73
440 Inherent and total voltage regulation	77
450 Harmonics and associated effects	85
500 <i>Tolerances, if any</i>	95

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

RECOMMANDATIONS POUR LES CONVERTISSEURS A VAPEUR DE MERCURE

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux
- 3) Dans le but d'encourager cette unification internationale, la C E I exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C E I dans la mesure où les conditions nationales le permettent
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

L'élaboration des présentes Recommandations a commencé en 1935 à Scheveningen, lors de la première réunion du Comité d'Etudes N° 22. Depuis lors, de nombreuses réunions de ce Comité et de son Sous-Comité N° 1 ont eu lieu à Santa Margherita Ligure (1937), Zürich (avril 1938), Torquay (juin 1938), Zürich (décembre 1938), et après la guerre à Suresa (1949), Paris (1950), Scheveningen (1952) et Opatija (1953). Un Comité de Rédaction a préparé un nouveau projet au cours d'une réunion tenue à Baden (Suisse) en 1953. Ce document fut ensuite discuté à Philadelphie (1954) et un projet définitif en résulta. Ce document fut diffusé en juin 1955 pour approbation suivant la Règle des Six Mois.

Les pays suivants ont donné leur accord explicite à la publication de ce document

Autriche
Belgique
Danemark
Etats-Unis d'Amérique
France
Italie
Japon
Norvège

Pays-Bas
République Fédérale Allemande
Royaume-Uni
Suède
Suisse
Union des Républiques Socialistes
Soviétiques
Yougoslavie

Aucun pays n'a voté contre l'approbation

Les deux pays suivants se sont abstenus de voter

Inde

Union Sud-Africaine

Le Comité de l'Union Sud-Africaine estime que l'altitude indiquée à l'article 211 devrait avoir de préférence un maximum de 2000 mètres, car la majorité des soupapes utilisées en Afrique du Sud sont installées à cette altitude.

Les observations présentées par l'Italie, le Japon, les Pays-Bas, le Royaume-Uni, l'U R S S et la Yougoslavie ont été prises en considération par le Comité de Rédaction, pour autant qu'elles ne changent pas le sens du texte approuvé par le Comité d'Etudes N° 22. Les autres observations seront examinées à l'occasion de la première révision des présentes Recommandations, qui sera nécessaire pour étendre le domaine d'application fixé provisoirement à l'article 105.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RECOMMENDATIONS FOR MERCURY-ARC CONVERTORS

FOREWORD

- (1) The formal decisions or agreements of the I E C on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with
- (2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense
- (3) In order to promote this international unification, the I E C expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the I E C recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit
- (4) The desirability is recognised of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end

PREFACE

Work on the present Recommendations was started in 1935 at the first meeting of Advisory Committee No 22, as it was then known, at Scheveningen. Many meetings of this Committee and its successor, Technical Committee No 22 and Sub-Committee 22-1, have been held since that date. Santa Margherita Ligure (1937), Zürich (April, 1938), Torquay (June, 1938), Zürich (December, 1938), and after the war, Stresa (1949), Paris (1950), Scheveningen (1952) and Opatija (1953). After this latter meeting an Editing Committee prepared a new draft at its meeting in Baden, Switzerland, 1953, which document was then discussed in Philadelphia in 1954. As a result of this meeting a final draft was circulated for approval under the Six Months' Rule in June, 1955.

This final draft was explicitly approved by the following countries

Austria	Norway
Belgium	Sweden
Denmark	Switzerland
France	United States of America
German Federal Republic	United Kingdom
Italy	Union of Soviet Socialist Republics
Japan	Yugoslavia
Netherlands	

No country voted against approval

The following two countries abstained from voting

India
Union of South Africa

The South African Committee considered that the altitude indicated in Clause 211 should preferably have a maximum of 2000 metres since the majority of valves used in South Africa are erected at this altitude.

The comments submitted by Italy, Japan, Netherlands, United Kingdom, U S S R and Yugoslavia have been taken into consideration by the Editing Committee in so far as they do not change the meaning of the text approved by Technical Committee No 22. The remaining comments will be considered on the occasion of the first revision of the present Recommendations, which will be necessary to extend the scope of application as mentioned in Clause 105.

100

GÉNÉRALITÉS

105 Objet des recommandations

Les présentes recommandations s'appliquent aux convertisseurs à vapeur de mercure. Pour le moment, elles ne sont applicables qu'aux convertisseurs de courant alternatif en courant continu d'une puissance nominale totale d'au moins 50 kW, d'un courant continu nominal de 10 A au moins et d'une tension continue nominale de 5000 V au plus.

110 Note

Les termes, définitions, symboles et marques de bornes adoptés dans le présent document sont conformes dans la mesure du possible aux publications spéciales de la C E I sur les termes, définitions, symboles et marques de bornes. Dans le cas contraire, ils ne doivent pas être considérés comme des recommandations officielles de la C E I, mais seulement comme un moyen de faciliter la compréhension du présent document.

Pour les autres termes et définitions dans ce domaine non indiqués ci-dessous, voir le Vocabulaire Electrotechnique International de la C E I.

115 Termes généraux

- 115-1 *Soupape à vapeur de mercure* Dispositif comprenant un ou plusieurs trajets conducteurs unidirectionnels avec une cathode liquide de mercure dans une enveloppe à vide unique. Dans les présentes recommandations, ce terme est désigné en abrégé par «soupape».
- 115-2 *Jeu de soupapes* Une ou plusieurs soupapes combinées et fonctionnant ensemble comme une unité.
- 115-3 *Convertisseur à vapeur de mercure* Dispositif complet utilisant l'effet de soupape pour la conversion de l'énergie électrique, comprenant une ou plusieurs soupapes à vapeur de mercure, des transformateurs, s'il y a lieu, et des accessoires. Dans les présentes recommandations ce terme est désigné en abrégé par «convertisseur».
- 115-4 *Redresseur à vapeur de mercure* Convertisseur à vapeur de mercure pour la conversion de courant alternatif en courant continu. Dans les présentes recommandations ce terme est désigné en abrégé par «redresseur».
- 115-5 *Équipement convertisseur à vapeur de mercure* Dispositif comprenant un convertisseur à vapeur de mercure et l'appareillage essentiel d'interruption et constituant une unité.

100

GENERAL

105 Scope of these Recommendations

These Recommendations apply to mercury-arc convertors. For the present they apply only to convertors for the conversion of a.c. to d.c. with total rated power of at least 50 kW, rated direct current of at least 10 A and rated d.c. voltage up to 5000 V.

110 Note

The terms, definitions, symbols and terminal markings adopted in this document conform as closely as possible with the special I.E.C. Publications on terms, definitions, symbols and terminal markings. Where this is not so, they are not to be regarded as official recommendations of the I.E.C., but only as an aid to express the meaning of the present document. For other terms and definitions in this field not included below see the International Electrotechnical Vocabulary of the I.E.C.

115 General terms

- 115-1 *Mercury-arc valve* A device comprising one or more unidirectionally conducting paths with mercury pool cathode and having a single vacuum chamber.
In these Recommendations this term is abbreviated to “valve”
- 115-2 *Valve set* One or more valves combined and operated together as a unit
- 115-3 *Mercury-arc convertor* A complete operative assembly using valve action for conversion of electrical power, comprising one or more mercury-arc valves, transformers, if any, and auxiliaries.
In these Recommendations this term is abbreviated to “convertor”
- 115-4 *Mercury-arc rectifier* Mercury-arc convertor for conversion from a.c. to d.c.
In these Recommendations this term is abbreviated to “rectifier”
- 115-5 *Mercury-arc convertor equipment* An assembly comprising a mercury arc convertor and the essential switchgear, which are operated together as a unit

120 Classification des soupapes à vapeur de mercure

120-1 Les soupapes à vapeur de mercure peuvent être classées suivant la matière utilisée pour l'enveloppe, le nombre d'anodes, leur fonctionnement avec ou sans pompes, leur genre de réfrigération et leur genre de contrôle s'il y a lieu

120-2 La fig 1 à la page 9a représente, à titre d'exemple, différentes soupapes

A – Soupape polyanodique à ampoule de verre avec grilles

B – Soupape monoanodique à cuve d'acier, scellée, ventilée et avec grilles

C – Soupape polyanodique à cuve d'acier, à vide entretenu, refroidie à eau et avec grilles

D – Soupape monoanodique à cuve d'acier, scellée, refroidie à eau, commandée par igniteur (ignition)

120-3

Légende des figures A, B, C, D

- 1 Borne cathodique
- 2 Cathode à mercure
- 3 Electrode d'amorçage (igniteur dans la fig D)
- 4 Anode d'excitation
- 5 Borne d'anode
- 6 Réfrigérant d'anode
- 7 Tige d'anode
- 8 Isolateur d'anode
- 9 Anode principale
- 10 Gaine d'anode
- 11 Bras d'anode
- 12 Grille
- 13 Ecran
- 14 Cuve ou ampoule
- 15 Dôme de condensation
- 16 Chemise de réfrigération
- 17 Ailettes de réfrigération
- 18 Fluide de refroidissement
- 19 Isolateur support
- 20 Joint de fermeture
- 21 Robinet
- 22 Conduite de vide
- 23 Indicateur de vide, vacuomètre
- 24 Pompe à vide élevé
- 25 Clapet de retenue
- 26 Pompe à vide préliminaire

120 Classification of mercury-arc valves

120-1 Mercury-arc valves can be classified according to the material used for the container, the number of anodes, whether operation with or without pumps, the cooling method, or the kind of control used, if any

120-2 Figure 1 on page 9a represents examples of different valves

A – Multi-anode glass-bulb valve with grid control

B – Sealed single-anode steel-tank valve with air cooling and grid control

C – Pumped multi-anode steel-tank valve with water cooling and grid control

D – Sealed single-anode steel-tank valve with water cooling and ignitor control (ignition)

120-3

Legend to the Figures A, B, C, D

- 1 Cathode terminal
- 2 Mercury cathode
- 3 Ignition electrode (being in Figure D an ignitor)
- 4 Excitation anode
- 5 Anode terminal
- 6 Anode cooler
- 7 Anode stem
- 8 Anode insulator
- 9 Main anode
- 10 Anode shield
- 11 Anode arm
- 12 Grid
- 13 Baffle
- 14 Tank or bulb
- 15 Condensation dome
- 16 Cooling jacket
- 17 Cooling fins
- 18 Cooling medium
- 19 Supporting insulator
- 20 Sealed exhaust tube
- 21 Vacuum valve
- 22 Vacuum pipe
- 23 Vacuum gauge
- 24 Low-pressure vacuum pump
- 25 Intermediate vacuum valve
- 26 High-pressure vacuum pump

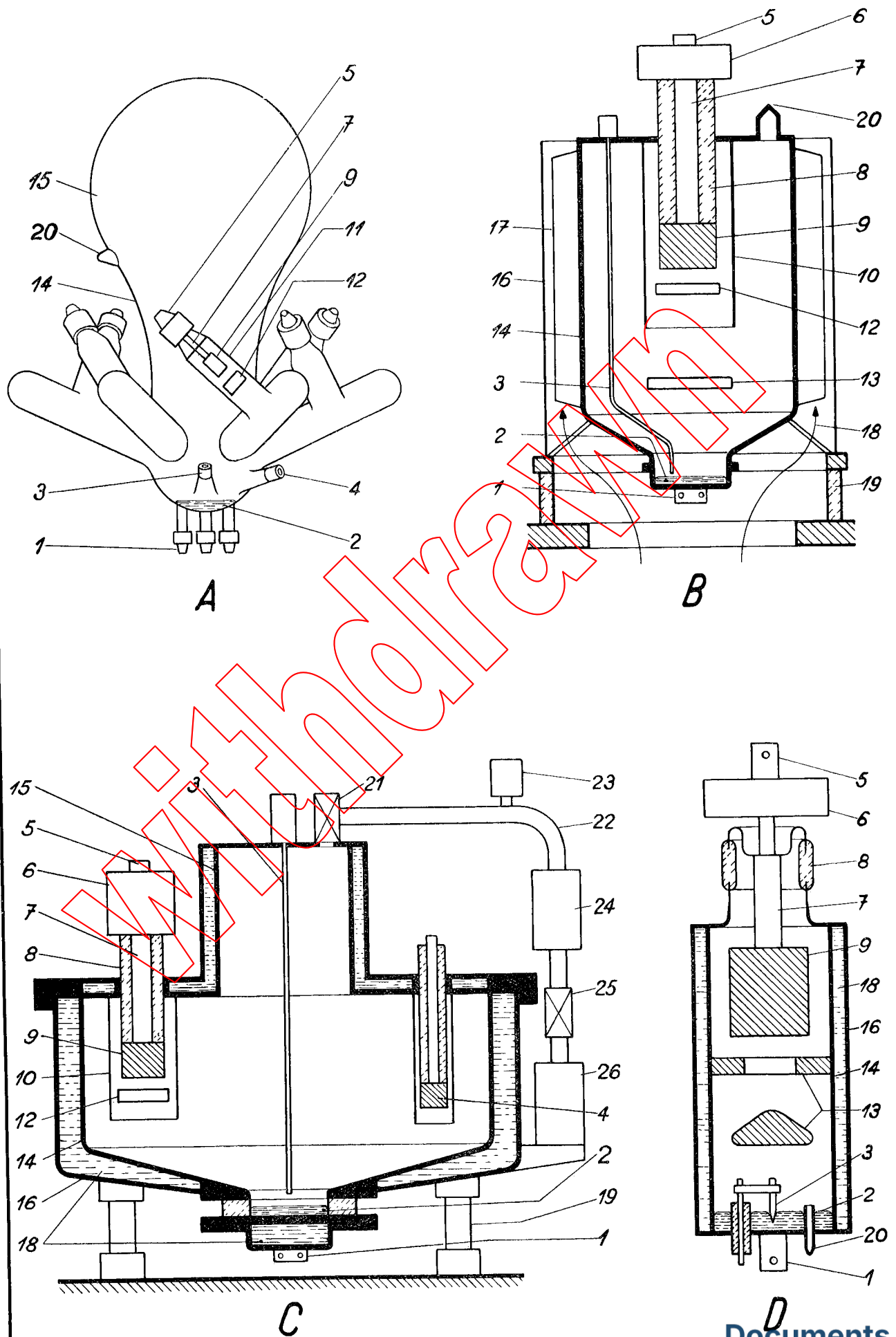


Fig 1

125 Classification des méthodes de refroidissement des soupapes

Les méthodes générales utilisées jusqu'à présent sont :

- 125-1 *Refroidissement naturel* La soupape est refroidie par la circulation naturelle de l'air qui l'environne
- 125-2 *Refroidissement à air avec ventilation forcée* La soupape est refroidie par la circulation forcée de l'air, celle-ci étant obtenue par exemple au moyen d'un ventilateur. L'air de refroidissement peut être pris au voisinage immédiat de la soupape ou à l'extérieur ou dans un endroit de température différente de celle de l'air ambiant
- 125-3 *Refroidissement par circulation d'air refroidi à l'eau* La soupape est refroidie par une circulation d'air. Cet air est refroidi par eau perdue dans un réfrigérant séparé
- 125-4 *Refroidissement à eau perdue* La soupape est refroidie par de l'eau constamment renouvelée
- 125-5 *Refroidissement à eau par mélange* La soupape est refroidie par une circulation d'eau, cette eau est refroidie en y ajoutant de l'eau fraîche
- 125-6 *Refroidissement par circulation d'eau refroidie à l'eau* La soupape est refroidie par une circulation d'eau; cette eau est refroidie par eau perdue dans un réfrigérant séparé
- 125-7 *Refroidissement par circulation d'eau refroidie à l'air* La soupape est refroidie par une circulation d'eau; cette eau est refroidie par ventilation forcée dans un réfrigérant séparé
- 125-8 *Refroidissement par d'autres liquides* A la place d'eau de circulation on peut employer de l'huile ou d'autres fluides de refroidissement convenables
- 125-9 *Note* Plusieurs modes de refroidissement peuvent être utilisés pour les diverses parties d'une même soupape

125 Classification of cooling methods for valves

The methods most commonly used to-day are

- 125-1 *Natural cooling* The valve is cooled by the natural cooling of the ambient air
- 125-2 *Cooling by forced ventilation* The valve is cooled by a forced ventilation arrangement, this arrangement may for instance be in the form of a fan. The cooling air can be taken from the immediate proximity of the valve or from outdoors, or from a place at a different temperature from that of the ambient air
- 125-3 *Cooling by air-to-water heat exchanger* The valve is cooled by circulating air which is cooled in a heat exchanger by water from an external supply
- 125-4 *Tap water cooling* The valve is cooled by water from an external supply
- 125-5 *Tap water cooling with circulation* The valve is cooled by circulating water which is cooled by the addition of water from an external supply
- 125-6 *Cooling by water-to-water heat exchanger* The valve is cooled by circulating water which is cooled in a heat exchanger by water from an external supply
- 125-7 *Cooling by water-to-air heat exchanger* The valve is cooled by circulating water which is cooled in a heat exchanger by forced ventilation
- 125-8 *Cooling by other liquids* Instead of circulating water, oil or other suitable liquids can be used
- 125-9 *Note* Different cooling methods may be used for different parts of the same valve

130 Définitions

130-1 *Groupe commutant* Groupe de trajets de décharge et de phases commutant indépendamment des autres Un tel groupe comprend tous les enroulements dont les commutations coïncident

130-2 *Indice de commutation q* Nombre de commutations qui s'effectuent pendant une période dans chaque groupe commutant

130-3 *Rapport d'ondulation p* Caractéristique d'un mode de connexion de convertisseur, qui s'exprime par le nombre de commutations non coïncidentes qui s'effectuent pendant une période dans le convertisseur

130-4 *Tension entre phase et neutre U_o* Pour les couplages sans point neutre on la déduit de la tension efficace $U_{\psi o}$ qui apparaît pendant le fonctionnement à vide entre deux phases quelconques du système à courant alternatif connecté aux électrodes de la soupape et de l'angle ψ entre ces deux phases, par la formule

$$U_o = \frac{U_{\psi o}}{2 \sin \frac{\psi}{2}}$$

130-5 *Tension continue fictive à vide U_{dio}* Tension continue théorique à vide d'un convertisseur en supposant qu'il n'y a ni réduction de tension par réglage de phase, ni chute de tension dans l'arc, ni surélévation de tension aux faibles charges Elle se déduit de la tension entre phase et neutre U_o , de l'indice de commutation q et du nombre s des groupes commutants en série par la formule

$$U_{dio} = \sqrt{2} U_o \frac{q}{\pi} s \sin \frac{\pi}{q} = \sqrt{2} U_{\psi o} \frac{q}{2\pi} s \frac{\sin \frac{\pi}{q}}{\sin \frac{\psi}{2}}$$

130-6 *Tension effective de crête U_m* La valeur de crête de la plus grande différence de potentiel (à l'exclusion des surtensions transitoires) qui peut exister entre deux points quelconques en considération

130-7 *Tension électrodique U_{Em}* $\sqrt{2}$ fois la plus haute tension efficace qui apparaît pendant le fonctionnement à vide entre les bornes extrêmes du système à courant alternatif connecté aux électrodes de la soupape ou du jeu de soupapes (Si le circuit contient des bobines d'absorption elles sont à considérer comme mises en court-circuit)

130 Definitions

130-1 *Commutating group* A group of discharge paths and phases which commute independently of the others. Such a group shall include all windings whose commutations are simultaneous.

130-2 *Commutating number q* The number of commutations occurring during one cycle in each commutating group.

130-3 *Pulse number p* A characteristic of a converter connection expressed as the number of non-simultaneous commutations occurring during one cycle in the converter.

130-4 *Phase-to-neutral voltage U_o* For connections without neutral this is obtained from the r.m.s. voltage $U_{\psi o}$ which appears at no load between any two phases of the a.c. system connected to the electrodes of the valve, and from the angle ψ between these two phases, by the formula

$$U_o = \frac{U_{\psi o}}{2 \sin \frac{\psi}{2}}$$

130-5 *Ideal no-load d.c. voltage U_{dio}* The theoretical no-load d.c. voltage of a converter, assuming no reduction by phase control, no arc voltage drop and no voltage rise at small loads. It is obtained from the phase to neutral voltage U_o , the commutating number q and the number of series-connected commutating groups s by the formula

$$U_{dio} = \sqrt{2} U_o \frac{q}{\pi} s \sin \frac{\pi}{q} = \sqrt{2} U_{\psi o} \frac{q}{2\pi} s \frac{\sin \frac{\pi}{q}}{\sin \frac{\psi}{2}}$$

130-6 *Crest working voltage U_m* The maximum instantaneous difference of potential (excluding transient overvoltage) which may exist between any two points under consideration.

130-7 *Electrode voltage U_{Em}* $\sqrt{2}$ times the highest r.m.s. voltage at no-load between extreme terminals of the a.c. system connected to the electrodes of the valve or valve set (if interphase transformers are used, they should be regarded as short-circuited).

- 130-8 *Chute ohmique de tension continue* Chute de tension continue, pour une charge déterminée, due aux résistances (résistance de l'arc exclue), et exprimée soit en volts (D_i) soit en pour cent (d_i) de la tension continue fictive à vide U_{dio}
- 130-9 *Chute inductive de tension continue* Chute de tension continue, pour une charge déterminée, due à l'inductance du côté alternatif, exprimée soit en volts (D_x) soit en pour cent (d_x) de la tension continue fictive à vide U_{dio}
- 131-0 *Réglage de phase* Procédé pour faire varier l'instant de la période à partir duquel on permet l'allumage d'une anode
- 131-1 *Commande par grilles* Réglage de phase au moyen de tensions appliquées à des grilles de commande
- 131-2 *Commande par igniteurs* Réglage de phase au moyen de tensions appliquées à des igniteurs
- 131-3 *Angle de retard α* Intervalle de temps, exprimé en unités d'angle électrique, pendant lequel le point de départ de la commutation est retardé par le réglage de phase (152-4) par rapport au fonctionnement en redresseur sans réglage de phase, y compris éventuellement l'angle de retard propre α_p (431-114, 445-25)
- 131-4 *Coefficient de réglage* Rapport de la tension continue, pour un angle de retard donné, à la tension continue pour un angle de retard nul, en supposant nulles toutes les chutes de tension
- 131-5 *Appareillage de réglage de phase* Dispositif servant à produire et à distribuer les impulsions de commande, et à modifier l'angle de retard
- 131-6 *Tension d'ondulation U_σ* Valeur efficace en volts de la composante alternative de la tension du côté continu d'un convertisseur (453-1)
- 131-7 *Formation* Traitement électrique, thermique ou autre traitement physique d'une soupape en vue d'extraire les gaz résiduels, les gaz occlus et certaines impuretés pour permettre le fonctionnement de la soupape

- 130-8 *Resistive d c voltage drop* The d c voltage drop, at a defined load, due to resistance (arc resistance excluded), generally expressed either in volts (D_r) or in per cent (d_r) of the ideal no-load d c voltage U_{dio}
- 130-9 *Inductive d c voltage drop* The d c voltage drop, at a defined load, due to a c side inductance, generally expressed either in volts (D_x) or in per cent (d_x) of the ideal no-load d c voltage U_{dio}
- 131-0 *Phase control* The process of varying the point within the cycle at which anode conduction is permitted to begin
- 131-1 *Grid control* Phase control by means of voltages impressed on control grids
- 131-2 *Ignitor control* Phase control by means of voltages impressed on ignitors
- 131-3 *Delay angle α* The time in electrical angular measure, by which the starting point of commutation is delayed by phase control, in relation to rectifier operation without phase control (152-4), including possible inherent delay angle α_p (431-114, 445-25)
- 131-4 *Phase-control factor* The ratio of the d c voltage at prevailing delay angle to the d c voltage at zero delay angle, where all voltage drops are assumed to be zero
- 131-5 *Phase control equipment* A device used for the production and distribution of the control impulses and to modify the delay angle
- 131-6 *Ripple voltage U_σ* The a c voltage component of the voltage on the d c side of a converter measured in r m s volts (453-1)
- 131-7 *Degassing* An electrical or thermal or other physical treatment of a valve for extracting residual and occluded gases and certain impurities to enable the valve to work

135 Définitions de régime nominal

- 135-1 *Régime nominal du convertisseur* Enoncé des possibilités de fonctionnement dans les conditions de service des présentes recommandations qui lui sont attribuées par le constructeur pour satisfaire aux demandes spécifiées par l'acheteur. Il comprend les grandeurs énumérées et définies ci-dessous et indiquées sur la plaque signalétique
- 135-2 *Tension continue nominale U_{d1}* Tension continue spécifiée servant de base au régime nominal. C'est la moyenne arithmétique de la tension entre les bornes à courant continu du convertisseur pour le courant continu nominal
- 135-3 *Courant continu nominal I_{d1}* Courant continu spécifié servant de base au régime nominal. C'est la moyenne arithmétique du courant continu que le convertisseur est capable de supporter dans les conditions de cycle de charge et de service spécifiées (voir le tableau III à la page 68a)
- 135-4 *Puissance nominale P_{d1}* Produit de la tension continue nominale et du courant continu nominal
- 135-5 *Courant continu nominal d'une soupape ou d'un jeu de soupapes* Moyenne arithmétique du courant continu que la soupape ou le jeu de soupapes est capable de supporter à sa borne de cathode. Il se déduit du courant continu nominal du convertisseur en tenant compte du mode de couplage
- 135-6 *Courant anodique efficace nominal I_{A1}* Valeur efficace du courant d'une anode, calculée d'après une allure rectangulaire du courant, quand la soupape débite son courant continu nominal
- 135-7 *Fréquence nominale f_1* Fréquence spécifiée du réseau du côté alternatif du convertisseur, servant de base au régime nominal

135 Rating definitions

- 135-1 *Rating of the converter* A statement of its capabilities under the service conditions of these Recommendations as assigned to it by the manufacturer to meet the requirements specified by the purchaser. It comprises the quantities listed and defined below and indicated on the rating plate.
- 135-2 *Rated d.c. voltage U_{d1}* The d.c. voltage specified as the basis of rating. It is the arithmetic mean value of the voltage between d.c. terminals of the converter at rated direct current.
- 135-3 *Rated direct current I_{d1}* The direct current specified as the basis of rating. It is the arithmetic mean value of the direct current which the converter shall be capable of carrying under the specified load cycle and service conditions (see Table III, page 69 a).
- 135-4 *Rated power P_{d1}* The product of the rated d.c. voltage and the rated direct current.
- 135-5 *Rated direct current of a valve or valve set* The arithmetic mean value of the direct current which the valve or valve set shall be capable of carrying at its cathode terminal. It is derived from the rated direct current of the converter with due consideration of the circuit arrangement.
- 135-6 *Rated r.m.s. anode current I_{A1}* The r.m.s. value of the anode current at rated direct current, computed on the basis of rectangular-shaped current.
- 135-7 *Rated frequency f_1* The frequency of the network on the a.c. side of the converter, specified as the basis of rating.

- 135-8 *Tension nominale U_{LI} de l'enroulement côté réseau* Valeur efficace spécifiée de la tension entre conducteurs de ligne sur le côté réseau du transformateur, servant de base au régime nominal. Si l'enroulement côté réseau a des prises, la tension nominale de l'enroulement côté réseau s'entend pour une prise spécifiée qui est désignée comme étant la prise principale.
- 135-9 *Tension nominale U_{vo} de l'enroulement côté soupape*
- 135-91 *Pour les couplages à simple voie (151-1)* Valeur efficace de la tension qui apparaît pendant le fonctionnement à vide entre les bornes de l'enroulement côté soupape et le point neutre correspondant (130-4), quand l'enroulement côté réseau est alimenté à sa tension nominale (135-8).
- 135-92 *Pour les couplages à double voie (151-2)* Valeur efficace de la tension qui apparaît pendant le fonctionnement à vide entre les bornes consécutives de l'enroulement côté soupape du transformateur, quand l'enroulement côté réseau est alimenté à sa tension nominale (135-8).
- 136-0 *Courant nominal côté réseau I_{LI}* Valeur efficace du courant dans une borne de ligne du transformateur, calculée à partir du courant continu nominal sur la base d'une forme rectangulaire des courants anodiques.
- 136-1 *Courant nominal côté soupape* Valeur efficace du courant total dans toutes les bornes d'une même phase côté soupape du transformateur, calculée à partir du courant continu nominal sur la base d'une forme rectangulaire des courants anodiques.
- 136-2 *Puissance nominale en ligne de l'enroulement côté réseau du transformateur* Puissance apparente en kVA aux bornes côté réseau à fréquence nominale, à tension nominale aux bornes côté réseau et à courant continu nominal du convertisseur, calculée d'après une forme rectangulaire des courants anodiques.

140 Désignations des enroulements du transformateur

- 140-1 *Enroulement côté réseau* Les enroulements qui sont directement connectés au réseau à courant alternatif.
- 140-2 *Enroulement côté soupape* Les enroulements connectés aux électrodes de la soupape ou du jeu de soupapes.

- 135-8 *Rated voltage U_{LI} of line winding* The 1 m s voltage between lines on the line side of the transformer, specified as the basis of rating. If the line winding is provided with taps, the rated voltage of the line winding shall refer to a specified tap, which is designated as the principal (rated) tap.
- 135-9 *Rated voltage U_{vo} of valve winding*
- 135-91 *For single-way connections (151-1)* The 1 m s no-load voltage between phase and neutral terminals of the valve winding (130-4) at rated voltage on the line winding (135-8).
- 135-92 *For double-way connections (151-2)* The 1 m s no-load voltage between consecutive phase terminals of the valve winding, at rated voltage on the line winding (135-8).
- 136-0 *Rated current I_{LI} on line side* The 1 m s current of the line terminals of the transformer on the a.c. side, computed from rated direct current on the basis of rectangular-shaped anode currents.
- 136-1 *Rated current on valve side* The total 1 m s current in all the terminals on one phase of the transformer on the valve side, computed from rated direct current on the basis of rectangular-shaped anode currents.
- 136-2 *Rated line kVA of the transformer line side winding* The total apparent power expressed in kVA, at the line side terminals, at rated frequency, rated line side voltage, and at rated direct current of the converter, computed on the basis of rectangular-shaped anode currents.

140 Designation of transformer windings

- 140-1 *Line winding* The windings which are directly connected to the a.c. network.
- 140-2 *Valve winding* The windings which are connected to the electrodes of the valve or valve set.

150 Circuits et conditions de fonctionnement

151 En principe les deux genres suivants de couplages sont à distinguer

151-1 *Couplage à simple voie* Mode de connexion d'un convertisseur statique dans lequel chacune des bornes de phase du circuit à courant alternatif n'est reliée qu'à des anodes ou à des cathodes

151-2 *Couplage à double voie* Mode de connexion d'un convertisseur statique dans lequel chacune des bornes de phase du circuit à courant alternatif est reliée à la fois à des anodes et à des cathodes

152 La figure 2 annexe concerne un exemple tiré d'un grand nombre de couplages à simple voie Elle représente

152-1 A *Schéma d'un équipement convertisseur hexaphasé*

S_L = interrupteur triphasé X_d = bobine d'égalisation
 T = transformateur du convertisseur S_d = interrupteur courant continu
 V = soupape

152-2 B *Allure théorique des courbes des courants et des tensions* que l'on obtient en négligeant toutes les chutes de tension, les courants de magnétisation du transformateur et en admettant que la bobine d'égalisation X_d ait une inductance infinie

152-21 *Côté alternatif (du convertisseur) (voir 140-1)*

U_L = tension composée
 U = tension entre phase et point neutre imaginaire
 I_L = courant en ligne
 I = courant dans l'enroulement côté réseau

152-22 *Côté soupape (du transformateur)*

U_v = tension entre phase et neutre du transformateur
 I_A = courant anodique ou plus généralement courant électrode Par suite de l'effet de soupape le courant anodique ne peut circuler que dans la direction de l'anode vers la cathode

152-23 *Côté continu (du convertisseur)*

U_d = tension continue avant la bobine d'égalisation Elle est formée par l'alignement successif de parties des tensions de phase sinusoïdales
 U_d^* = tension continue après la bobine d'égalisation
 I_d = courant continu Il est formé par la somme des courants anodiques successifs, s'alignant l'un à côté de l'autre
 U_d , U_d^* et I_d représentent respectivement les valeurs moyennes des tensions continues et du courant continu

152-3 C *Analogue à B, mais tenant compte de la réactance de fuites du transformateur T*

L'inductance de la bobine d'égalisation n'est plus supposée infinie
 μ = angle d'empiètement correspondant au temps pendant lequel deux anodes successives débitent du courant simultanément
 $a b c$ = surface représentant la chute de tension inductive provenant de l'empiètement Le courant I_A est déphasé en arrière par rapport à la tension U_v et le facteur de puissance décroît

152-4 D *Analogue à C, mais avec réglage de phase*

α = angle de retard (131-3)
 $l m n o$ = surface représentant la diminution de la tension continue provoquée par le réglage de phase Le déphasage du courant I_A par rapport à U_v augmente davantage, et le facteur de puissance diminue à peu près proportionnellement à la tension continue

150 Circuit and operating conditions

151 In principle the following two kinds of connections have to be considered:

151-1 *Single-way connection* A method of connection of a static converter such that each of the phase terminals of the a c circuit is connected only to anodes or to cathodes

151-2 *Double-way connection* A method of connection of a static converter such that each of the phase terminals of the a c circuit is connected both to anodes and to cathodes

152 Figure 2 illustrates an example of many single-way connections. It shows:

152-1 A *Converter equipment in six phase connection*

S_L = Three-phase circuit-breaker X_d = Smoothing reactor
 T = Transformer of converter S_d = D C circuit-breaker
 V = Valve

152-2 B *Theoretical wave-form of currents and voltages*, when all voltage drops and the magnetizing currents of the transformer are neglected, and with the assumption of a smoothing reactor X_d of infinite inductance

152-21 *A C side (of converter)* (see 140-1)

U_L = Voltage between lines
 U = Voltage between line and imaginary neutral point
 I_L = Line current
 I = Winding current on line side

152-22 *Valve side (of transformer)*

U_v = Phase-to-neutral voltage of the transformer
 I_A = Anode current (or, more generally, electrode current) The valve action allows this current to flow only in the direction from the anode to the cathode

152-23 *D C side (of converter)*

U_d = D C voltage before smoothing reactor. It originates by the successive lining up of parts of the sinusoidal phase-to-neutral voltages
 U_d^* = D C voltage after smoothing reactor
 I_d = Direct current. It is the sum of the successive anode currents, which are lined up one after the other
 U_d , U_d^* and I_d represent the mean values of the d c voltages and direct current respectively

152-3 C *as B but with consideration of the stray reactance of the transformer T*

The inductance of the smoothing reactor is no longer assumed to be infinite

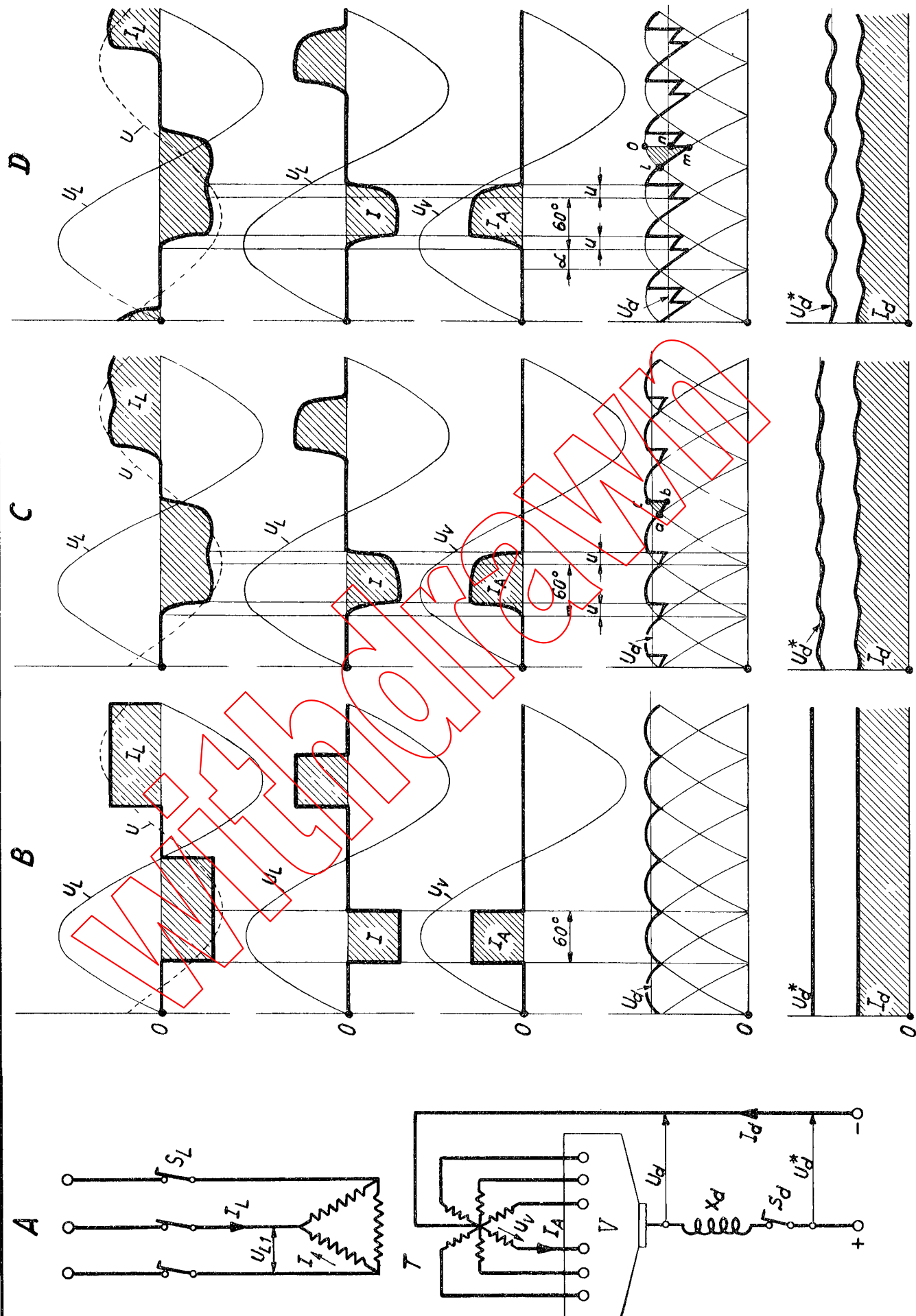
u = the angle of overlap, which corresponds to the time during which two successive anodes are conducting simultaneously

a b c = area representing the inductive d c voltage drop produced by overlap. The current I_A lags behind the voltage U_v , and the power factor decreases

152-4 D *as C but with phase control*

α = delay angle (131-3)

l m n o = area representing the diminution of d c voltage produced by phase control. The current I_A lags more behind U_v , and the power factor decreases approximately proportionately to the d c voltage



155 Facteurs du côté alternatif

155-1 Facteur de puissance global: $\lambda = \frac{\text{puissance active}}{\text{puissance apparente}}$

155-2 Facteur de l'onde fondamentale ou facteur de déphasage:

$$\cos \varphi = \frac{\text{Puissance active de l'onde fondamentale}}{\text{Puissance apparente de l'onde fondamentale}}$$

155-3 Facteur de déformation: $v = \frac{\lambda}{\cos \varphi}$

160 Variation de tension

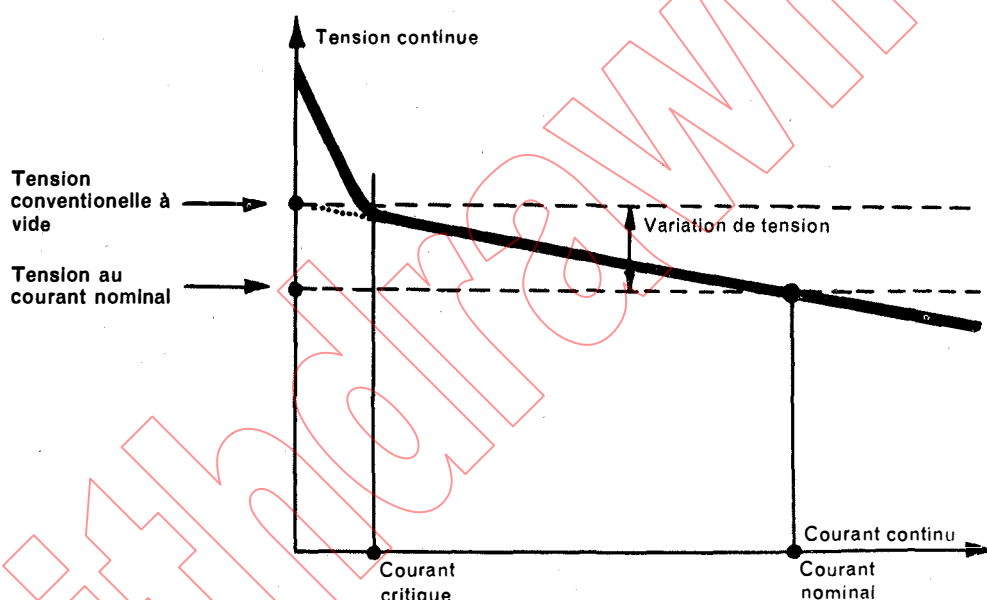


Fig. 3

160-1 *Variation de tension*: Différence entre la tension continue pour le courant nominal et la tension continue conventionnelle à vide, exprimée en volts, dans le cas où la valeur efficace de la tension aux bornes côté réseau du transformateur reste constante. Si elle comprend l'effet de régulateurs de tension automatiques ou d'autres moyens de compensation, cela doit être mentionné.

160-11 *Note*: Dans le cas d'un redresseur la tension continue fictive à vide est la somme de la tension continue conventionnelle à vide et la chute de tension dans l'arc à vide.

160-2 *Variation propre de tension*: Variation de tension (160-1), sans tenir compte de l'influence de l'impédance du système à courant alternatif (441).

160-3 *Variation totale de tension*: Variation de tension (160-1) en tenant compte de l'influence de l'impédance du système à courant alternatif (443; 444; 445; 446).

160-4 *Variation de tension corrigée*: Si l'on fait usage d'un régulateur de tension automatique, l'effet de ce régulateur dans toute l'étendue de la charge est à spécifier.

155 Factors on a c side

155-1 Total power factor $\lambda = \frac{\text{active power}}{\text{apparent power}}$

155-2 Power factor of the fundamental wave, or displacement factor
 $\cos \varphi = \frac{\text{active power of the fundamental wave}}{\text{apparent power of the fundamental wave}}$

155-3 Distortion factor $v = \frac{\lambda}{\cos \varphi}$

160 Voltage regulation

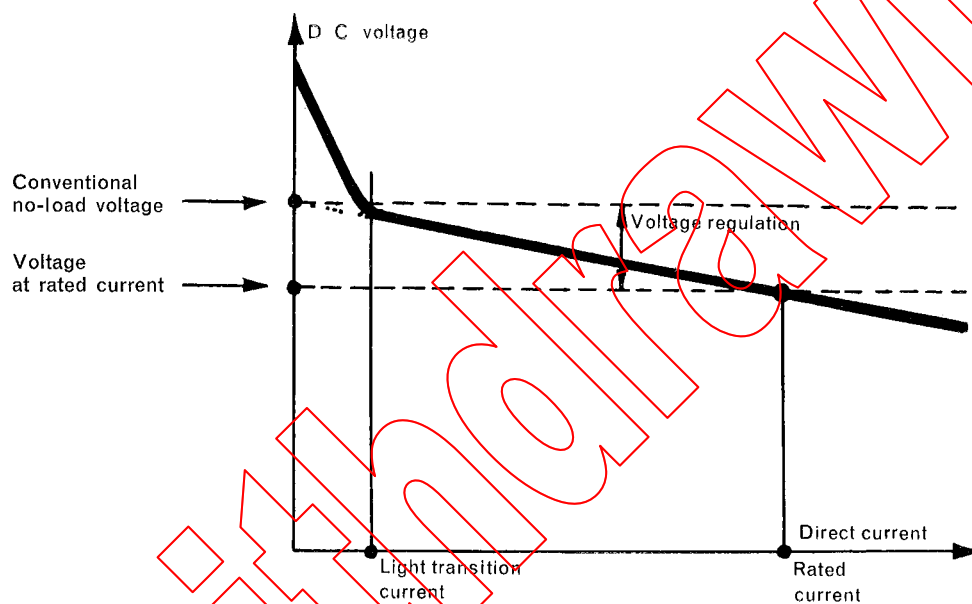


Fig 3

160-1 *Voltage regulation* The difference between the d c voltage at rated current and the conventional no-load d c voltage, expressed in volts, when the i m s voltage remains constant at the line side terminals of the converter. If this includes the effect of automatic voltage regulators or other compensating means, this should be so stated

160-11 *Note* For a rectifier the ideal no-load d c voltage is the sum of the conventional no-load d c voltage and the arc voltage drop at no-load

160-2 *Inherent voltage regulation* The voltage regulation (160-1) excluding the effect of a c system impedance (441)

160-3 *Total voltage regulation* The voltage regulation (160-1) including the effect of a c system impedance (443, 444, 445, 446)

160-4 *Corrected voltage regulation* If an automatic voltage regulator is used, the effect of this regulator over the load range shall be specified

165 Forme sinusoïdale pratique de la tension du réseau à courant alternatif

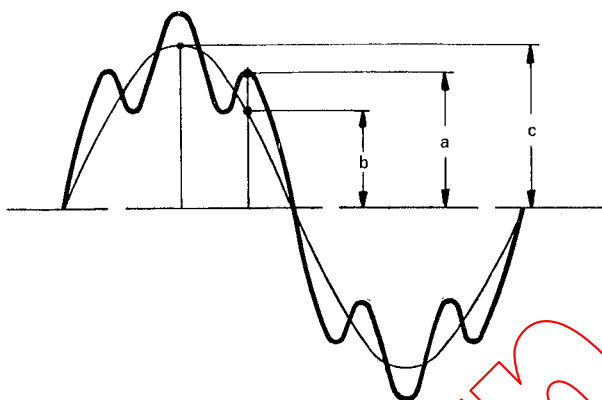


Fig 4

Dans les présentes recommandations la tension est considérée comme pratiquement sinusoïdale, lorsque le convertisseur n'étant pas en circuit la différence entre la valeur instantanée «a» et la valeur instantanée «b» de l'onde fondamentale ne dépasse pas 5% de la valeur maximum «c» de l'onde fondamentale

C'est-à-dire

$$(a-b) \leq 0,05 c$$

Pour les convertisseurs à 12 phases sans correction automatique de l'asymétrie cette limite est réduite à 2,5%, c'est-à-dire

$$(a-b) \leq 0,025 c$$

- 165-1 *Note* Si la forme de la tension du réseau à courant alternatif n'est pas parfaitement sinusoïdale, mais reste cependant dans les limites de l'article 165, cela peut influencer la valeur mesurée de la tension continue du convertisseur (451-31)

170 Symétrie des tensions du système polyphasé côté réseau

Les tensions du système polyphasé côté réseau sont considérées comme pratiquement équilibrées si la composante inverse et la composante homopolaire ne dépassent pas chacune 5% de la composante directe

- 170-1 *Note* Si le système polyphasé n'est pas parfaitement symétrique, mais reste cependant dans les limites de l'article 170, c'est la moyenne de toutes les tensions entre phase et neutre qui sert de base au calcul de la tension continue

165 Practical sine wave form of the voltage on the line side

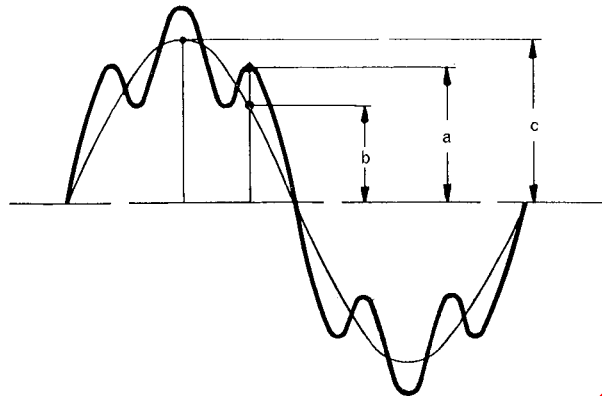


Fig 4

For the purpose of these Recommendations, when the converter is switched out, the voltage wave is to be considered sinusoidal if the largest deviation $a-b$ from the simultaneous value b of the fundamental wave does not exceed 5% of the crest value c of the fundamental wave

That is

$$(a-b) \leq 0.05 c$$

For 12 phase converters without automatic asymmetry correction this limit is reduced to 2.5%, that is

$$(a-b) \leq 0.025 c$$

- 165-1 *Note* If the voltage on the line side is not perfectly sinusoidal but is within the limits of Clause 165, this may affect the measured value of the converter d.c. voltage (451-31)

170 Symmetry of voltage of polyphase system on the line side

The voltages of the polyphase system on the line side are to be considered symmetrical if neither the negative sequence component nor the zero sequence component exceeds 5% of the positive sequence component

- 170-1 *Note* If the polyphase system is not perfectly symmetrical but is within the limits of Clause 170, the arithmetic mean value of all phase-to-neutral voltages shall be taken to determine the d.c. voltage

175 Conditions de service

175-1 *Altitude et température de l'air ambiant et du fluide de refroidissement*

175-11 Soupape voir l'article 210

175-12 Transformateur voir l'article 311

175-2 *Conditions spéciales d'ambiance et d'installation*

Un accord particulier entre l'acheteur et le constructeur est nécessaire avant la commande, si l'une des conditions locales anormales suivantes existe

175-21 Efforts mécaniques particuliers, p ex chocs ou vibrations

175-22 Eau de refroidissement impure pouvant boucher les canaux de refroidissement ou provoquer des effets de corrosion

175-23 Corps étrangers de toute sorte dans l'air ambiant, p ex de la poussière, des flocons, etc

175-24 Air salin (p ex voisinage de la mer), forte humidité, gouttes d'eau, gaz nuisibles (p ex chlore, vapeurs sulfureuses, etc)

175-25 Inclinaison ou balancement

175-26 Exposition aux vapeurs d'eau ou d'huile

175-27 Exposition aux mélanges explosifs de poussières ou de gaz

180 Essais

Il est désirable de limiter l'exécution des essais coûteux à ceux qui sont nécessaires. Les présentes Recommandations de la C E I sont conçues de telle façon que l'exécution d'essais peut normalement être limitée à des essais effectués dans les ateliers du constructeur sur les constituants du convertisseur en accord avec les articles 250 et 330. D'autres essais tels que des essais sur les convertisseurs complètement montés, des essais d'échauffement sur les transformateurs et des bobines d'inductance ou des essais de l'installation montée sur place ne sont exécutés que s'ils en font l'objet d'un accord spécial avant la commande.

Si l'acheteur ou son représentant désire assister aux essais effectués dans les ateliers du constructeur, cela doit être spécifié dans la commande.

175 Service conditions

175-1 *Altitude and temperature of ambient air and cooling media*

175-11 Valve see Clause 210

175-12 Transformer see Clause 311

175-2 *Special ambient and installation conditions*

Special agreement between purchaser and manufacturer is necessary before order, when any of the following abnormal local conditions exists

175-21 Abnormal mechanical stresses, e.g. shocks or vibrations

175-22 Unsuitable tap water which may obstruct the cooling jackets or cause corrosion

175-23 Foreign particles in the ambient air, e.g. exceptional dirt and dust

175-24 Salt air (e.g. proximity to the sea), high-humidity, dripping water or noxious gases (e.g. chlorine, sulphurous vapours, etc.)

175-25 Tilting or swaying

175-26 Exposure to steam or oil vapour

175-27 Exposure to explosive mixtures of dust or gases

180 Tests

It is advisable to confine the performance of costly tests to those which are necessary. These IEC Recommendations are so outlined that testing can normally be limited to tests in the manufacturer's works on the separate components of the converter in accordance with Clauses 250 and 330. Other tests, such as tests on the completely assembled converter, tests on temperature rise of transformers and reactors, or tests on site, are only to be included if specially agreed before order.

When the purchaser or his representative desires to witness factory tests, he should so specify in the order.

185 Liste des principaux symboles littéraux

185-1 Liste des indices

0	A vide
1	Valeur nominale ou correspondant à la charge nominale
A	Anode
b	Réactances
c	Arc
d	Courant continu ou tension continue
E	Electrode
f	Fréquence
i	Fictif
L	Côté réseau
m	Maximum
n	Ordre des harmoniques
p	Propre
r	Ohmique
T	Transformateur de courant
t	Transformateur
v	Soupape
w	Wattmètre
x	Bobine d'inductance
z	Impédance
α	Angle de retard
σ	Ondulation
ψ	Angle entre 2 phases

185-2 Liste des symboles (110)

Les symboles avec indice 1 représentant les valeurs nominales ou des valeurs correspondant à la charge nominale ne sont indiqués qu'exceptionnellement pour éviter la répétition de symboles analogues

- a = Nombre d'anodes de la soupape ou du jeu de soupapes (tableau I) page 42a
D = Variation totale de tension continue (chute de tension continue totale) en volts (160-3)

185 List of principal letter symbols

185-1 *List of suffixes*

0	At no load
1	Rated value or at rated load respectively
A	Anode
b	Reactors
c	A/c
d	Direct current or voltage
E	Electrode
f	Frequency
i	Ideal
L	Line
m	Maximum
n	Order of harmonic
p	Inherent
r	Resistance
T	Current transformer
t	Transformer
v	Valve
w	Wattmeter
x	Reactance
z	Impedance
α	At delay angle α
σ	Ripple
ψ	Angle between 2 phases

185-2 *List of symbols (110)*

The symbols with suffix 1 designating the rated values or values referred to rated load, are only given occasionally in the list to avoid repetition of similar symbols

a	= Number of anodes of the valve or valve set (Table I) p 43a
D	= Total d.c. voltage regulation, in volts (160-3)