

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60084:1957

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 Stresa (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

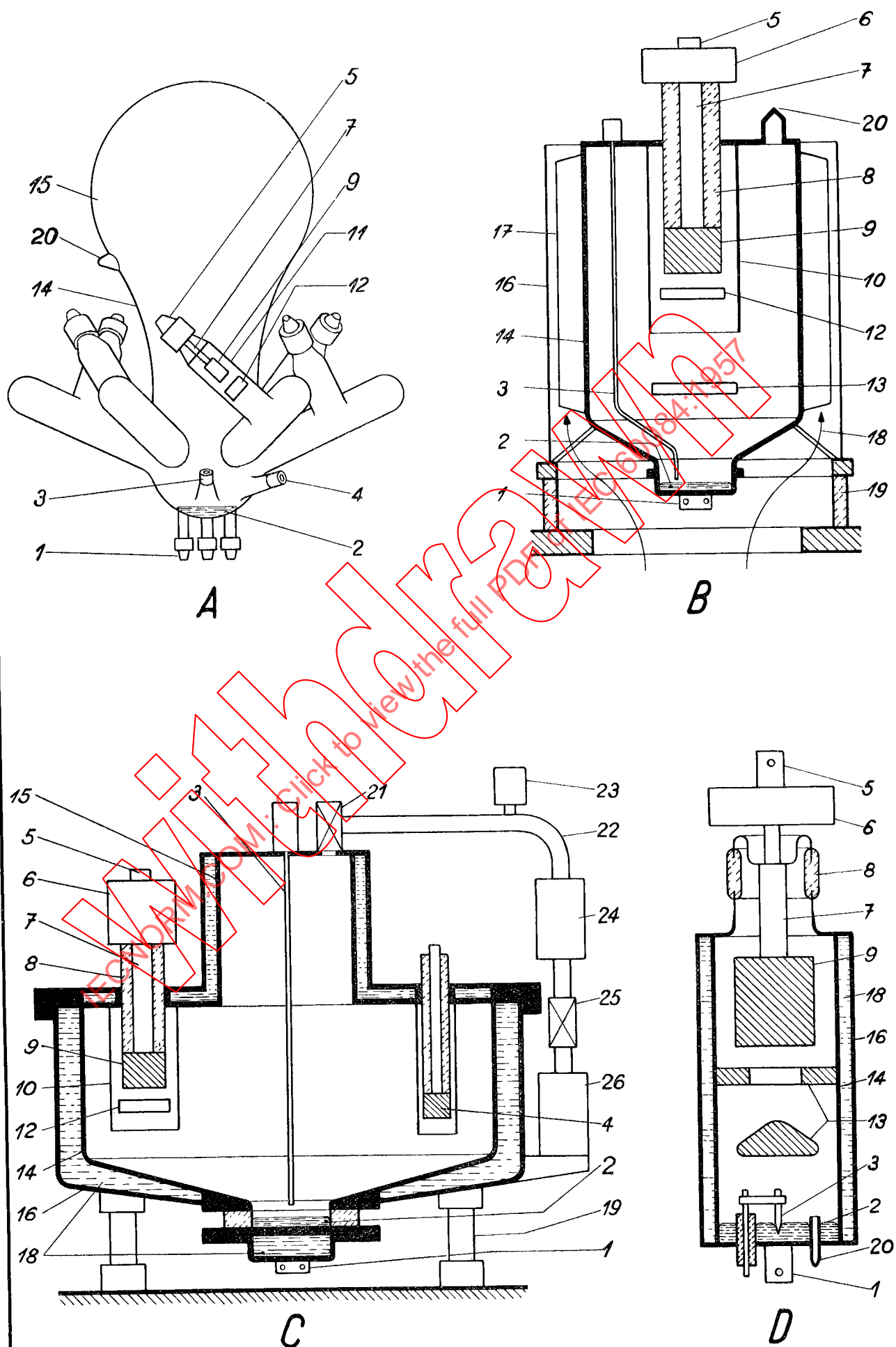


Fig 1

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 r.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 r.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 r.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 r.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 r.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
 u = 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

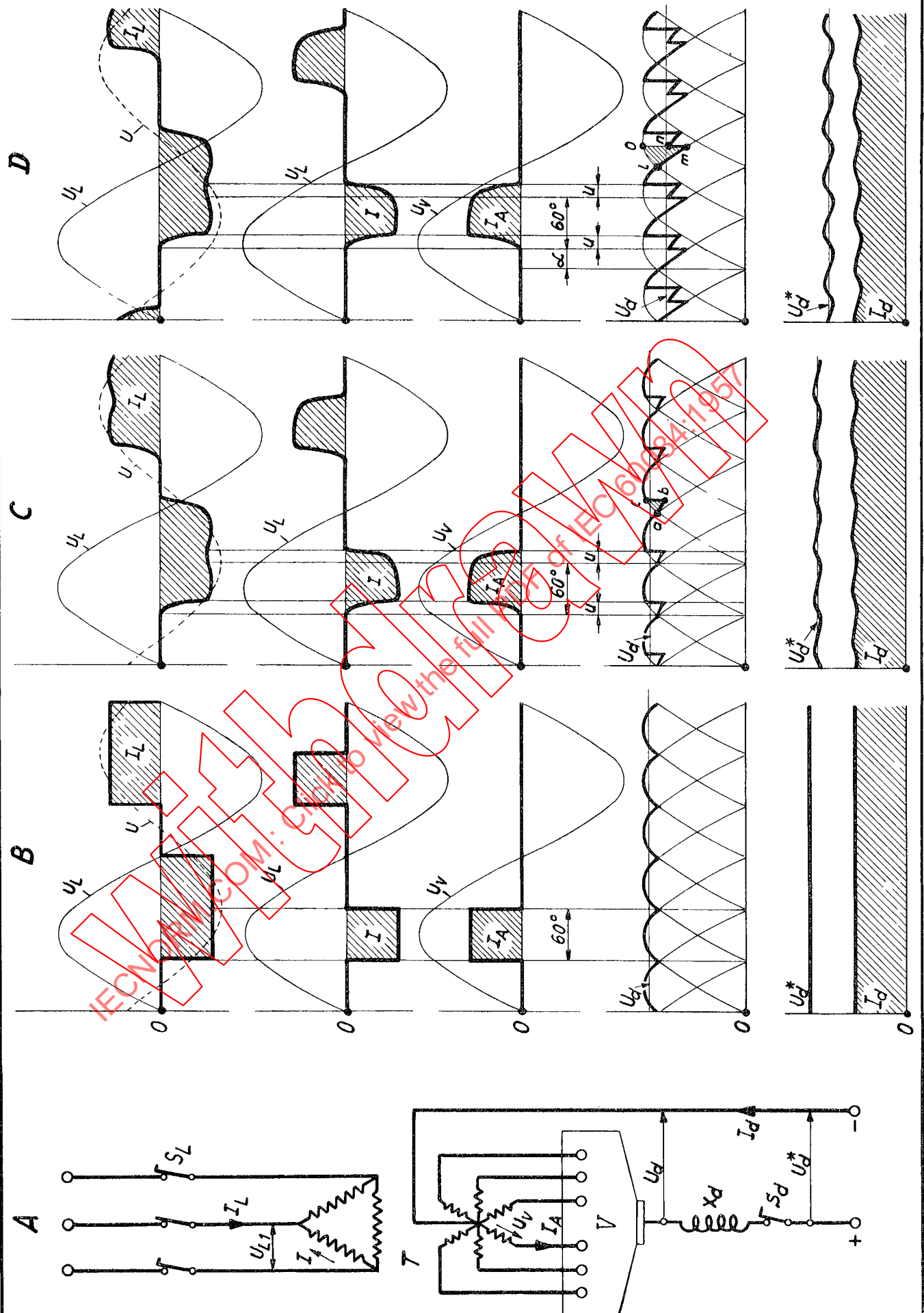


Fig 2

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

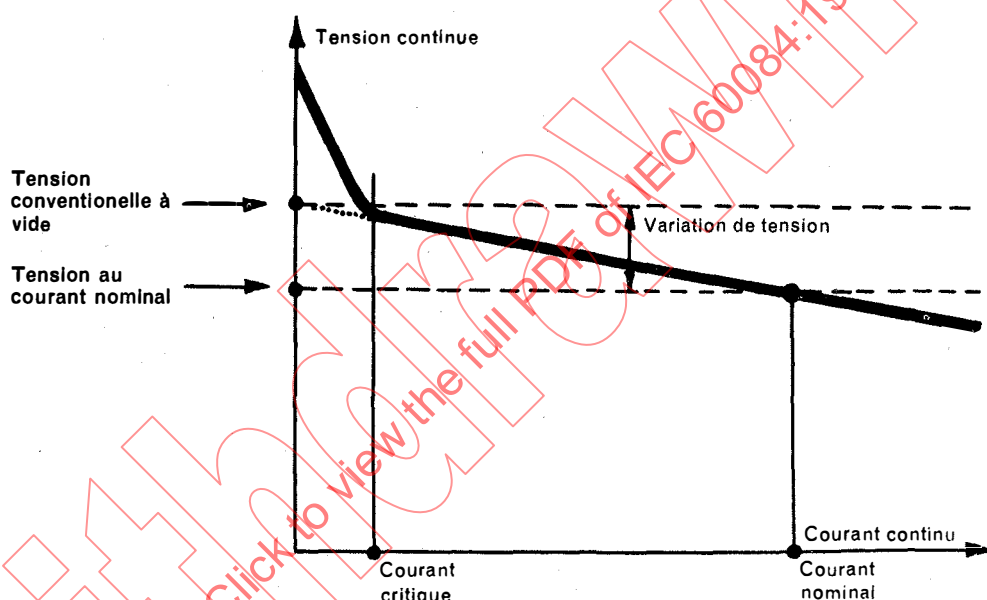


Fig. 3

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

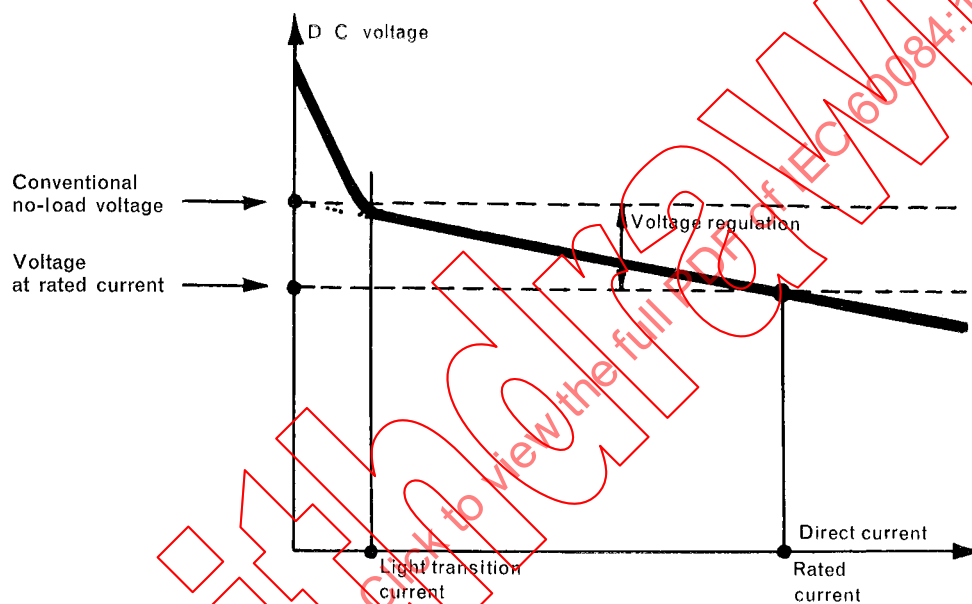


Fig 3

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

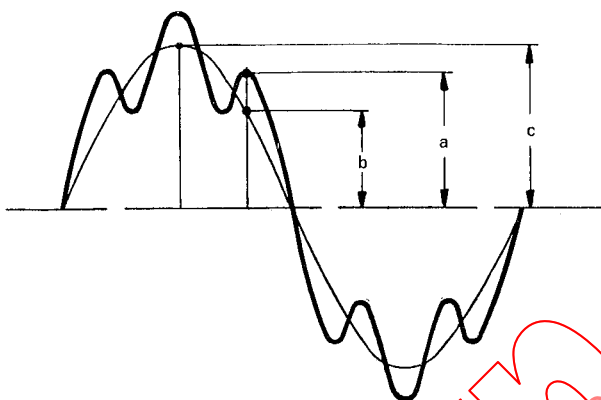


Fig 4

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

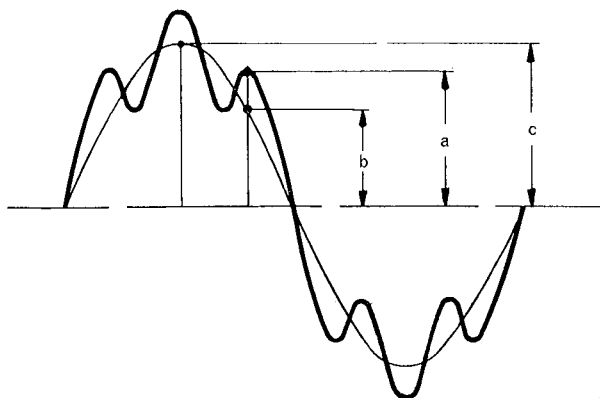


Fig 4

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 I E C 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)

- D_b = Chute de tension continue totale due à d'autres parties du convertisseur p ex bobines d'inductance, etc en volts (441)
- D_c = Chute de tension dans l'arc, en volts (263-3)
- D_{co} = Valeur de D_c à vide (160-11, 441-1)
- D_L = Chute de tension continue additionnelle due à l'impédance du système à courant alternatif, en volts (445)
- D_m = Chute de tension maximum admissible du redresseur sec utilisé pour la mesure de la chute de tension dans l'arc (tableau I) page 42a
- D_p = Variation propre de tension continue, en volts (160-2, 441)
- D_t = Chute de tension continue due au transformateur et à la bobine d'absorption (si elle existe) en volts (441)
- d_b = Chute de tension continue totale due à d'autres parties du convertisseur p ex bobines d'inductance, etc , en pour cent de U_{dio} (347)
- d_i = Chute ohmique totale de la tension continue, en pour cent de U_{dio}
- d_{ib} = Chute ohmique de tension continue due à d'autres parties du convertisseur p ex bobines d'inductance, etc , en pour cent de U_{dio} (130-8, 345-2)
- d_{it} = Chute ohmique de tension continue due au transformateur et à la bobine d'absorption, si elle existe, en pour cent de U_{dio} (130-8, 345-1)
- d_t = Chute de tension continue totale due au transformateur et à la bobine d'absorption (si elle existe), en pour cent de U_{dio} (347)
- d_L = Chute de tension continue additionnelle due à l'impédance du système à courant alternatif en pour cent de U_{dio} (445)
- d_x = Chute inductive totale de tension continue, en pour cent de U_{dio} (451-1)
- d_{xb} = Chute inductive de tension continue due à d'autres parties du convertisseur p ex bobines d'inductance, etc , en pour cent de U_{dio} (130-9, 346-2)
- d_{xL} = Chute inductive due à la réactance du système à courant alternatif, en pour cent de U_{dio} (451-1)
- d_{xt} = Chute inductive de tension continue due au transformateur en pour cent de U_{dio} (130-9, 346-1)
- e_{xt} = Composante inductive de la tension de court-circuit du transformateur (346-1)
- F_n = Facteur d'efficacité du correcteur d'ondulation du côté continu pour l'harmonique d'ordre n (453-4)

- D_b = Total d c voltage regulation due to other parts of the converter e.g. reactors etc, in volts (441)
- D_c = Arc voltage drop, in volts (263-3)
- D_{co} = Value of D_c at no load (160-11, 441-1)
- D_L = Additional d c voltage regulation due to a c system impedance, in volts (445)
- D_m = Maximum admissible voltage drop of dry-plate valve used for measurement of arc voltage drop (Table I) page 43a
- D_p = Inherent d c voltage regulation, in volts (160-2, 441)
- D_t = D C voltage regulation due to the main and interphase transformer, if any, in volts (441)
- d_b = Total d c voltage drop due to other parts of the converter, e.g. reactors etc, in per cent of U_{dio} (347)
- d_i = Total resistive d c voltage drop, in per cent of U_{dio}
- d_{ib} = Resistive d c voltage drop due to other parts of the converter, e.g. reactors etc, in per cent of U_{dio} (130-8, 345-2)
- d_{it} = Resistive d c voltage drop due to the main and interphase transformer, if any, in per cent of U_{dio} (130-8, 345-1)
- d_t = Total d c voltage drop due to the main and interphase transformer, if any, in per cent of U_{dio} (347)
- d_L = Additional d c voltage drop due to a c system impedance, in per cent of U_{dio} (445)
- d_x = Total inductive d c voltage drop, in per cent of U_{dio} (451-1)
- d_{xb} = Inductive d c voltage drop due to other parts of the converter, e.g. reactors etc, in per cent of U_{dio} (130-9, 346-2)
- d_{xL} = Inductive d.c voltage drop due to the a c system reactance, in per cent of U_{dio} (451-1)
- d_{xt} = Inductive d c voltage drop due to the transformer, in per cent of U_{dio} (130-9, 346-1)
- e_{xI} = Reactive component of the short-circuit voltage of the transformer (346-1)
- F_n = Smoothing factor of the wave filter on d c side for a harmonic of order n (453-4)

f	=	Fréquence (453-3)
f_I	=	Fréquence nominale du système à courant alternatif (135-7)
g	=	Nombre de groupes commutants connectés en parallèle (346-11)
I	=	Courant dans l'enroulement côté réseau (152-21)
I_A	=	Courant anodique efficace (135-6, 152-22)
I_b	=	Courant d'une bobine d'inductance (346-23)
I_d	=	Courant continu (152-23)
I_{dI}	=	Courant continu nominal (135-3)
I_{dT}	=	Courant continu pour la mesure de la réactance du transformateur de courant (tableau I, page 42a)
I_L	=	Courant aux bornes côté réseau du transformateur (136-0)
I_n	=	Valeur efficace de l'harmonique d'ordre n du courant en ligne côté réseau alternatif (451-61)
I_{ni}	=	Valeur idéale de I_n quand $d_x = 0$
I_T	=	Courant efficace du transformateur de courant (tableau I, page 42a)
I_w	=	Courant du wattmètre (tableau I, page 42a)
I_{wm}	=	Courant nominal maximum du wattmètre (tableau I, page 42a)
i_T	=	Courant de crête pour la mesure de la réactance du transformateur de courant (tableau I, page 42a)
K	=	Constante (282)
K'	=	Facteur téléphonique de forme du CCIF (453-3)
k	=	1, 2, 3 etc (451-3)
m	=	Nombre de phases (361-3)
m_T	=	Rapport du nombre de spires du transformateur de courant (tableau I, page 42a)
n	=	Ordre des harmoniques (451-64)
P_d	=	Puissance du côté continu du convertisseur (135-4)
P_w	=	Puissance indiquée par le wattmètre (263-3)
p	=	Rapport d'ondulation (130-3)
p_f'	=	Poids attribué à la fréquence f dans le tableau des poids du CCIF (453-3)
p_f''	=	Poids attribué à la fréquence f dans la courbe des poids du EEI-BTS (453-3)
Q	=	Puissance de court-circuit du système à courant alternatif (431-113)
q	=	Indice de commutation (130-2)
$R_i R_v R_w$	=	Résistances utilisées pendant la mesure de la chute de tension dans l'arc (tableau I, page 42a)
s	=	Nombre de groupes commutants connectés en série (130-5)
TIF	=	Facteur d'influence téléphonique du EEI-BTS (453-3)
U	=	Tension entre phase et point neutre imaginaire (152-21)
U_o	=	Tension entre phase et neutre à vide (130-4)

f	= Frequency (453-3)
f_I	= Rated frequency of the a c system (135-7)
g	= Number of parallel connected commutating groups (346-11)
I	= Winding current on line side (152-21)
I_A	= R M S anode current (135-6, 152-22)
I_b	= R M S current in reactor (346-23)
I_d	= Direct current, any defined value (152-23)
I_{dl}	= Rated direct current (135-3)
I_{dT}	= Direct current for determination of reactance of the current transformer (Table I, page 43 a)
I_L	= Current on line side of transformer (136-0)
I_n	= R M S value of a c line current harmonic of order n (451-61)
I_{ni}	= Ideal value of I_n when $d_x = 0$
I_T	= R M S current of current transformer (Table I, page 43 a)
I_w	= Current in wattmeter (Table I, page 43 a)
I_{wm}	= Normal maximum current of wattmeter (Table I, page 43 a)
i_T	= Peak current for measurement of current transformer reactance (Table I, page 43 a)
K	= Constant (282)
K'	= Telephone form factor of CCIF (453-3)
k	= 1, 2, 3 etc (451-3)
m	= Number of phases (361-3)
m_T	= Ratio of current transformer (Table I, page 43 a)
n	= Order of harmonic (451-64)
P_d	= Power of the converter on d c side (135-4)
P_w	= Power reading of the wattmeter (263-3)
p	= Pulse number (130-3)
p'_f	= Weight given to the frequency f in the weighting table of the CCIF (453-3)
p''_f	= Weight given to the frequency f in the weighting curve of EEI-BTS (453-3)
Q	= Short-circuit capacity of the a c system (431-113)
q	= Commutating number (130-2)
$R_i R_v R_w$	= Resistances used for a/c voltage drop measurement (Table I, page 43 a)
s	= Number of series connected commutating groups (130-5)
TIF	= Telephone influence factor of EEI-BTS (453-3)
U	= Voltage between line and imaginary neutral point (152-21)
U_o	= Phase-to-neutral voltage at no load (130-4)

U_b	= Tension entre phases d'une bobine d'inductance (346-23)
U_d	= Tension continue (152-23)
U_{d1}	= Tension continue nominale (135-2)
U_d^*	= Tension continue après la bobine d'égalisation (152-23)
U_{dio}	= Tension continue fictive à vide (130-5)
U_{Em}	= Tension électrodique à vide (130-7)
U_k	= Composante constante de la tension d'essai (282)
U_{L1}	= Tension nominale côté réseau du transformateur (135-8)
U_m	= Tension effective de crête (130-6)
U_n	= Valeur efficace de l'harmonique d'ordre n de la tension continue (451-5)
U'_n	= Valeur de U_n sans correcteur d'ondulation (453-4)
U''_n	= Valeur de U_n avec correcteur d'ondulation (453-4)
U_T	= Tension efficace mesurée pendant la détermination de la réactance du transformateur de courant (tableau I, page 42a)
U_v	= Tension côté soupape du transformateur (152-22)
U_{v0}	= Valeur nominale de U_v (135-9)
U_{wm}	= Tension nominale maximum du wattmètre (tableau I, page 42a)
U_σ	= Valeur efficace de la tension d'ondulation (131-6)
$U_{\psi 0}$	= Tension à vide entre deux phases quelconques du système à courant alternatif connecté aux électrodes des soupapes, l'angle entre ces deux phases est ψ (130-4)
u	= Angle d'empiètement (152-3)
v	= Facteur de déformation (155-3)
w	= Poids (292-8)
X_b	= Réactance par phase d'une bobine d'inductance (346-23)
X_T	= Réactance à vide du secondaire du transformateur de courant (tableau I, page 42a)
α	= Angle de retard (131-3)
α_p	= Angle de retard propre (431-114)
Δt	= Echauffement (362-6)
λ	= Facteur de puissance global (155-1)
$\cos \varphi$	= Facteur de déphasage global (155-2, 431-3)
$\cos \varphi'$	= Facteur de déphasage en l'absence du courant magnétisant du transformateur et pour un angle de retard nul (431-1)
$\cos \varphi'_\alpha$	= Facteur de déphasage en l'absence du courant magnétisant du transformateur et pour un angle de retard α (431-2)
ψ	= Angle entre deux phases du système à courant alternatif connecté aux électrodes des soupapes (130-4)

U_b	= Phase-to-phase voltage of reactor (346-23)
U_d	= D C voltage, any defined value (152-23)
U_{d1}	= Rated d c voltage (135-2)
U_d^*	= D C voltage after smoothing reactor (152-23)
U_{dio}	= Ideal no-load d c voltage (130-5)
U_{Em}	= Electrode voltage at no-load (130-7)
U_k	= Constant component of test voltage (282)
U_{LI}	= Rated voltage of line winding of transformer (135-8)
U_m	= Peak working voltage (130-6)
U_n	= R M S value of harmonic of order n in the d c voltage (451-5)
U'_n	= Value of U_n without wave filter (453-4)
U''_n	= Value of U_n with wave filter (453-4)
U_T	= R M S voltage measured on determination of reactance of the current transformer (Table I, page 43a)
U_v	= Voltage of valve winding of transformer (152-22)
U_{vo}	= Rated value of U_v (135-9)
U_{wm}	= Normal maximum voltage of wattmeter (Table I, page 43a)
U_σ	= R M S ripple voltage (131-6)
$U_{\psi o}$	= No load voltage between any two phases of the a c system connected to the electrodes of the valves, the angle between these phases is ψ (130-4)
u	= Angle of overlap (152-3)
v	= Distortion factor (155-3)
w	= Weight (292-8)
X_b	= Reactance per phase of reactor (346-23)
X_T	= Secondary no-load reactance of current transformer (Table I, page 43a)
α	= Delay angle (131-3)
α_p	= Inherent delay angle (431-114)
Δt	= Temperature rise (362-6)
λ	= Total power factor (155-1)
$\cos \varphi$	= Overall displacement factor (155-2, 431-3)
$\cos \varphi'$	= Displacement factor in the absence of transformer magnetizing current and for zero delay angle (431-1)
$\cos \varphi'_\alpha$	= Displacement factor in the absence of transformer magnetizing current and with delay angle α (431-2)
ψ	= Angle between two phases of the a.c. system connected to the electrodes of the valves (130-4)

200

SOUPAPES

210 Conditions de service

211 Altitude

A moins d'indication contraire, la soupape est destinée à fonctionner en régime nominal (135-1) à une altitude ne dépassant pas 1000 mètres au-dessus du niveau de la mer

212 Limites de température de l'air ambiant et des fluides de refroidissement

Dans tous les cas les limites de température à appliquer pour l'air ambiant, pour l'air de refroidissement entrant et pour l'eau de refroidissement entrante doivent être spécifiées, de préférence par l'acheteur ou à défaut par le constructeur dans son offre. Il est de l'intérêt de l'acheteur de spécifier pour chacune de ces températures la limite maximum la plus basse et la limite minimum la plus élevée qui soient permises par les conditions climatiques locales. Ces températures doivent être spécifiées de préférence en multiples de 5°, les températures les plus utilisées sont indiquées ci-dessous :

212-1 Pour l'air : max 25°, 30°, 35°, 40°, 45° C
min 5°, 10°, 15° C

212-11 Pour le fonctionnement à la limite inférieure de température, l'emploi de dispositifs de chauffage peut être nécessaire dans certains cas. Si de tels dispositifs de chauffage sont nécessaires, le constructeur doit indiquer si ces dispositifs seront fournis comme partie de l'équipement du convertisseur

212-12 Si l'air de refroidissement n'est pas le même que l'air ambiant, des limites de température séparées doivent être indiquées pour chacun des deux.
Si l'air de refroidissement est le même que l'air ambiant, les mêmes limites de températures s'appliquent aux deux

212-2 Pour l'eau de refroidissement

max 15°, 20°, 25°, 30°, 35° C
min 5°, 10°, 15° C

200 VALVES

210 Service conditions

211 Altitude

Unless otherwise specified the valve is intended to operate at its rating (135-1) at altitudes not exceeding 1000 m above sea level

212 Temperature limits of ambient air and cooling media

In every case the limits of temperature that will apply for the ambient air, incoming cooling air, and incoming cooling water shall be specified by the purchaser or, failing this, by the manufacturer in his tender. It is in the interest of the purchaser to specify for each as low a maximum temperature and as high a minimum temperature as the local climatic conditions will permit. These temperatures shall preferably be specified in 5 degree increments and those most commonly used are listed below

212-1 For air max 25°, 30°, 35°, 40°, 45° C
 min 5°, 10°, 15° C

212-11 For the minimum temperature limits heating devices may be required in some cases. If such heating devices are necessary, the manufacturer shall state whether they will be furnished as a part of the converter equipment

212-12 If the cooling air used is not the same as the ambient air, separate temperature limits shall be specified for each
If the cooling air is the same as the ambient air, the same limits apply to both

212-2 For water supply
 max 15°, 20°, 25°, 30°, 35° C
 min 5°, 10°, 15° C

220 Limites de température de la soupape

221 Aucune limite de température et d'échauffement pour aucune partie de la soupape n'est prévue dans les présentes recommandations

222 Si, cependant, le constructeur estime nécessaire de spécifier de telles limites, il doit indiquer leurs valeurs et les endroits où elles doivent être mesurées

230 Régime nominal de la soupape ou du jeu de soupapes

Le régime nominal de la soupape ou du jeu de soupapes doit être au moins égal au régime nominal du convertisseur (voir le tableau III à la page 68a)

240 Puissance en fonction du réglage de la tension continue

241 *Le réglage se fait par variation de la tension de l'enroulement côté soupape (commutateur à gradins, etc.)* La soupape ou le jeu de soupapes doit pouvoir débiter son courant continu nominal pour toutes les tensions au dessous de la tension continue nominale

242 *Le réglage se fait par réglage de phase.* La variation du courant continu fourni par la soupape ou le jeu de soupapes en fonction de la tension continue doit faire l'objet d'un accord particulier avant la commande

250 Essais

Une partie ou la totalité des essais suivants peuvent être effectués sur la soupape (ou le jeu de soupapes) du convertisseur pour vérifier qu'elle est capable de satisfaire aux conditions pour lesquelles elle est prévue. Certains de ces essais sont exigés pour toutes les soupapes, d'autres essais ne sont effectués que s'ils sont spécifiés dans la commande (180)

251 Essais normaux

Les essais normaux sont exigés pour toutes les soupapes ou jeux de soupapes
Ils comportent

251-1 Un essai d'étanchéité d'après l'article 274 (pour les soupapes à vide entretenu seulement)

251-2 Les essais d'isolement d'après l'article 280

220 Temperature limits for the valve

- 221** No limits for temperature or temperature rise are specified in the present Recommendations for any part of the valve
- 222** If, however, the manufacturer considers it necessary to specify such limits, he shall indicate their values and the places where they have to be measured

230 Rating of valve or valve set

The rating of the valve or valve set shall be at least equal to that required for the rating of the converter (see Table III, page 69a)

240 Output in relation to adjustment of d.c. voltage

- 241** *Adjustment performed by change of the voltage of valve winding (tap changer etc)* The valve or valve set shall be capable of delivering its rated direct current at all voltages below rated d.c. voltage
- 242** *Adjustment performed by phase control* The direct current loading capacity as a function of the d.c. voltage shall be specially agreed upon before order

250 Tests

Some or all of the following tests may be made on the valve or the valve set of a converter to demonstrate its performance. Some of these tests are required on all valves, others are performed only if specified when ordering (180)

251 Routine tests

Routine tests are required on all valves or valve sets. They comprise the following

- 251-1 An air-tightness test according to Clause 274 (for pumped valves only)
- 251-2 Insulation tests according to Clause 280

252 Mesure des pertes

La mesure des pertes de la soupape ou du jeu de soupapes et des pertes dues aux appareils auxiliaires n'est pas exigée à moins qu'elle n'ait été spécifiée avant la commande. Si un tel essai est spécifié dans une commande comprenant deux ou plusieurs soupapes ou jeux de soupapes de même construction, l'essai ne doit être exécuté qu'avec une seule soupape ou un seul jeu de soupapes.

- 251-1 Dans le cas où une mesure des pertes n'est pas spécifiée dans la commande, le constructeur remettra à l'acheteur, s'il l'exige, les résultats de mesures de pertes exécutées avec une soupape (ou un jeu de soupapes), ou des appareils auxiliaires de construction identique à celle prévue pour la commande.
- 252-2 La mesure des pertes de la soupape ou du jeu de soupapes est effectuée d'après l'article 263, et celle des auxiliaires d'après l'article 262.

253 Essai en charge avec la soupape ou le jeu de soupapes

S'il est nécessaire de démontrer que la soupape ou le jeu de soupapes peut supporter les charges spécifiées, cela peut être fait soit par un essai en charge avec la soupape (ou le jeu de soupapes) commandée (voir l'article 180) soit par présentation d'un rapport d'un essai préalable (essai de type) effectué sur une soupape de construction identique dans des conditions correspondant au moins à celles exigées pour la commande.

- 253-1 Un essai en charge n'est pas nécessaire à moins qu'il n'ait été spécifié avant la commande. Si la présentation d'un rapport d'un essai de type est nécessaire elle doit être exigée avant la commande.
- 253-2 Si un essai en charge est spécifié dans une commande comprenant deux ou plusieurs soupapes ou jeux de soupapes de même construction, l'essai ne doit être effectué qu'avec une seule soupape ou un seul jeu de soupapes.
- 253-3 Si un essai en charge est exigé, il sera exécuté d'accord avec l'article 254.

254 Exécution des essais en charge

L'essai en charge de la soupape est effectué avec un couplage analogue au couplage spécifié, à une tension au moins égale à la tension nominale, à la fréquence nominale $\pm 20\%$ et dans des conditions d'altitude et de températures identiques ou équivalentes à celles qui sont spécifiées pour le régime nominal. L'essai doit commencer avec toutes les parties de la soupape à la température ambiante qui règne normalement dans les ateliers du constructeur, si la soupape n'est pas pourvue de moyens de chauffage, ou dans les limites de température contrôlées normalement, si de tels moyens de chauffage sont prévus.

- 254-1 La soupape ou le jeu de soupapes doit débiter le courant continu nominal jusqu'à ce que des conditions stables de température soient atteintes. Chaque charge spécifiée au-dessus du courant continu nominal (411-2) ne doit être appliquée qu'une seule fois à la suite de telles conditions stables à moins que d'autres séquences de charge n'aient été spécifiées. L'essai en charge est exécuté avec le coefficient de réglage spécifié, s'il y a lieu.

252 Measurement of power losses

The measurement of power losses in the valve or valve set and the losses due to its auxiliaries is not required unless specified before the order. If such a test is specified in an order comprising two or more valves or valve sets of the same design, it shall be made on only one valve or valve set.

- 252-1 If a loss measurement test is not specified in the order, the manufacturer shall supply to the purchaser, upon request, test results of loss measurements made on a valve (or valve set) or auxiliaries of the same design.
- 252-2 Loss measurement tests on the valve or valve set shall be made in accordance with Clause 263, and on the auxiliaries in accordance with Clause 262.

253 Load test on the valve or valve set

If evidence is required of the ability of a valve or valve set to carry the specified loads, it may be provided by a load test on the ordered valve or valve set (see Clause 180) or by test data from a load test made on a valve of the same design (type test) under conditions not less severe than those required by the order.

- 253-1 A load test is not required unless specified before ordering. If test data of a type test are to be submitted, it shall be so stated before ordering.
- 253-2 If a load test is specified in an order comprising two or more valves or valve sets of the same design, the test shall be made on one valve or valve set only.
- 253-3 If a load test is required, it shall be made in accordance with Clause 254.

254 Performance of load tests

The load test is to be performed at the specified circuit duty and at not less than rated voltage, at rated frequency $\pm 20\%$, and under service conditions of altitude and temperature that are the same or equivalent to those specified for the rating. The test shall start with all parts of the valve at the temperature prevailing in the manufacturer's works if the valve or valve set is not provided with heating means, or within the normal controlled temperature range if heaters are provided.

- 254-1 The valve or valve set is to be operated at rated direct current until stable temperature conditions are attained. Each specified load in excess of rated direct current (411-2) shall be applied only once following such operation unless other loading sequences have been specified. The load test shall be performed with the specified conditions of phase control, if any.

260 Pertes de la soupape

261 Pertes dans l'arc

- 261-1 Les pertes dans l'arc sont égales au produit de la chute de tension dans l'arc et du courant continu correspondant I_d
- 261-2 La chute de tension se réfère au courant continu nominal I_{dl} (135-3, 135-5) ou à tout autre courant de charge spécifié

262 Pertes dues aux appareils auxiliaires

Sous réserve de l'article 262-7 les puissances absorbées dans les dispositifs suivants doivent être mesurées et prises en considération (voir également les articles 421 et 422)

- 262-1 Puissances absorbées par les dispositifs d'excitation, de contrôle et de réglage
- 262-2 Puissance absorbée par les pompes à vide élevé
- 262-3 Puissance absorbée par les pompes à vide préliminaire
- 262-4 Puissance absorbée par le dispositif de mesure du vide
- 262-5 Puissance absorbée par les dispositifs de réfrigération
- 262-6 Puissance absorbée par les dispositifs de chauffage
- 262-7 Lorsqu'un des appareils énumérés ci-dessus (262-1 à 262-6) n'est pas en service permanent au régime considéré, la puissance qu'il absorbe ne doit pas compter dans la détermination du rendement, mais le constructeur doit indiquer la puissance absorbée par cet appareil et, si possible, la durée de son fonctionnement

263 Mesure de la chute de tension dans l'arc

- 263-1 Avant de mesurer la chute dans l'arc, la soupape doit avoir été formée et mise en charge pendant un temps convenable à la température normale de service
- 263-2 Le couplage à utiliser pour la mesure, les explications et les conditions à respecter sont indiqués dans le tableau I à la page 42a (Dans le schéma, les instruments 1 et 8 se trouvent au potentiel de la cathode. Si on le désire, on peut les connecter dans le circuit de l'anode en déplaçant les repères 2, 6, 9 du côté de la cathode)
- 263-3 La chute de tension D_c dans l'arc est déduite des lectures P_w du wattmètre W et I_w de l'ampèremètre A par la formule

$$D_c = \frac{P_w}{I_w} \left(\frac{R_w + R_v}{R_w} \right)$$

- 263-4 Il est recommandé d'effectuer la mesure sur 2 anodes au moins et de prendre la valeur moyenne
- 263-5 Si les conditions du tableau I à la page 42a sont remplies l'erreur maximum de mesure est de $\pm 5\%$

Repère de la figure	Explications		Symboles	Conditions pour les couplages à simple voie			
				3 ou 2 × 3 phases avec bobine d'absorption		6 phases	
				Ces formules doivent être satisfaites pour la plus forte valeur de I_d	Exemple recommandé: Un circuit satisfaisant aux conditions de cette colonne peut être utilisé dans les limites $3 > \frac{I_d}{a \cdot m_T} > 1$	Ces formules doivent être satisfaites pour la plus forte valeur de I_d	Exemple recommandé: Un circuit satisfaisant aux conditions de cette colonne peut être utilisé dans les limites $2,1 > \frac{I_d}{a \cdot m_T} > 0,7$
				Ce circuit peut être utilisé pour des intensités réduites jusqu'à $\frac{1}{3}$ de cette valeur		Ce circuit peut être utilisé pour des intensités réduites jusqu'à $\frac{1}{3}$ de cette valeur	
	Courant continu de la soupape pendant la mesure	I_d					
	Tension continue de la soupape	U_d					
	Nombre d'anodes de la soupape ou du jeu de soupapes	a					
1	Wattmètre	L'emploi d'un wattmètre à faible facteur de puissance, compensé contre les champs magnétiques extérieurs est recommandé					
		Courant nominal maximum	I_{wm}	5 A		5 A	
		Tension nominale maximum	U_{wm}	30 V		30 V	
2		Résistance du circuit de tension du wattm	R_w	1000 Ω		1000 Ω	
3	Redresseur sec	Courant continu maximum de charge (valeur efficace)		$1,7 \frac{I_d}{a \cdot m_T}$	5 A	$2,4 \frac{I_d}{a \cdot m_T}$	5 A
		S'il est parcouru dans la direction de conduction par un courant continu de		$3 \frac{I_d}{a \cdot m_T}$	8,5 A	$6 \frac{I_d}{a \cdot m_T}$	12 A
		la chute de tension mesurée est	$\frac{D_m}{2}$	$\frac{D_m}{2} < 2 \text{ V}$		$\frac{D_m}{2} < 2 \text{ V}$	
		Courant inverse maximum à 2 D_m volts		$0,02 \frac{I_d}{a \cdot m_T}$	0,06 A	$0,033 \frac{I_d}{a \cdot m_T}$	0,07 A
4	Transformateur de courant	Rapport du nombre des spires	m_T	$\geq 1,7 \frac{I_d}{a \cdot I_{wm}}$	$\geq 0,33 \frac{I_d}{a}$	$\geq 2,5 \frac{I_d}{a \cdot I_{wm}}$	$\geq 0,5 \frac{I_d}{a}$
		Courant de crête pour la mesure de la réactance secondaire à vide	i_T	$\leq 0,15 \frac{I_d}{a \cdot m_T}$	0,45 A	$\leq 0,2 \frac{I_d}{a \cdot m_T}$	0,45 A
			X_T	$2,2 \frac{D_m}{i_T}$	30 Ω	$1,16 \frac{D_m}{i_T}$	15 Ω
5	Résistance	Résistance parallèle	R_i	$1,32 \frac{D_m}{i_T} < R_i < 1,54 \frac{D_m}{i_T}$	$18 < R_i < 21 \Omega$	$1,28 \frac{D_m}{i_T} < R_i < 1,51 \frac{D_m}{i_T}$	$18 < R_i < 21 \Omega$
6	Résistance	La valeur de cette résistance doit être aussi grande que possible, sous réserve que la déviation du wattmètre ne soit pas trop faible	R_i		environ 2500 Ω si la pleine déviation du wattmètre est obtenue à un facteur de puissance de 0,1 à 0,3		environ 2500 Ω si la pleine déviation du wattmètre est obtenue à un facteur de puissance de 0,1 à 0,2
		Doit être dimensionnée pour la tension			$1,4 U_d$		
7	Redresseur sec ou thermionique	Courant nominal (valeur efficace)			$1,4 \frac{U_d}{R_i}$		
		Courant dans le sens de conduction pour lequel la chute de tension est $< U_{wm}$			$1,1 \frac{U_d}{R_i}$		
		Courant inverse maximum à une tension continue de 30 volts			$\frac{1}{R_w}$		
8	Ampèremètre à cadre mobile indiquant la valeur moyenne arithmétique						
9	Bouton poussoir permettant d'insérer le circuit de tension pour un temps très court						
10	Enroulement côté soupape du transformateur						
11	Soupape						

* La réactance secondaire à vide X_T du transformateur de courant doit satisfaire aux exigences du Tableau I lorsqu'elle est mesurée de la manière suivante: L'enroulement secondaire est alimenté par un courant sinusoïdal de valeur efficace I_T tandis que le primaire est alimenté par un courant continu I_{dT} en série avec une inductance suffisamment élevée pour filtrer le courant continu pendant la mesure. Les courants sont ajustés de façon que

$$\frac{1}{m_T} I_{dT} + 1,2 I_T = i_T \text{ selon le Tableau et } \frac{I_{dT}}{m_T I_T} = 1,8$$

La tension alternative U_T aux bornes du secondaire est mesurée, et la réactance à vide X_T est donnée par $X_T = \frac{U_T}{I_T}$

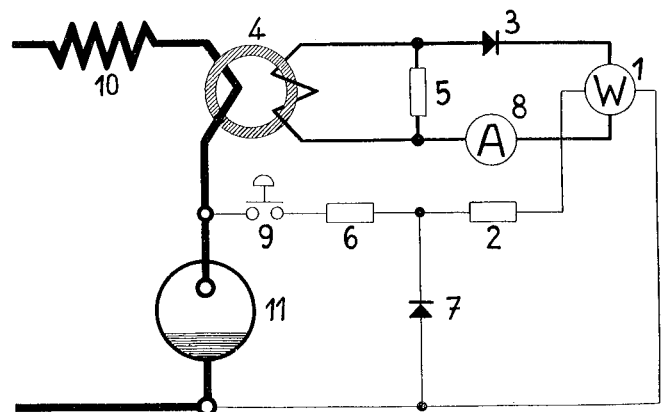


Tableau I

260 Valve losses

261 Losses in the arc

- 261-1 The losses in the arc are the product of the arc voltage drop and the actual direct current I_d
- 261-2 The arc voltage drop refers to the rated direct current I_{dl} (135-3; 135-5) or to any other load current if specified

262 Losses of the auxiliaries

Subject to Clause 262-7 any power absorbed in the following auxiliaries is to be measured and included (see also Clauses 421 and 422)

- 262-1 Power absorbed by the excitation, grid or ignitor control and regulating devices
- 262-2 Power absorbed by the low-pressure vacuum pumps
- 262-3 Power absorbed by the high pressure vacuum pumps
- 262-4 Power absorbed by the vacuum measuring device
- 262-5 Power absorbed by the cooling devices
- 262-6 Power absorbed by the heating devices
- 262-7 If any of the devices enumerated (262-1 to 262-6) is not permanently in service at the load considered, its power consumption shall not be taken into consideration in determining the efficiency, but the manufacturer shall indicate the power taken by this apparatus and, if possible, the duration of its operation

263 Measurement of arc voltage drop

- 263-1 Before measuring the arc drop, the valve shall have passed the degassing process and been under load for a suitable time under normal operating conditions of temperature and vacuum
- 263-2 The connection to be used for the measurement, and the necessary explanations and conditions are given in Table I on page 43a (In the diagram the instruments 1 and 8 are at cathode potential. If desired they can be connected in the anode circuit by moving items 2, 6, 9 to the cathode side)
- 263-3 The arc voltage drop D_c is obtained from the readings P_w of the wattmeter W and I_w of the ammeter A by the formula

$$D_c = \frac{P_w}{I_w} \left(\frac{R_w + R_v}{R_w} \right)$$

- 263-4 It is recommended that the measurement be made on at least 2 anodes and the average taken
- 263-5 If the conditions of Table I on page 43a are fulfilled the maximum error of measurement is $\pm 5\%$

Position of the figure	Explanation		Sym-bols	Conditions for single way connections			
				3-phase or 2×3 -phase with interphase transformer		6 phase	
				The formulae should be satisfied for the highest value of I_d	Recom-mended example: A circuit rated according to this column may be used in the range of load	The formulae should be satisfied for the highest value of I_d	Recom-mended example: A circuit rated according to this column may be used in the range of load
				The circuit may then be used for measurements down to $\frac{1}{3}$ of this value	$3 > \frac{I_d}{a \cdot m_T} > 1$	The circuit may then be used for measurements down to $\frac{1}{3}$ of this value	$2.1 > \frac{I_d}{a \cdot m_T} > 0.7$
		Direct current of the valve during measurement	I_d				
		D C voltage of the valve	U_d				
		Number of anodes of the valve or valve set	a				
1	Watt-meter	Wattmeter for low power factor shielded against external magnetic fields is recommended					
		Normal maximum current	I_{wm}		5 A		5 A
		Normal maximum voltage	U_{wm}		30 V		30 V
2		Resistance of wattmeter voltage circuit	R_w		1000 Ω		1000 Ω
3	Dry-plate rectifier	Maximum continuous load current (RMS value)		$1.7 \frac{I_d}{a \cdot m_T}$	5 A	$2.4 \frac{I_d}{a \cdot m_T}$	5 A
		For a direct current in forward direction of magnitude		$3 \frac{I_d}{a \cdot m_T}$	8.5 A	$6 \frac{I_d}{a \cdot m_T}$	12 A
		the measured voltage drop is	$\frac{D_m}{2}$		$\frac{D_m}{2} < 2$ V		$\frac{D_m}{2} < 2$ V
		Max. reverse current at 2 D_m volts		$0.02 \frac{I_d}{a \cdot m_T}$	0.06 A	$0.033 \frac{I_d}{a \cdot m_T}$	0.07 A
4	Current transformer	Ratio	m_T	$\leq 1.7 \frac{I_d}{a \cdot I_{wm}}$	$\geq 0.33 \frac{I_d}{a}$	$\geq 2.5 \frac{I_d}{a \cdot I_{wm}}$	$\geq 0.5 \frac{I_d}{a}$
		Peak current for measurement of secondary no-load reactance	i_T	$\leq 0.15 \frac{I_d}{a \cdot m_T}$	0.45 A	$\leq 0.2 \frac{I_d}{a \cdot m_T}$	0.45 A
			x_T^*	$2.2 \frac{D_m}{i_T}$	30 Ω	$1.16 \frac{D_m}{i_T}$	15 Ω
5	Resistor	Resistance	R_i	$1.32 \frac{D_m}{i_T} < R_i < 1.54 \frac{D_m}{i_T}$	$18 < R_i < 21 \Omega$	$1.28 \frac{D_m}{i_T} < R_i < 1.51 \frac{D_m}{i_T}$	$18 < R_i < 21 \Omega$
6	Resistor	The value of this resistance should be as high as possible provided, the deflection of the wattmeter is not too small	R_1		about 2500 Ω when the wattmeter gives full deflection at a power factor of 0.1–0.3		about 2500 Ω where the wattmeter gives full deflection at a power factor of 0.1–0.2
		Must be rated for the voltage			$1.4 U_d$		
7	Dry-plate or ionic valve	Current rating (RMS value)			$1.4 \frac{U_d}{R_v}$		
		Current in forward direction for which the voltage drop is $< U_{wm}$			$1.1 \frac{U_d}{R_v}$		
		Max. reverse current at 30 volts			$\frac{1}{R_w}$		
8	Ammeter of moving coil type showing the arithmetic mean value						
9	Push button by which the voltage circuit can be inserted only for a short time						
10	Valve side winding of the transformer						
11	Valve						

* The secondary no-load reactance X_T of the current transformer shall comply with the requirements of the Table I when measured in the following way: The secondary winding is fed with sinusoidal current having effective value I_T while the primary winding is fed with direct current I_{dT} in series with a reactor, large enough to keep the direct current smooth during measurement. The currents are so adjusted, that

$$\frac{1}{m_T} I_{dT} + 1.2 I_T = i_T \text{ according to the table and } \frac{I_{dT}}{m_T I_T} = 1.8$$

The a.c. voltage U_T over the secondary winding is measured, and the no load reactance X_T is then defined as $X_T = \frac{U_T}{I_T}$

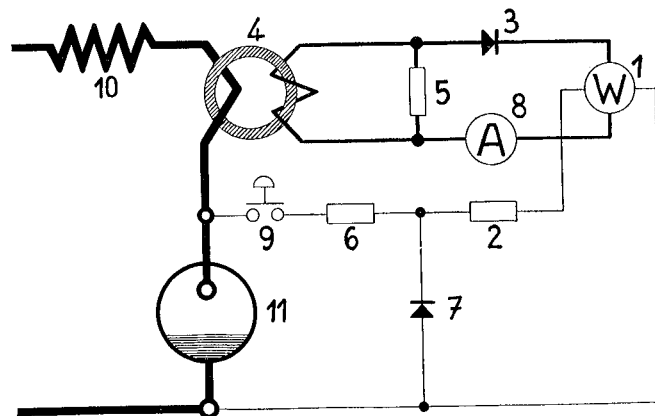


Table 1

270 **Entretien du vide**

271 **Note**

Sauf pour les ampoules de verre et les cuves en métal scellées le vide est maintenu à l'intérieur de la cuve au moyen d'un groupe de pompage et la pression intérieure peut être mesurée à tout instant

272 **Pression intérieure de la soupape**

272-1 *La pression réelle* de la soupape se compose de la pression des gaz résiduels, des gaz de remplissage éventuels et des vapeurs

272-2 *La pression conventionnelle* est mesurée par les moyens que le constructeur a prévus à cet effet, s'ils font partie de l'équipement normal de service

273 **Instruments de mesure**

273-1 *Pont à filament chaud* (p. ex. jauge Pirani) Ce vacuomètre indique la pression des gaz résiduels et des vapeurs. L'influence de la pression partielle de la vapeur de mercure est pratiquement éliminée quand le pont à filament chaud est situé dans une partie du système évacué qui se trouve à la température ambiante

273-2 *Instrument à compression* (p. ex. jauge de Mac-Leod) Ce vacuomètre indique seulement la pression des gaz résiduels et ne permet pas d'indiquer la pression des vapeurs qui se condensent pendant la compression, comme par exemple la vapeur d'eau

274 **Essai d'étanchéité**

274-1 Pendant l'essai d'étanchéité, la soupape et ses pompes doivent être à la température ambiante et être hors circuit. L'augmentation de la pression conventionnelle d'une soupape ou d'un jeu de plusieurs soupapes ayant un groupe de pompage commun ne doit pas dépasser $10/1000$ mm de mercure en 10 heures

274-2 Pour les ampoules de verre et les cuves en métal scellées aucun essai d'étanchéité n'est spécifié dans les présentes Recommandations

270 Maintenance of vacuum

271 Note

With the exception of glass bulbs and sealed tanks the vacuum is maintained in the tank by means of a pump set and the internal pressure can be measured at any time

272 Pressure in the valve

272-1 *The true pressure* in the valve is composed of the pressure of the residual gases, the pressure of the filling gases, if any, and the pressure of the vapours

272-2 *The conventional pressure* is measured by the apparatus provided by the manufacturer when such apparatus is part of the normal service equipment

273 Measuring instruments

273-1 *Hot filament gauge* (e.g. Pirani gauge) This gauge indicates the pressure of the residual gases and of the vapours. The influence of the partial pressure of the mercury vapour is practically eliminated when the hot filament gauge is located at a part of the vacuum system which is at room temperature

273-2 *Compression vacuum gauge* (e.g. McLeod gauge) This gauge indicates only the pressure of the residual gases and cannot indicate the pressure of vapours, such as water vapour, which condense during compression

274 Air-tightness test

274-1 During the air-tightness test, the valve and its pumps are to be at ambient temperature and electrically disconnected. The rise of the conventional pressure of the valve or valve set having a common pump shall not exceed $10/1000$ mm mercury in 10 hours

274-2 For glass bulbs and sealed tanks no test of air-tightness is required in accordance with these Recommendations

280 Essais d'isolement

281 Exécution des essais d'isolement

281-1 Les essais d'isolement ont pour but de contrôler les rigidités diélectriques des isolations externes de la soupape et les rigidités diélectriques des appareils auxiliaires. Les essais sont exécutés à la température ambiante dans une des deux conditions ci-après au choix du constructeur

281-11 La soupape étant remplie d'air à la pression atmosphérique, ou

281-12 La pression à l'intérieur de la soupape étant égale à la pression normale en service

281-2 Si des circuits flottants auxiliaires sont utilisés, chacun de ces circuits sera considéré comme étant connecté conductivement à un élément particulier du circuit principal ou à la terre et il sera connecté ainsi pendant l'essai d'isolement

281-3 Les électrodes auxiliaires ainsi que la cathode, si elle est isolée de la cuve, seront connectées conductivement à la cuve pendant tous les essais d'isolement sauf pendant l'essai d'isolement effectif entre ces éléments

281-4 La tension d'essai est d'une fréquence quelconque entre 15 et 100 Hz et la forme de sa courbe doit être pratiquement sinusoïdale (165).
L'essai doit être commencé avec une tension ne dépassant pas la moitié de la pleine tension d'essai. Cette tension est ensuite élevée jusqu'à la pleine tension d'essai d'une manière progressive ou par degrés ne dépassant pas 5% de la pleine valeur, le temps permis pour l'augmentation de la tension de la moitié à la pleine valeur n'étant pas inférieur à 10 secondes. La pleine tension d'essai est alors maintenue pendant une minute

282 Base pour les essais d'isolement*

La règle générale servant à déterminer les tensions d'essai qui doivent être appliquées entre deux points quelconques considérés est basée sur le principe que la valeur de la tension d'essai doit être le produit d'une constante (K) par la tension effective de crête (U_m) correspondante (130-6) plus une tension constante (U_k). Cela s'exprime par la formule

$$\text{Valeur efficace de la tension d'essai} = K \times U_m + U_k$$

* Voir la note à la page 48

280 Insulation tests

281 Performance of insulation tests

281-1 The purpose of the insulation tests is to check the dielectric strength of the external insulation of the valve and the dielectric strength of the auxiliaries. The tests shall be carried out at ambient temperature under either of the following conditions, the choice being left to the manufacturer:

281-11 With the valve filled with air at atmospheric pressure, or

281-12 With the valve under normal service conditions of vacuum

281-2 If floating auxiliary circuits are used, each such circuit shall be regarded as being conductively connected to some particular power circuit element or earth and shall be so connected during the insulation test

281-3 Auxiliary electrodes as well as the cathode, where it is insulated from the tank, shall be conductively connected to the tank for all insulation tests except during the actual insulation tests between these elements

281-4 The test voltage may be of any frequency between 15 and 100 cycles per second and shall be as near as possible to a sine wave form (165).
The tests shall be commenced at a voltage of not more than one half of the full test voltage. The voltage shall then be increased to the full test voltage steadily or in steps of not more than 5% of the full value, the time allowed for increasing the voltage from one half to full value being not less than 10 seconds. The full test voltage shall then be maintained for one minute.

282 Basis for insulation tests*

The general rule for determining the insulation test voltages to be applied between any two points under consideration is based on the principle that the value of the test voltage should be the product of a constant (K) times the corresponding peak working voltage (U_m) (130-6) plus a constant voltage (U_k). This may be expressed by the formula

$$\text{R M S test voltage} = K \times U_m + U_k$$

* See note on page 49

283 Valeur efficace des tensions d'essai à appliquer*

- 283-1 Si l'élément de circuit qui doit être essayé est connecté à une borne du transformateur du convertisseur et à une électrode principale de la soupape, la valeur efficace de la tension d'essai entre cet élément et d'autres points à essayer (tels que la cathode, la cuve ou la terre) sera égale à

$$1,5 U_m + 3000 \text{ V, avec un minimum de } 5000 \text{ V}$$

Dans cette formule U_m est la tension électrode U_{Em} définie dans l'article 130-7

- 283-2 La valeur efficace de la tension d'essai entre les bornes principales à courant continu, y compris les circuits auxiliaires connectés à celles-ci et entre ces mêmes bornes ou circuits et la terre sera

$$2 U_m + 1000 \text{ V, avec un minimum de } 1500 \text{ V}$$

Dans cette formule U_m est la valeur maximum instantanée de la tension continue à vide non filtrée

- 283-3 La valeur efficace de la tension d'essai entre n'importe quels éléments de circuit non compris dans les articles 283-1 et 283-2 ou entre de tels éléments de circuit et la terre sera

$$1,5 U_m + 1000 \text{ V, avec un minimum de } 1500 \text{ V}$$

- 283-4 La valeur efficace de la tension d'essai entre cathode et cuve, si elle est isolée, sera 500 V

* *Note* Provisoirement et à la suite d'un accord spécial entre acheteur et constructeur, les valeurs des tensions d'essai basées sur la tension entre phase et neutre U_o (130-4) et la tension continue fictive à vide U_{dio} (130-5) peuvent être utilisées pour la soupape et le transformateur, telles qu'elles sont indiquées dans les articles 283-5 à 283-76

Il est souhaitable que l'existence simultanée de deux pratiques différentes ne soit que temporaire, et que dans un proche avenir la tension effective de crête soit généralement acceptée comme base pour les essais d'isolement

- 283-5 *Tension d'essai par rapport à la cuve de la soupape* (seulement pour les soupapes à enveloppe d'acier)

- 283-51 Anodes principales $3 U_o + 5000 \text{ V}$

- 283-52 Anodes d'excitation, dispositif d'allumage, grilles de commande et autres électrodes auxiliaires 1500 V

- 283-53 Parties isolées de tous les auxiliaires qui sont en service au potentiel de la cuve 1500 V

- 283-54 Parties isolées de tous les auxiliaires qui sont en service au potentiel de la cathode 1500 V

- 283-55 Cathode isolée de la cuve 500 V

- 283-6 *Tension d'essai par rapport à la cathode*

- 283-61 Parties isolées de tous les auxiliaires qui sont en service au potentiel de la cathode 1500 V

- 283-7 *Tensions d'essai par rapport à la terre*

- 283-71 Auxiliaires qui sont connectés aux anodes principales $3 U_o + 5000 \text{ V}$

- 283-72 Cuve (seulement pour les soupapes à enveloppe d'acier) $2 U_{dio} + 1000 \text{ V}$

- 283-73 Auxiliaires qui sont en service au potentiel de la cuve y compris leur transformateur d'isolement $2 U_{dio} + 1000 \text{ V}$

- 283-74 Cathode $2 U_{dio} + 1000 \text{ V}$

- 283-75 Auxiliaires qui sont en service au potentiel de la cathode y compris leur transformateur d'isolement $2 U_{dio} + 1000 \text{ V}$

- 283-76 Parties isolées de tous les auxiliaires qui sont en service au potentiel de la terre 1500 V

283 R M S Test voltages to be applied*

- 283-1 If one circuit element to be tested is connected to a converter transformer terminal and a main electrode of the valve, the 1 m s test voltage between it and other test points (such as cathode, tank or earth) shall be as follows

$$1.5 U_m + 3000 \text{ V, with a minimum of } 5000 \text{ V}$$

In this formula, U_m is the electrode voltage U_{Em} defined in Clause 130-7

- 283-2 The 1 m s test voltage between d.c. power terminals, including auxiliary circuits connected thereto, and between such terminals or circuits and earth shall be

$$2 U_m + 1000 \text{ V, with a minimum of } 1500 \text{ V}$$

In this formula, U_m is the maximum instantaneous value of the unsmoothed d.c. voltage at no load

- 283-3 The r m s test voltage between any circuit elements not covered by clauses 283-1 and 283-2 or between such circuit elements and earth shall be

$$1.5 U_m + 1000 \text{ V, with a minimum of } 1500 \text{ V}$$

- 283-4 The 1 m s test voltage between cathode and tank, when insulated from each other, shall be 500 V

* *Note* Provisionally, and by special agreement between purchaser and manufacturer, the values of test voltages based on the phase-to-neutral voltage U_o (130-4) and the ideal no-load d.c. voltage U_{dio} (130-5) for the valves and for the transformer, which are specified in clauses 283-5 to 283-76 may be used.

It is hoped that this simultaneous existence of two different practices may only be temporary, and that in the near future the use of the peak working voltage may be generally agreed upon as the basis of test voltages

283-5 *Test voltages to the tank of the valve (steel-tank valves only)*

283-51	Main anodes	$3 U_o + 5000 \text{ V}$
283-52	Excitation anodes, ignition device, control grids and other auxiliary electrodes	1500 V
283-53	Insulated parts of all auxiliaries which in normal operation are at tank potential	1500 V
283-54	Insulated parts of all auxiliaries which in normal operation are at cathode potential	1500 V
283-55	Cathode when insulated from tank	500 V

283-6 *Test voltage to the cathode*

283-61	Insulated parts of all auxiliaries which in normal operation are at cathode potential	1500 V
--------	---	--------

283-7 *Test voltages to earth*

283-71	Auxiliaries connected to main anodes	$3 U_o + 5000 \text{ V}$
283-72	Tank (steel-tank valves only)	$2 U_{dio} + 1000 \text{ V}$
283-73	Auxiliaries which in normal operation are at tank potential including their insulating transformer	$2 U_{dio} + 1000 \text{ V}$
283-74	Cathode	$2 U_{dio} + 1000 \text{ V}$
283-75	Auxiliaries which in normal operation are at cathode potential including their insulating transformer	$2 U_{dio} + 1000 \text{ V}$
283-76	Insulated parts of all auxiliaries which in normal operation are at earth potential	1500 V

290 Plaque signalétique

291 Toute soupape ou tout jeu de soupapes doit porter un nom ou un symbole l'identifiant comme soupape à vapeur de mercure, le nom du constructeur et/ou sa marque de fabrique, un numéro de fabrication et une désignation de type

292 Tout jeu de soupapes doit porter une plaque signalétique (voir exemple), où doivent figurer en caractères bien lisibles et durables les indications suivantes

292-1 Courant anodique efficace nominal I_{A1} (135-6)

292-2 Tension continue nominale U_{d1} (135-2)

292-3 Courant continu nominal I_{d1} (135-3,135-5)

292-4 Puissance nominale P_{d1} (135-4)

292-5 Classe de charge C E I s'il y a lieu (tableau III, page 68a) ou les charges de courte durée: courants (A) et leurs durées respectives exprimées en heures (h) ou minutes (m) ou secondes (s)

292-6 Fréquence nominale f_1 (135-7)

292-7 Limites de température spécifiées pour l'air de refroidissement (212-1), pour les soupapes ventilées seulement

292-8 Poids w

292-9 Référence au numéro et à la date des présentes recommandations de la C E I

294 Exemple non limitatif d'une plaque signalétique

Soupape à vapeur de mercure					
No	3456	Type	FM12		
U_{d1}	500	V	I_{A1}	722	A
I_{d1}	5000	A	w	2000	kg
P_{d1}	2500	kW	No	84 1957	CEI
f_1	50	Hz	Classe de charge	IIIa	

290 Rating plate

291 Every valve or valve set shall bear a name or symbol identifying it as a mercury-arc valve, and the manufacturer's name and/or trademark, serial number and type designation

292 Every valve set shall have a rating plate (see example) which shall bear in clear and durable signs the following indications:

292-1 Rated r.m.s. anode current I_{A1} (135-6)

292-2 Rated d.c. voltage U_{d1} (135-2)

292-3 Rated direct current I_{d1} (135-3, 135-5)

292-4 Rated power P_{d1} (135-4)

292-5 I E C Rating Class if any (Table III, page 69a) or the short time ratings currents (A) and time in hours (h), minutes (m) or seconds (s) respectively

292-6 Rated frequency f_1 (135-7)

292-7 Specified temperature limits of cooling air (212-1), for air cooled valves only

292-8 Weight w

292-9 Reference to number and date of these I E C Recommendations

294 Example (non-mandatory) of a rating plate

Mercury-arc valve					
No	3456	Type	FM12		
U_{d1}	500	V	I_{A1}	722	A
I_{d1}	5000	A	w	2000	kg
P_{d1}	2500	kW	No	84	1957 IEC
f	50	Hz	Rating class	IIIa	

300 TRANSFORMATEUR ET BOBINES D'INDUCTANCE

310 Généralités

311 Les présentes Recommandations se rapportent en général à celles des caractéristiques par lesquelles les transformateurs pour convertisseurs diffèrent des transformateurs de puissance ordinaires. Sur les autres points les règles spécifiées pour les transformateurs de puissance s'appliquent aux transformateurs pour convertisseurs, tant qu'elles ne sont pas en contradiction avec les présentes Recommandations.

312 Les conditions de fonctionnement des convertisseurs avec des courants d'allure non sinusoïdale contenant aussi une composante continue, et avec une répartition asymétrique des valeurs instantanées des tensions, nécessitent une construction spéciale du transformateur, et notamment une résistance mécanique élevée, pour lui permettre de supporter les chocs provenant des courts-circuits et des retours d'arc éventuels.

Il est recommandé que la réactance du transformateur ne soit pas trop faible, et que l'étendue totale de réglage des prises supplémentaires ne soit pas trop grande.

320 Régime nominal du transformateur

Le régime nominal du transformateur du convertisseur doit être au moins égal au régime nominal du convertisseur (voir le tableau III à la page 68a).

330 Essais

Les essais des transformateurs et des bobines d'inductance sont exécutés en accord avec les articles 180 et 311.

331 Essais normaux

Tous les transformateurs et bobines d'inductance doivent subir les essais normaux, qui comprennent

331-1 la vérification du rapport de transformation et de la polarité

331-2 la mesure de la résistance des enroulements

331-3 l'essai à vide (341)

331-4 l'essai de court-circuit (342)

331-5 les essais d'isolement (350)

300

TRANSFORMER AND REACTORS

310 General

311 These Recommendations relate in general to those characteristics wherein converter transformers differ from ordinary power transformers. In other respects, the specified rules for power transformers shall apply to converter transformers also, as far as they are not in contradiction with these Recommendations.

312 The operating conditions of converters with currents of non sinusoidal shape also containing a d.c. component and with asymmetrical distribution of the instantaneous values of voltage, call for a special transformer design, and particularly for a high mechanical strength to resist shocks caused by short circuits and possible backfires.
It is recommended that the transformer reactance should not be unduly low, and that the total range of tapplings should not be too large.

320 Rating of transformer

The rating of the converter transformer shall be at least equal to the rating of the converter (see Table III, page 69 a).

330 Tests

Tests on transformers and reactors shall be performed in accordance with Clauses 180 and 311.

331 Routine tests

All transformers and reactors shall be subjected to routine tests, which shall include tests of

331-1 turns ratio and polarity

331-2 measurement of the resistances of the windings

331-3 the no-load test (341)

331-4 the short-circuit test (342)

331-5 the insulation tests (350)

340 Pertes et chutes de tension du transformateur et des bobines d'inductance

341 Essai à vide du transformateur

Les pertes à vide sont mesurées comme pour les transformateurs de puissance à tension nominale et à la fréquence nominale

- 341-1 Pour certains types de transformateurs l'allure de la tension de service normale n'est pas sinusoïdale. Les pertes dans le noyau de tels transformateurs se déterminent en appliquant une tension sinusoïdale de même valeur moyenne arithmétique et de même fréquence fondamentale que la tension appliquée en service

342 Mesure des pertes dans les enroulements du transformateur

Les pertes qui apparaissent dans les enroulements du transformateur pendant le fonctionnement normal du convertisseur se composent d'une part des pertes ohmiques et d'autre part des pertes par courants de Foucault (fonction de la fréquence). À cause des harmoniques de courant, les pertes dans les enroulements devraient être mesurées quand le transformateur est en service normal avec la soupape. Ce genre de mesure n'est pas à recommander parce qu'il est compliqué et insuffisamment exact. Pour cette raison on calcule les pertes dans les enroulements en se basant sur des essais de court-circuit effectués avec des courants sinusoïdaux. La méthode est basée sur l'emploi dans les enroulements de courants sinusoïdaux, ayant la même valeur efficace que ceux qui existeraient pendant le fonctionnement réel avec la soupape en négligeant l'empiètement, comme on l'a fait pour la définition du courant anodique efficace (135-6).

Du fait qu'en service normal avec la soupape les courants sont légèrement plus faibles que pendant la mesure des pertes il résulte une *erreur positive*. Il est supposé que cette erreur positive est compensée par l'*erreur négative*, résultant du fait que l'on a négligé les pertes par courants de Foucault provenant des courants harmoniques en service normal avec la soupape.

- 342-1 Sauf spécification contraire, les pertes garanties dans les enroulements se réfèrent au fonctionnement sur la prise principale (135-8) de l'enroulement côté réseau
- 342-2 Les pertes mesurées dans les enroulements sont ramenées à une température de l'enroulement de 75°C, comme pour les transformateurs de puissance

340 Losses and voltage drops in the transformer and reactors

341 No-load test of the transformer

The no-load losses are to be measured as for power transformers at rated voltage and rated frequency

- 341-1 For certain types of transformers the wave shape of the normal operating voltage is non-sinusoidal. The core loss of such equipment is to be determined by applying a sinusoidal voltage having the same arithmetic mean value and the same fundamental frequency as the voltage impressed in service

342 Measurement of the losses in the windings of the transformer

The losses in the windings which appear under normal service conditions are composed of the d.c. losses and the additional losses (depending on frequency) caused by eddy currents. Due to the harmonics the actual losses in the windings would require to be measured with the transformer in normal operation with the valve. This method of measurement cannot be recommended because it is too complicated and inaccurate. Therefore, the losses in the windings are to be computed from the result of short-circuit measurements carried out with sinusoidal currents. The method is based on the use of sinusoidal currents in the winding having the same r.m.s. values as those which would exist in operation with the valve if the overlap were disregarded, in accordance with the definition of the r.m.s. anode current (135-6).

Owing to the fact that the r.m.s. values of the currents during normal operation with the valve are somewhat smaller than those in the test, a *positive error* is encountered. This positive error is assumed to be compensated for by the *negative error* resulting from the fact that the additional stray losses caused by the harmonics in operation with the valve are disregarded.

- 342-1 If not otherwise specified, the guaranteed losses in the windings refer to operation on the principal tap (135-8) of the line winding

- 342-2 The measured losses in the windings are to be corrected to a winding temperature of 75° C as for power transformers

342-3 Le tableau II à la page 57a indique pour quelques-uns des couplages utilisés le plus couramment quelles sont les bornes à mettre en court-circuit pour les différents essais A, B et C respectivement

342-4 *Essais de court-circuit*

En exécutant chacun des essais de court-circuit A, B et C toutes les bornes de phase du côté réseau du transformateur sont alimentées à leur courant nominal (136-0) et à la fréquence nominale tandis que l'enroulement côté soupape est mis en court-circuit comme indiqué dans le tableau II. Les puissances absorbées sont mesurées pendant les essais A, B, C et elles sont désignées par P_A , P_B , P_C respectivement. Les pertes totales dans les enroulements sont alors calculées à l'aide des formules indiquées dans le tableau (voir également 342-2).

343 **Autres informations également indiquées dans le tableau II**

343-1 La valeur efficace du courant côté réseau I_L (136-0) par ampère du courant continu I_d est indiquée dans le tableau II en admettant les rapports de tensions suivants:

343-11 Pour les couplages à simple voie (151-1):

$$\frac{\text{tension entre phases côté réseau}}{\text{tension entre phase et neutre côté soupape}} = 1$$

343-12 Pour les couplages à double voie (151-2)

$$\frac{\text{tension entre phases côté réseau}}{\text{tension entre phases côté soupape}} = 1$$

343-2 *Tension continue fictive à vide U_{dio} (130-5)*

On peut calculer cette tension à partir de la tension nominale U_{vo} de l'enroulement côté soupape (135-9) en utilisant pour les différents couplages les facteurs indiqués dans la colonne $\frac{U_{dio}}{U_{vo}}$

343-3 *Chute inductive d_{xt1} de la tension continue*

Pour $\frac{d_{xt1}}{e_{x1}}$ voir l'article 346-1

342-3 The Table II on page 57a indicates for some of the most commonly used connections the short-circuit connections to be made for tests A, B and C respectively

342-4 *Short-circuit tests*

For each short-circuit test A, B and C respectively, rated line-side current (136-0) of rated frequency is to be fed into all line-side terminals with the valve-side terminals short-circuited as indicated in Table II. The power inputs are measured in the short-circuit tests A, B, C and are designated P_A , P_B , P_C respectively. The total losses in the windings are then calculated by the formulae given in the table (see also 342-2)

343 **Other information given in Table II**

343-1 The *rms* value I_L of the current on line side (136-0) per ampere direct current I is indicated in Table II on the basis of the following voltage ratios

343-11 For single way connections (151-1)

$$\frac{\text{Phase-to-phase voltage on line side}}{\text{Phase-to-neutral voltage on valve side}} = 1$$

343-12 For double way connections (151-2)

$$\frac{\text{Phase-to-phase voltage on line side}}{\text{Phase-to-phase voltage on valve side}} = 1$$

343-2 *Ideal no-load d.c. voltage* U_{dio} (130-5)

This voltage can be computed from the rated voltage U_{vo} of the valve winding (135-9) for the connections given in Table II by the factors given in the column $\frac{U_{dio}}{U_{vo}}$

343-3 *The inductive d.c. voltage drop* d_{x11}

For $\frac{d_{x1}}{e_{x1}}$ see clause 346-1

N ^o	Couplages représentés vectoriellement		I_L Courant côté réseau Line side current (343-1)	Essais: bornes à mettre en court-circuit Tests: terminals to be short-circuited			Pertes totales dans les enroulements Total losses in the windings	$\frac{U_{dio}}{U_{vo}}$	$\frac{d_{xt1}}{e_{x1}}$
	Connections in vector representation			A	B	C			
	Côté réseau line-side	Côté soupape Valve side							
1			1	0-1	0-2		$\frac{P_A + P_B}{2}$	0,9	—
2			0,816	1-2-3			$P_A \frac{1 + 1,5 k}{1 + k} *$	1,17	0,866
3			0,816	1-3-5	2-4-6		$1,5 \frac{P_A + P_B}{2}$	1,35	1,5
4			0,816	1-2 3-4 5-6	2-3 4-5 6-1	moenne average de/of 1-3-5 et/and 2-4-6	$P_A \frac{1 + 2P_B + 3P_C}{6}$	1,35	—
5			0,707	1-3-5	2-4-6		$\frac{P_A + P_B}{2}$	1,17	0,5
6			0,544	1-3-5 I-II-III	2-4-6 I-II-III		$1,125 \frac{P_A + P_B}{2}$	0,9	—
7			0,682	1-5-9 2-6-10	3-7-11 4-8-12	1-5-9 2-6-10 3-7-11 4-8-12	$1,14 \frac{P_A + P_B}{2} 0,14 P_C$	1,17	—
8			0,682	1-5-9 2-6-10	3-7-11 4-8-12		$1,07 \frac{P_A + P_B}{2}$	1,17	0,518
9		double voie double way	1	1-2			P_A	0,9	0,707
10		double voie double way	0,816	1-2-3			P_A	1,35	0,5

* k est le rapport entre les pertes dans les enroulements côté soupape et côté réseau pendant l'essai de court circuit, déterminées à l'aide des résistances ohmiques des enroulements

k is the quotient of the losses in the valve winding divided by those in the line winding in the short circuit test, as determined from the ohmic resistances of the windings

Tableau II

Table II

344 Mesure des pertes de la bobine d'absorption, des bobines d'anodes et de la bobine d'égalisation

344-1 *Bobine d'absorption*

344-11 Le constructeur doit indiquer les valeurs calculées des pertes dans le fer pour le courant nominal à tension nominale et pour le réglage de phase spécifié s'il y a lieu (341-1)

344-12 Les pertes dans l'enroulement sont calculées en multipliant la résistance ohmique par le carré du courant continu dans l'enroulement pour le courant nominal (voir également 342-2)

344-2 *Bobines d'anodes*

344-21 Les pertes dans le fer sont négligées par convention

344-22 Les pertes dans l'enroulement sont calculées en multipliant la résistance ohmique par le carré de la valeur efficace du courant dans l'enroulement, calculée en se basant sur une allure rectangulaire du courant pour le courant continu nominal (voir également 342-2)

344-3 *Bobine d'égalisation*

344-31 Les pertes dans le fer sont négligées par convention

344-32 Les pertes dans l'enroulement sont calculées en multipliant la résistance ohmique par le carré du courant continu nominal dans l'enroulement (voir également 342-2)

345 Mesure des chutes ohmiques de tension continue (130-8)

Sauf spécification contraire, les chutes de tension continue se réfèrent à la prise principale (135-8) de l'enroulement côté réseau

345-1 La chute ohmique d_{t1} de la tension continue due au transformateur et à la bobine d'absorption (si elle existe) pour le courant continu nominal, exprimée en pour cent de la tension continue fictive à vide, est égale à

$$100 \times \frac{\text{pertes dans les enroulements au courant continu nominal}}{\text{courant continu nominal} \times \text{tension continue fictive à vide}}$$

345-2 La chute ohmique d_{b1} de la tension continue due aux réactances par ex aux bobines d'égalisation, aux bobines d'anodes et aux bobines d'inductance et transformateurs etc côté réseau (s'il y a lieu) pour le courant continu nominal, exprimée en pour cent de la tension continue fictive à vide, est égale à

$$100 \times \frac{\text{pertes dans les enroulements au courant continu nominal}}{\text{courant continu nominal} \times \text{tension continue fictive à vide}}$$

344 Measurement of the losses in the interphase transformer, anode reactors and series smoothing reactor

344-1 *Interphase transformer*

344-11 The manufacturer shall state the calculated iron loss at rated current, rated voltage and specified amount of phase control, if any (341-1)

344-12 The losses in the winding are to be calculated as the product of the d.c. resistance and the square of the direct current in the winding at rated direct current (see also 342-2).

344-2 *Anode reactor*

344-21 The iron losses are, by convention, to be neglected

344-22 The losses in the winding are to be calculated as the product of the d.c. resistance and the square of the r.m.s. current in the winding at rated direct current, calculated on the basis of rectangular-shaped current wave form (see also 342-2)

344-3 *Series smoothing reactor*

344-31 The iron losses are, by convention, to be neglected

344-32 The losses in the winding are to be calculated as the product of the d.c. resistance and the square of rated direct current in the winding (see also 342-2)

345 Measurement of the resistive d.c. voltage drops (130-8)

If not otherwise specified the d.c. voltage drops refer to the principal tap (135-8) of the line winding

345-1 *The resistive d.c. voltage drop d_{it1} due to the main and interphase transformer, if any, at rated direct current, expressed in per cent of the ideal no-load d.c. voltage, is given by*

$$100 \times \frac{\text{Watt losses in windings at rated direct current}}{\text{Rated direct current} \times \text{ideal no-load d.c. voltage}}$$

345-2 *The resistive d.c. voltage drop d_{b1} due to other reactances, e.g. series smoothing reactors, anode reactors, line side reactors and transformers etc., if any, at rated direct current, expressed in per cent of the ideal no-load d.c. voltage is given by:*

$$100 \times \frac{\text{Watt losses in windings at rated direct current}}{\text{Rated direct current} \times \text{ideal no-load d.c. voltage}}$$

346 Mesure ou calcul des chutes inductives de tension continue (130-9)

Sauf spécification contraire, les chutes de tension continue se réfèrent à la prise principale (135-8) de l'enroulement côté réseau

- 346-1 *La chute inductive d_{xI} de la tension continue due au transformateur pour le courant continu nominal, exprimée en pour cent de la tension continue fictive à vide, peut être calculée, dans le cas des couplages 2, 3, 5, 8, 9, 10 en multipliant le facteur donné dans la dernière colonne du tableau II à la page 57a par la quantité e_{xI} . Cette quantité e_{xI} est la composante inductive de la tension de court-circuit du transformateur exprimée en pour cent de la tension nominale de l'enroulement côté réseau. Cette tension de court-circuit s'obtient en effectuant l'essai de court-circuit A dans le cas des couplages 2, 9, 10 et en prenant la moyenne des valeurs obtenues en effectuant les essais de court-circuit A et B dans le cas des couplages 3, 5, 8. Pour les couplages énumérés c'est la méthode normale pour déterminer d_{xI} .*
- 346-11 *Pour tous les autres couplages, aussi bien ceux qui sont mentionnés dans le tableau II que les autres, l'essai de court-circuit suivant est recommandé. Pour effectuer cet essai on met en court-circuit toutes les bornes de phases du côté réseau du transformateur et on alimente deux phases consécutives (commutantes) du côté soupape par du courant alternatif de fréquence nominale d'une intensité de $0,354 \frac{I_{dI}}{g}$. Dans cette formule I_{dI} est le courant continu nominal (135-3) et g le nombre de groupes commutants (130-1) entre lesquels le courant I_{dI} se subdivise. Tous les enroulements du côté soupape, dont les commutations coïncident dans ces deux phases, sont à connecter en parallèle pendant cet essai. d_{xI} est égal à la composante réactive de la tension aux bornes alimentées pendant l'essai, exprimée en pour cent de la tension nominale entre ces bornes. Il convient de faire au moins deux de ces essais avec des paires de phases différentes et si possible dissemblables et de prendre la moyenne des lectures.*

346 Measurement or calculation of the inductive d c voltage drops (130-9)

If not otherwise specified the d c voltage drops refer to the principal tap (135-8) of the line winding

- 346-1 *The inductive d c voltage drop d_{xt1} due to the transformer at rated direct current, expressed in per cent of the ideal no-load d c voltage can, for connections 2, 3, 5, 8, 9, 10, be computed as the product of the factor given in the last column of Table II on page 57a and the quantity e_{x1} . This quantity e_{x1} is the reactive component of the short-circuit voltage measured by short-circuit test A in the case of connections 2, 9, 10 and as the mean value given by tests A and B in the case of connections 3, 5, 8 and is expressed in per cent of the rated voltage of line winding. For the connections enumerated, this shall be the normal method of computing d_{xt1}*

- 346-11 For all other connections, both those mentioned in Table II and others, the recommended method consists of the following single phase short-circuit test. For this test all line-side terminals of the transformer are to be short-circuited and alternating current of rated frequency and of the magnitude $0.354 \frac{I_{d1}}{g}$ is to be fed through two consecutive (commutating) phases on the valve side. In this formula I_{d1} is the rated direct current (135-3) and g is the number of commutating groups (130-1) among which the current I_{d1} is divided. All windings on the valve side whose commutations coincide on these two phases shall be connected in parallel during the test. d_{xt1} is the reactive component of the input voltage measured in the test expressed in per cent of the rated voltage between these terminals. At least two measurements are to be made with different and, if possible, dissimilar phase pairs, and the average of the measured values used.

346-2 *La chute inductive d_{xb1} de la tension continue due aux autres réactances p ex aux bobines d'anodes et aux bobines d'inductance et transformateurs côté réseau etc s'il y a lieu, pour le courant nominal, exprimée en pour cent de la tension continue fictive à vide, est calculée à l'aide des formules indiquées ci-dessous*

346-21 *Pour les bobines d'inductance, les transformateurs etc du côté réseau, ou dans le cas des couplages à double voie pour les bobines d'inductance du côté soupape*

346-211 Dans le cas d'un système à courant alternatif triphasé

$$d_{xb1} = 100 \sqrt{3} \sin \frac{\pi}{p} \frac{I_{b1} X_b}{U_{b1}}$$

346-212 Dans le cas d'un système à courant alternatif monophasé

$$d_{xb1} = 100 \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{I_{b1} X_b}{U_{b1}}$$

346-22 *Pour les bobines d'inductance du côté soupape (bobines d'anodes) dans le cas des couplages à simple voie*

$$d_{xb1} = 100 \frac{q^2}{2\pi p} \frac{I_{d1} X_b}{U_{dio}}$$

346-23 *Les symboles utilisés dans ces formules ont les significations suivantes*

- X_b = réactance par phase d'une bobine d'inductance, d'un transformateur etc en ohms
- I_{b1} = courant efficace d'une bobine d'inductance correspondant au courant continu nominal I_{d1} en supposant des courants rectangulaires
- U_{b1} = valeur nominale de la tension entre phases d'une bobine d'inductance
- U_{dio} = tension continue fictive à vide (130-5)
- I_{d1} = courant continu nominal du convertisseur (135-3)
- p = rapport d'ondulation (130-3)
- q = indice de commutation (130-2)

346-2 *The inductive d c voltage drop d_{xb1} due to other reactances, e g anode reactors, line-side reactors and transformers, etc, if any, at rated current, expressed in per cent of the ideal no-load d c voltage is to be calculated by the formulae indicated below*

346-21 *For reactors, transformers etc, on line side, or with double-way connections, for reactors on valve side*

346-211 For 3-phase a c system

$$d_{xb1} = 100 \sqrt{3} \sin \frac{\pi}{p} \frac{I_{b1} X_b}{U_{b1}}$$

346-212 For single-phase a c system

$$d_{xb1} = 100 \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{I_{b1} X_b}{U_{b1}}$$

346-22 *For valve-side reactors (anode reactors) with single-way connections*

$$d_{xb1} = 100 \frac{q^2}{2\pi p} \frac{I_{d1} X_b}{U_{dio}}$$

346-23 *The symbols used in these formulae have the following meanings*

- X_b = Reactance per phase of reactor, transformer, etc in ohms
- I_{b1} = R M S current in reactor corresponding to rated direct current I_{d1} , calculated on the basis of rectangular current wave form
- U_{b1} = Rated phase-to-phase voltage at the reactor, etc
- U_{dio} = Ideal no-load d c voltage (130-5)
- I_{d1} = Rated direct current of converter (135-3)
- p = Pulse number (130-3)
- q = Commutating number (130-2)

- 347 La chute de tension continue totale due au transformateur et aux bobines d'inductance pour le courant continu nominal exprimée en pour cent de la tension continue fictive à vide, est égale à :**

$$\frac{d_{rt1} + d_{xt1}}{d_{t1}} + \frac{d_{b1} + d_{xb1}}{d_{b1}}$$

- 347-1 d_{t1} = chute de tension continue totale pour le courant continu nominal, due au transformateur et à la bobine d'absorption (si elle existe), exprimée en pour cent de U_{dio}
- 347-2 d_{b1} = chute de tension continue totale pour le courant continu nominal, due à d'autres parties du convertisseur par ex. aux bobines d'inductance etc. exprimée en pour cent de U_{dio}

350 Essais d'isolement

351 Exécution des essais d'isolement

Le mode d'exécution est le même que celui prévu dans les règles spécifiées pour les transformateurs de puissance (311)

352 Tensions d'essai à appliquer

Les tensions d'essai suivantes doivent être appliquées à moins qu'elles ne soient inférieures aux tensions d'essai prévues dans les règles spécifiées pour les transformateurs de puissance (311), auquel cas ce sont ces dernières qui sont applicables

- 352-1 *Enroulement côté réseau* par rapport à l'enroulement côté soupape et par rapport à la terre
Comme pour les transformateurs de puissance (311)
- 352-2 *Enroulement côté soupape* par rapport à la terre et par rapport à l'enroulement côté réseau:
Même valeur que pour l'anode de la soupape (283-1, 283-51)
- 352-3 *Bobine d'absorption* par rapport à la terre: Même valeur que pour l'enroulement côté soupape (352-2)
- 352-4 *Bobine d'anode* par rapport à la terre: Même valeur que pour l'enroulement côté soupape (352-2)
- 352-5 *Bobine d'égalisation* par rapport à la terre: Même valeur que pour la cathode de la soupape (283-2; 283-74)

- 347 The total d c voltage drop produced by the transformer and reactors, etc at rated direct current, in per cent of the ideal no-load d c voltage, is given by**

$$\frac{d_{t1} + d_{xt1}}{d_{t1}} + \frac{d_{b1} + d_{xb1}}{d_{b1}}$$

- 347-1 d_{t1} = Total d c voltage drop at rated direct current due to main and interphase transformer, if any, in per cent of U_{dio}
- 347-2 d_{b1} = Total d c voltage drop at rated direct current, due to other parts of the converter, e g reactors, etc, in per cent of U_{dio}

350 Insulation tests

351 Performance of insulation tests

The test procedure is to be the same as called for in the specified rules for power transformers (311)

352 Test voltages to be applied

The following test voltages are to be applied unless the values given are lower than those called for in the specified rules for power transformers (311), in which case the latter are to be applied

- 352-1 *Line winding* to the valve winding and earth As for power transformers (311)
- 352-2 *Valve winding* to earth and line winding Same as for the anode of valve (283-1, 283-51)
- 352-3 *Interphase transformer* to earth Same as for the valve winding (352-2)
- 352-4 *Anode reactor* to earth Same as for the valve winding (352-2)
- 352-5 *Series smoothing reactor* to earth Same as for the cathode of the valve (283-2, 283-74)

360 Plaque signalétique

Tout transformateur ou bobine d'inductance doit porter l'indication Transformateur pour convertisseur ou Bobine d'inductance, le nom du constructeur et/ou sa marque de fabrique, un numéro de fabrication et une désignation de type. Si plusieurs appareils sont montés ensemble dans la même cuve, on peut réunir leurs indications sur une plaque commune.

361 Tout transformateur de convertisseur doit porter une plaque signalétique (voir exemple) où doivent figurer en caractères bien lisibles et durables les indications suivantes :

361-1 Tension continue nominale U_{dl} (135-2)

361-2 Courant continu nominal I_{dl} (135-3)

361-3 Nombre de phases m côté réseau/côté soupape

361-4 Fréquence nominale f_l (135-7)

361-5 Chute ohmique de tension continue d_{rl} (345-1)

361-6 Chute inductive de tension continue d_{xl} (346-1)

361-7 Poids w

361-8 Référence au numéro et à la date des présentes recommandations de la C E I

361-9 Classe de charge C E I, s'il y a lieu (411)

362-0 Couplage

362-1 Tension nominale de l'enroulement côté réseau (135-8)

362-2 Liste des prises avec tensions et courants

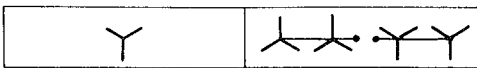
362-3 Tension nominale de l'enroulement côté soupape (135-9)

362-4 Courant nominal du côté réseau (136-0)

362-5 Courant nominal du côté soupape (136-1)

362-6 Échauffement Δt (tableau III à la page 68 a)

363 Exemple non limitatif d'une plaque signalétique pour un transformateur de convertisseur

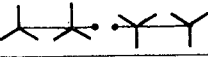
Transformateur pour convertisseur			
U_{dl}	500	V	I_{dl} 5000 A
No	C 6799	Type	QP 25
m	3/6	w	8000 kg
f_l	50	Hz	Δt 55 °C
d_{rl}	2	%	No 84 1957 CEI
d_{xl}	5	%	Classe de Charge III a
			
10000 20 × 500 (10000 — 20000)		2 × 6 × 470 V	
160 — 80		722 A	

360 Rating plate

Every transformer and reactor shall bear the indication Converter Transformer or Reactor and the manufacturer's name and/or trade mark, serial number and designation of type. If several items are placed together in the same tank their indications can be put on a common plate.

361 The converter transformer shall bear a rating plate (see example) which shall bear in clear and durable signs the following indications:

- 361-1 Rated d.c. voltage U_{dl} (135-2)
- 361-2 Rated direct current I_{dl} (135-3)
- 361-3 Number of phases m line side/valve side
- 361-4 Rated frequency f_l (135-7)
- 361-5 Resistive d.c. voltage drop d_{rl} (345-1)
- 361-6 Inductive d.c. voltage drop d_{xll} (346-1)
- 361-7 Weight w
- 361-8 Reference to number and date of these I.E.C. Recommendations
- 361-9 I.E.C. Rating class, if any (411)
- 362-0 Connection
- 362-1 Rated voltage of line winding (135-8)
- 362-2 List of taps with voltages and currents
- 362-3 Rated voltage of valve winding (135-9)
- 362-4 Rated current on line side (136-0)
- 362-5 Rated current on valve side (136-1)
- 362-6 Temperature rise Δt (Table III on page 69a)
- 363** Example (non mandatory) of rating plate for converter transformer:

Converter Transformer					
U_{dl}	500	V	I_{dl}	5000	A
No	C 6799		Type	QP 25	
m	3/6		w	8000 kg	
f_l	50 Hz		Δt	55 °C	
d_{rl}	2 ‰		No	84 1957 IEC	
d_{xll}	5 ‰		Rating Class	III a	
					
10000 20 × 500 (10000 — 20000)			2 × 6 × 470		
160 — 80			722		
			V		
			A		

400

CONVERTISSEUR

410 Classifications de régime nominal

Une des propriétés remarquables des convertisseurs à vapeur de mercure est leur aptitude à supporter des pointes de courant bien supérieures au courant nominal. Pour tirer en service le profit maximum de l'installation, on doit tenir compte du genre de charge prévu quand on dimensionne le convertisseur. Pour cette raison, c'est l'intérêt de l'acheteur de s'assurer la coopération du constructeur pour déterminer d'un commun accord un régime nominal avec cycles de charge correspondant au diagramme de charge maximum prévu dans un intervalle de 24 heures.

Il est recommandé de choisir l'une des classes nominales de cycles de charge indiquées dans le tableau III à la page 68a. Toutefois d'autres cycles de charge peuvent être choisis après accord particulier s'il est nécessaire.

411 Notes de référence du tableau III

411-1 *Applications les plus convenables*

411-11 Les classes Ia et Ib s'entendent pour un fonctionnement du convertisseur à son courant continu nominal en service d'électrochimie pendant des périodes de durée indéfinie, par exemple des années.

411-12 Les classes II, IIIa, IVa, Va et VIa s'entendent pour les applications particulières spécifiées, la valeur moyenne efficace du cycle de charge pouvant être maintenue au courant continu nominal du convertisseur pendant 8 heures par jour, et le courant ne devant pas dépasser 70% du courant continu nominal pendant les 16 autres heures.

411-13 Les classes IIIb, IVb, Vb et VIb s'entendent pour les applications particulières spécifiées, la valeur moyenne efficace du cycle de charge pouvant être maintenue au courant continu nominal du convertisseur pendant des périodes de durée indéfinie, avec application périodique de courants supérieurs au courant continu nominal, dont les valeurs moyennes efficaces ne dépassent pas celle du cycle nominal de charge.

411-2 *Cycle nominal de charge*

411-21 Pour les classes II, IIIa, IVa, Va, VIa des courants supérieurs au courant continu nominal ne peuvent être appliqués que séparément, et chacun après obtention de conditions de température ne dépassant pas celles qui seraient atteintes si le convertisseur, partant de la température ambiante, était en service à son courant continu nominal pendant la durée spécifiée pour 100% du courant continu nominal.

411-22 Pour les classes Ia, Ib, IIIb, IVb, Vb, VIb des courants supérieurs au courant continu nominal ne peuvent être appliqués que séparément, et chacun après obtention de conditions de température ne dépassant pas celles qui correspondent au fonctionnement en régime continu à 100% du courant continu nominal.

411-3 *Températures se référant au transformateur*

411-31 Toutes les limites d'échauffement s'appliquent aux transformateurs avec circulation naturelle de l'huile refroidie à l'air ou à l'eau.

411-32 Aucune limite de température autre que «sans échauffement nuisible» n'est spécifiée pour n'importe quel courant au-dessus du courant continu nominal spécifié pour le cycle de charge du transformateur.

411-33 Pour la température ambiante, voir l'article 311.

Classe de charge	Conditions de service		Conditions d'essai	
	L'acheteur devrait spécifier la classe de charge du convertisseur qui se rapproche le plus de son cycle de charge exigé ou, à défaut, le constructeur doit la spécifier dans son offre		Transformateur	
	Applications les plus convenables	Cycle nominal de charge de l'équipement convertisseur en pour cent du courant continu nominal (135 3)	Limite d'échauffement du transformateur mesurée par la méthode par variation de résistance Voir les articles 411-31/32/33	Soupape
			Après application du courant continu nominal (135 3) pendant 6 heures à partir de la température ambiante	
Ia	Procédé continu par ex service électrochimique Voir l'article 411-11	100 % continuellement 150 % pendant 1 min Voir l'article 411-22	—	55° C
Ib	Procédé continu par ex service électrochimique Voir l'article 411-11	100 % continuellement 150 % pendant 1 min Voir l'article 411-22	—	45° C
II	Service industriel léger Voir l'article 411-12	100 % pendant 6 heures 125 % pendant 15 min 150 % pendant 2 min 200 % pendant 10 sec Voir l'article 411-21	60° C	—
IIIa	Service industriel moyen Voir l'article 411-12	100 % pendant 6 heures 125 % pendant 2 heures 200 % pendant 15 sec Voir l'article 411-21	55° C	—
IIIb	Service industriel lourd (24 heures), ou traction légère Voir l'article 411-13	100 % continuellement 125 % pendant 2 heures 200 % pendant 1 min Voir l'article 411-22	—	50° C
IVa	Service de traction moyen, ou service dans les mines Voir l'article 411-12	100 % pendant 3 heures 150 % pendant 2 heures 200 % pendant 1 min Voir l'article 411-21	50° C	—
IVb	Service de traction moyen (24 heures), ou service dans les mines Voir l'article 411-13	100 % continuellement 150 % pendant 2 heures 200 % pendant 1 min Voir l'article 411-22	—	45° C
Va	Service de traction lourd Voir l'article 411-12	100 % pendant 3 heures 150 % pendant 2 heures 300 % pendant 1 min Voir l'article 411-21	45° C	—
Vb	Service de traction lourd (24 heures) Voir l'article 411-13	100 % continuellement 150 % pendant 2 heures 300 % pendant 1 min Voir l'article 411-22	—	45° C
VIa	Service de traction très lourd Voir l'article 411-12	100 % pendant 3 heures 150 % pendant 2 heures 300 % pendant 5 min Voir l'article 411-21	40° C	—
VIb	Service de traction très lourd (24 heures) Voir l'article 411-13	100 % continuellement 150 % pendant 2 heures 300 % pendant 5 min Voir l'article 411-22	—	45° C

Tableau III

400

CONVERTOR

410 Rating classifications

One of the outstanding properties of mercury-arc convertors is their ability to carry high current peaks far above rated current. To make the most profitable use of this in practice, it is necessary to consider the anticipated loading when dimensioning the convertor. For this reason it is in the interest of the purchaser to call on the co-operation of the manufacturer in order to arrive at an appropriate rating with load cycles corresponding to the anticipated maximum load diagram over 24 hours.

It is recommended that one of the standard Rating Classes listed in Table III on page 69a be selected. Other load cycles may be specially agreed upon when necessary.

411 Reference notes to Table III

411-1 *Most suitable applications*

411-11 Classes Ia and Ib are intended for electrochemical service operation of the convertor at rated direct current for indefinitely long periods, i.e. years.

411-12 Classes II, IIIa, IVa, Va and VIa are intended for the respective specified applications where the r.m.s. value of load cycle may be maintained at rated direct current of the convertor for 8 hours followed by not more than 70% of rated direct current for 16 hours during a 24 hours period.

411-13 Classes IIIb, IVb, Vb and VIb are intended for the respective specified applications where the r.m.s. value of the load cycle may be maintained at rated direct current of the convertor for indefinitely long periods with periodic applications of currents over rated direct current whose r.m.s. values do not exceed the r.m.s. value of the rated load cycle.

411-2 *Rated load cycles*

411-21 For rating classes II, IIIa, IVa, Va, VIa currents in excess of rated direct current may only be applied separately, each following the reaching of temperature conditions which would prevail if the convertor equipment were started with its temperature conditions at room temperature and then operated at rated direct current for the period specified for 100 per cent of rated direct current.

411-22 For rating classes Ia, Ib, IIIb, IVb, Vb, VIb currents in excess of rated direct current may only be applied separately, each following the reaching of temperature conditions not exceeding the constant temperature conditions of continuous operation at 100 per cent of rated direct current.

411-3 *Temperatures relating to the transformer*

411-31 All limits of transformer temperature rise apply to natural (thermal) oil circulation, either air or water cooled.

411-32 No temperature limit other than "without injury" is specified for convertor transformers for any of the currents above rated direct current specified in the Rating cycle.

411-33 For ambient temperature refer to Clause 311.

Rating Class	Service conditions		Test conditions		
	The purchaser should specify the converter rating class which most nearly meets his load duty cycle requirements or, lacking this, the manufacturer shall specify this in his tender		Transformer		Valve
	Most suitable applications	Rated load cycle of the converter equipment in per cent of rated direct current (135-3)	Limit of transformer winding temperature rise measured by resistance method See Clauses 411 31/32/33		
After 6 hours Rated direct current (135-3) starting at 100m temperature			After rated direct current (135-3) continuously		
Ia	Continuous processes, e.g. electrochemical service See Clause 411 11	100 % Continuously 150 % for 1 min See Clause 411-22	—	55° C	See Clause 254
Ib	Continuous processes, e.g. electrochemical service See Clause 411-11	100 % Continuously 150 % for 1 min See Clause 411-22	—	45° C	
II	Light industrial service See Clause 411 12	100 % for 6 hrs 125 % for 15 min 150 % for 2 min 200 % for 10 sec See Clause 411-21	60° C	—	
IIIa	Medium industrial service See Clause 411 12	100 % for 6 hrs 125 % for 2 hrs 200 % for 15 sec See Clause 411-21	55° C	—	
IIIb	Heavy (24 hrs) industrial service, or light traction service See Clause 411-13	100 % Continuously 125 % for 2 hrs 200 % for 1 min See Clause 411-22	—	50° C	
IVa	Medium traction service, or mining service See Clause 411-12	100 % for 3 hrs 150 % for 2 hrs 200 % for 1 min See Clause 411-21	50° C	—	
IVb	Medium traction (24 hrs) service, or mining service See Clause 411 13	100 % Continuously 150 % for 2 hrs 200 % for 1 min See Clause 411-22	—	45° C	
Va	Heavy traction service See Clause 411 12	100 % for 3 hrs 150 % for 2 hrs 300 % for 1 min See Clause 411 21	45° C	—	
Vb	Heavy traction (24 hrs) service See Clause 411-13	100 % Continuously 150 % for 2 hrs 300 % for 1 min See Clause 411-22	—	45° C	
VIa	Very heavy traction service See Clause 411-12	100 % for 3 hrs 150 % for 2 hrs 300 % for 5 min See Clause 411-21	40° C	—	
VIb	Very heavy traction (24 hrs) service See Clause 411-13	100 % Continuously 150 % for 2 hrs 300 % for 5 min See Clause 411 22	—	45° C	

Table III

420 Rendement

Le rendement du convertisseur est le rapport de la puissance utile à la somme de la puissance utile et des pertes comprises

Le rendement total comprend les pertes dans toutes les parties de l'installation qui sont en service en permanence (transformateur, bobines d'inductance, soupapes) et la consommation d'énergie des appareils additionnels nécessaires pour que l'installation réponde aux conditions des présentes Recommandations. Lorsque certains de ces appareils n'entrent pas en ligne de compte dans la valeur du rendement total, les puissances qu'ils absorbent doivent être indiquées séparément (262-7)

421 Pertes comprises

- 421-1 Pertes dues à la chute de tension dans l'arc (261)
- 421-2 Puissance absorbée par les appareils auxiliaires (262)
- 421-3 Pertes du transformateur, de la bobine d'absorption et des bobines d'inductance entre le transformateur et le jeu de soupapes et les pertes des transformateurs et bobines d'inductance côté réseau formant partie du convertisseur
- 421-4 Pertes des transformateurs d'isolement (s'il y a lieu)
- 421-5 Puissance absorbée dans les appareils servant à réduire l'augmentation de la tension à vide, s'ils sont en service permanent

422 Pertes non comprises

- 422-1 Pertes dues aux connexions principales entre transformateur et soupape et autres connexions principales s'il y a lieu, interrupteurs, disjoncteurs, sectionneurs et petit appareillage
- 422-2 Pertes dues au chauffage et à la ventilation de la sous-station et à l'alimentation en eau de réfrigération
- 422-3 Pertes dues aux résistances servant à absorber le courant récupéré dans le réseau à courant continu
- 422-4 Pertes dues aux appareils auxiliaires fonctionnant seulement temporairement (262-7)
- 422-5 Pertes du correcteur d'ondulation (453-5) ou de la bobine d'égalisation (344-3)

423 Méthode de mesure

Le rendement du convertisseur se détermine dans les ateliers du constructeur en faisant la somme des pertes dans les différents éléments (180)

420 Efficiency

The efficiency of the converter is the ratio of the output to the sum of the output and the included losses

The overall efficiency includes the losses in all parts of the converter which are normally in operation (transformer, reactors, valves) and the power absorbed by additional apparatus which is included to meet the requirements of these Recommendations. If certain of the apparatus included is not taken into account for the total efficiency, the power absorbed by this must be indicated separately (262-7)

421 Losses to be included

- 421-1 Losses due to the a.c. voltage drop (261)
- 421-2 Power absorbed by the auxiliaries (262)
- 421-3 Losses in transformer, interphase transformer and reactors between transformer and valve set and the losses of line-side transformers and reactors forming part of the converter
- 421-4 Losses in insulating transformers, if any
- 421-5 Power absorbed by apparatus for reducing the no-load voltage rise, if continuously in circuit

422 Losses not to be included

- 422-1 Losses due to the main connections between transformer and valve and other main connections, if any, circuit-breakers, disconnectors, switches and control gear
- 422-2 Losses due to heating and ventilation of the substation and to the general cooling water supply
- 422-3 Losses due to the loading resistance, if any, for absorbing regenerated current from the d.c. network
- 422-4 Losses due to auxiliary apparatus which operates only temporarily (262-7)
- 422-5 Losses in the wave filter (453-5) or series smoothing reactor (344-3)

423 Method of measurement

The efficiency of the converter is to be determined in the manufacturer's works by the method of summation of the losses in its components (180)

430 Facteurs de puissance (155)

Pour les convertisseurs ayant un rapport d'ondulation égal ou supérieur * à 6, c'est-à-dire pratiquement tous ceux couverts par les présentes Recommandations, le facteur de puissance global λ (155-1) ne présente que peu d'intérêt pratique, la valeur utile pour les applications normales étant uniquement le facteur de déphasage $\cos \varphi$ (155-2). Pour cette raison, si une garantie est demandée, elle doit porter, à moins de spécification contraire, sur le facteur de déphasage, et se référer à des tensions du réseau alternatif symétriques (170) et de forme sinusoïdale (165).

431 Calcul du facteur de déphasage $\cos \varphi$

431-1 $\cos \varphi'_I =$ Facteur de déphasage pour le courant continu nominal en l'absence du courant magnétisant du transformateur et pour un angle de retard nul

Il s'obtient, à partir de la valeur appropriée de la réactance du système à courant alternatif, en utilisant les figures 5 ou 6 à la page 73a. Sauf spécification contraire, il est admis que la tension efficace aux bornes du côté réseau est maintenue constante.

La figure 5 est à utiliser dans le cas des couplages à rapport d'ondulation égal à 6.

La figure 6 pour un rapport d'ondulation égal à 12.

431-11 Légende pour les figures 5 et 6

431-111 Ordonnées $\cos \varphi'_I =$ valeur cherchée du facteur de déphasage (155-2) pour le courant nominal en l'absence du courant magnétisant du transformateur et pour un angle de retard nul

431-112 Abscisses $d_{xtI} + d_{xbI}$ avec

$d_{xtI} =$ chute inductive de tension pour le courant continu nominal due au transformateur (346-1), en pour cent de la tension continue fictive à vide

$d_{xbI} =$ chute inductive de tension pour le courant continu nominal due à d'autres parties du convertisseur (346-2) comme aux bobines d'anodes, bobines d'inductance et transformateurs, etc., côté réseau (s'il y a lieu), en pour cent de la tension continue fictive à vide

$I_{dI} =$ courant continu nominal du convertisseur (135-3)

431-113 Paramètres $\frac{U_{dio} I_{dI}}{Q}$ avec

$U_{dio} =$ tension continue fictive à vide exprimée en volts (130-5)

$Q =$ puissance de court-circuit en VA du système à courant alternatif, basée sur son impédance. Il est supposé que le rapport de la résistance à la réactance du système à courant alternatif est très petit

$p =$ rapport d'ondulation

$\alpha_p =$ angle de retard propre (voir l'article 431-114 à la page 74)

* Le facteur de puissance des convertisseurs ayant un rapport d'ondulation égal à 2 n'est pas pris en considération dans les présentes Recommandations, parce que les équipements monophasés nécessitent des considérations spéciales concernant la bobine d'égalisation.

430 Power factors (155)

For converters with pulse numbers of 6 or more*, i.e. practically all those falling within the range of these Recommendations, the total power factor λ (155-1) is of little practical interest, the value which is useful for normal purposes being only the displacement factor $\cos \varphi$ (155-2). For this reason, if a guarantee is required it shall, unless otherwise specified, refer to the displacement factor, and to voltages of the a.c. network that are symmetrical (170) and sinusoidal (165).

431 Calculation of the displacement factor $\cos \varphi$

431-1 $\cos \varphi'_1 =$ the displacement factor at rated direct current in absence of transformer magnetizing current and for zero delay angle

This is to be obtained, for the appropriate value of a.c. system reactance, from the Figures 5 or 6 on page 73a. If not otherwise stated, it is assumed that the r.m.s. value of the line side terminal voltage is kept constant.

Figure 5 is to be used for 6 pulse connections

Figure 6 is to be used for 12 pulse connections

431-11 Legend to Figures 5 and 6

431-111 Ordinate $\cos \varphi'_1 =$ Required displacement factor (155-2) at rated direct current without transformer magnetizing current or phase control

431-112 Abscissa $d_{xtl} + d_{xbt}$ where

$d_{xtl} =$ Inductive d.c. voltage drop due to the transformer (346-1) at rated direct current, in per cent of the ideal no-load d.c. voltage

$d_{xbt} =$ Inductive d.c. voltage drop due to other parts of the converter (346-2), e.g. anode reactors, line side reactors and transformers, etc., if any, at rated current, in per cent of the ideal no-load d.c. voltage

$I_{dl} =$ Rated direct current of the converter (135-3)

431-113 Parameter $\frac{U_{dio} I_{dl}}{Q}$ where

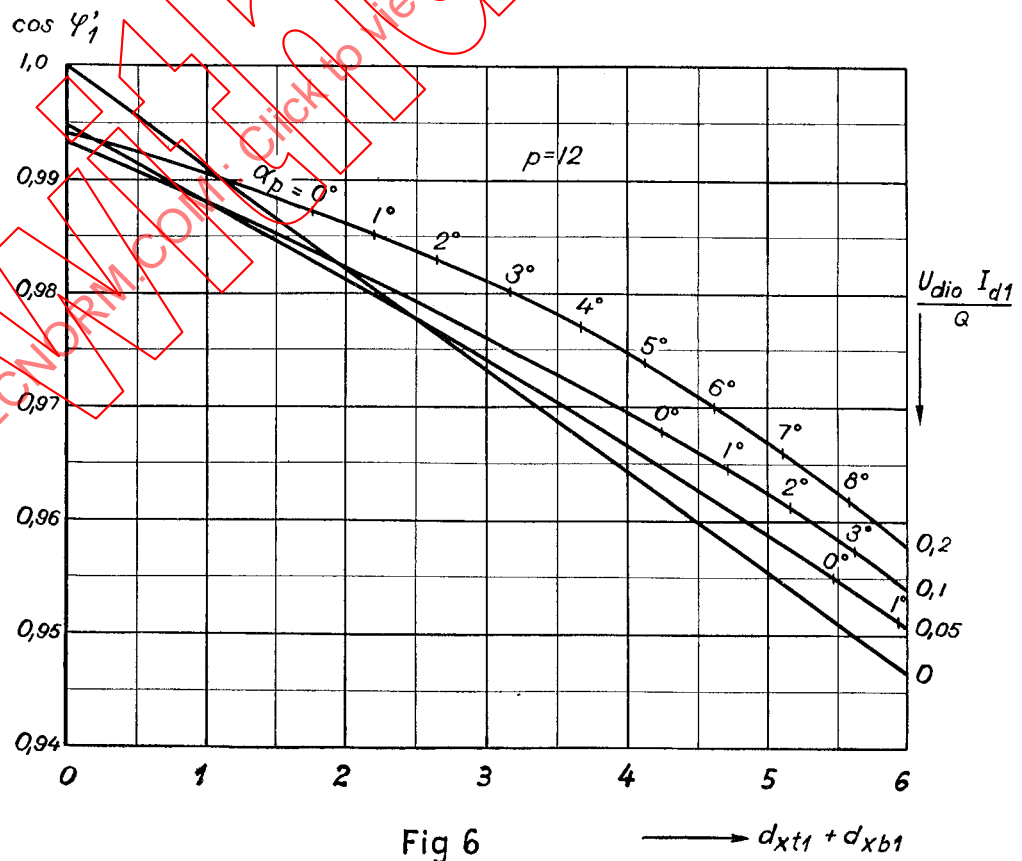
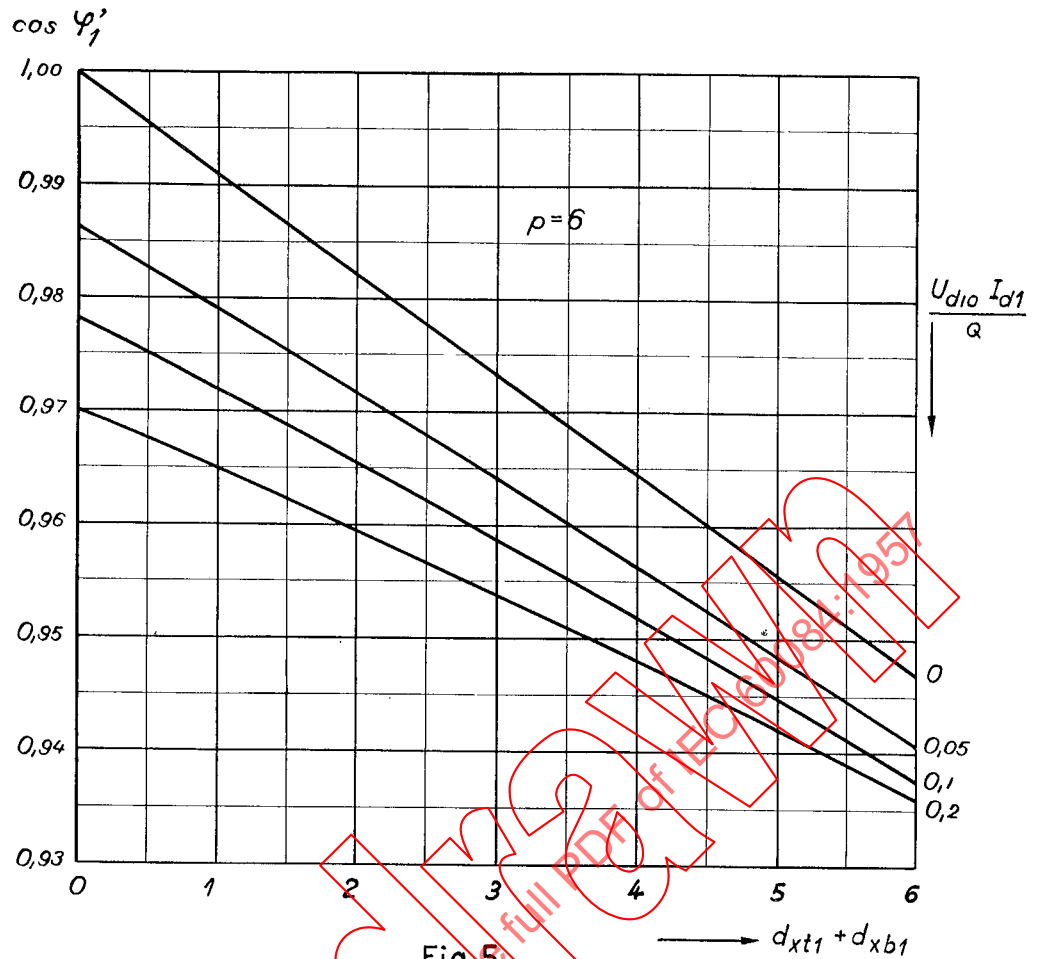
$U_{dio} =$ Ideal no-load d.c. voltage expressed in volts (130-5)

$Q =$ Short-circuit capacity in VA of the a.c. system based on its impedance
The ratio of resistance to reactance of a.c. system is assumed to be small

$p =$ Pulse number

$\alpha_p =$ Inherent delay angle (see Clause 431-114 on page 75)

* The power factor for two pulse converters is not taken into consideration in these Recommendations because single phase equipment needs special consideration regarding the series smoothing reactor



431-114 *Note* Les valeurs de α_p indiquées à la figure 6 représentent le déphasage propre qui se produit dans certaines conditions de fonctionnement des connexions à 12 ondulations même s'il n'y pas de réglage de phase. Dans le cas de redresseurs avec réglage de phase, le déphasage propre représente le plus petit angle de déphasage qui peut exister dans les conditions indiquées. Pour prendre α_p en considération voir l'article 431-22.

431-2 $\cos \varphi'_{\alpha 1}$ = Facteur de déphasage pour le courant continu nominal en l'absence du courant magnétisant du transformateur et pour un angle de retard égal à α .
S'il existe un réglage de phase avec un angle de retard α , la valeur correspondante $\cos \varphi'_{\alpha 1}$ se calcule par la formule suivante, dont l'exactitude est suffisante pour les besoins pratiques

431-21 $\cos \varphi'_{\alpha 1} = \cos \alpha - (1 - \cos \varphi'_1)$
Là où des valeurs de α_p sont indiquées dans les courbes de la figure 6, la formule 431-21 doit être remplacée par la formule suivante

431-22 $\cos \varphi'_{\alpha 1} = \cos \alpha - (\cos \alpha_p - \cos \varphi'_1)$

431-3 $\cos \varphi_1$ = Facteur de déphasage global pour le courant continu nominal comprenant l'effet du courant magnétisant du transformateur en plus de l'effet du réglage de phase.
Il s'obtient en partant de $\cos \varphi'_1$ ou de $\cos \varphi'_{\alpha 1}$ suivant le cas, et en utilisant la figure 7 à la page 75a

431-31 *Légende de la figure 7*

431-311 Ordonnées $\cos \varphi_1$ = valeur cherchée du facteur de déphasage global pour le courant continu nominal, y compris l'effet du courant magnétisant en plus de l'effet du réglage de phase, s'il y a lieu

431-312 Abscisses $\cos \varphi'_1$ = facteur de déphasage pour le courant continu nominal en l'absence du courant magnétisant du transformateur et pour un angle de retard nul (431-1)
ou $\cos \varphi'_{\alpha 1}$ = facteur de déphasage pour le courant continu nominal en l'absence du courant magnétisant du transformateur et avec réglage de phase d'angle de retard α (431-2)

431-113 Paramètre courant magnétisant du transformateur, exprimé en pour cent de la composante active du courant côté réseau du transformateur à la charge nominale

431-4 Pour se servir des courbes des figures 5, 6 et 7 à d'autres charges qu'à la charge nominale il faut prendre les valeurs réelles de I_d , d_{xt} , d_{xb} , $\cos \varphi'$ et $\cos \varphi'_\alpha$ afin d'obtenir le $\cos \varphi$ correspondant au courant continu réel I_d , c'est à dire

$$(d_{xt} + d_{xb}) = (d_{xt1} + d_{xb1}) \frac{I_d}{I_{d1}}$$

Le paramètre de la figure 7 est alors le courant magnétisant du transformateur exprimé en pour cent de la composante active du courant côté réseau du transformateur à la charge réelle

431-114 *Note* The values of α_p indicated in Figure 6 are the values of inherent delay angle which occurs in a 12-pulse connection in certain operating regions, even where no phase control is applied. For phase-controlled rectifiers they represent the minimum delay angles that can exist under the conditions indicated. For consideration of α_p see clause 431-22.

431-2 $\cos\varphi'_{\alpha 1}$ = the displacement factor, at rated direct current, in the absence of transformer magnetizing current, and for delay angle α .

If there is phase control with delay angle α the corresponding value $\cos\varphi'_{\alpha 1}$ shall be calculated from the following formula, which is sufficiently accurate for practical purposes:

431-21 $\cos\varphi'_{\alpha 1} = \cos\alpha - (1 - \cos\varphi'_1)$

Where values of α_p are indicated in the curves of Figure 6 the formula 431-21 shall be replaced by the following formula:

431-22 $\cos\varphi'_{\alpha 1} = \cos\alpha - (\cos\alpha_p - \cos\varphi'_1)$

431-3 $\cos\varphi_1$ = overall displacement factor at rated direct current including the effect of transformer magnetizing current in addition to the effect of phase control.

This shall be obtained from $\cos\varphi'_1$ or $\cos\varphi'_{\alpha 1}$ as the case may be, by means of Figure 7 on page 75a.

431-31 *Legend to Figure 7*

431-311 Ordinate $\cos\varphi_1$ = required overall displacement factor at rated direct current, including the effect of transformer magnetizing current in addition to the effect of phase control, if any.

431-312 Abscissa: $\cos\varphi'_1$ = displacement factor at rated direct current in absence of transformer magnetizing current and for zero delay angle (431-1)

or $\cos\varphi'_{\alpha 1}$ = displacement factor at rated direct current in the absence of transformer magnetizing current for phase control with delay angle α (431-2)

431-113 Parameter magnetizing current of the transformer, in per cent of active component of line-side current of transformer at rated load

431-4 When using the curves of Figures 5, 6 and 7 for other loads than rated load the actual values of I_d , d_{xt} , d_{xb} , $\cos\varphi'$ and $\cos\varphi'_\alpha$ have to be taken to obtain the $\cos\varphi$ for actual direct current I_d . That is:

$$(d_{xt} + d_{xb}) = (d_{xt1} + d_{xb1}) \frac{I_d}{I_{d1}}$$

The parameter of Figure 7 is then the magnetizing current of the transformer in per cent of active component of line-side current of transformer at actual load.

$\cos \varphi_1$

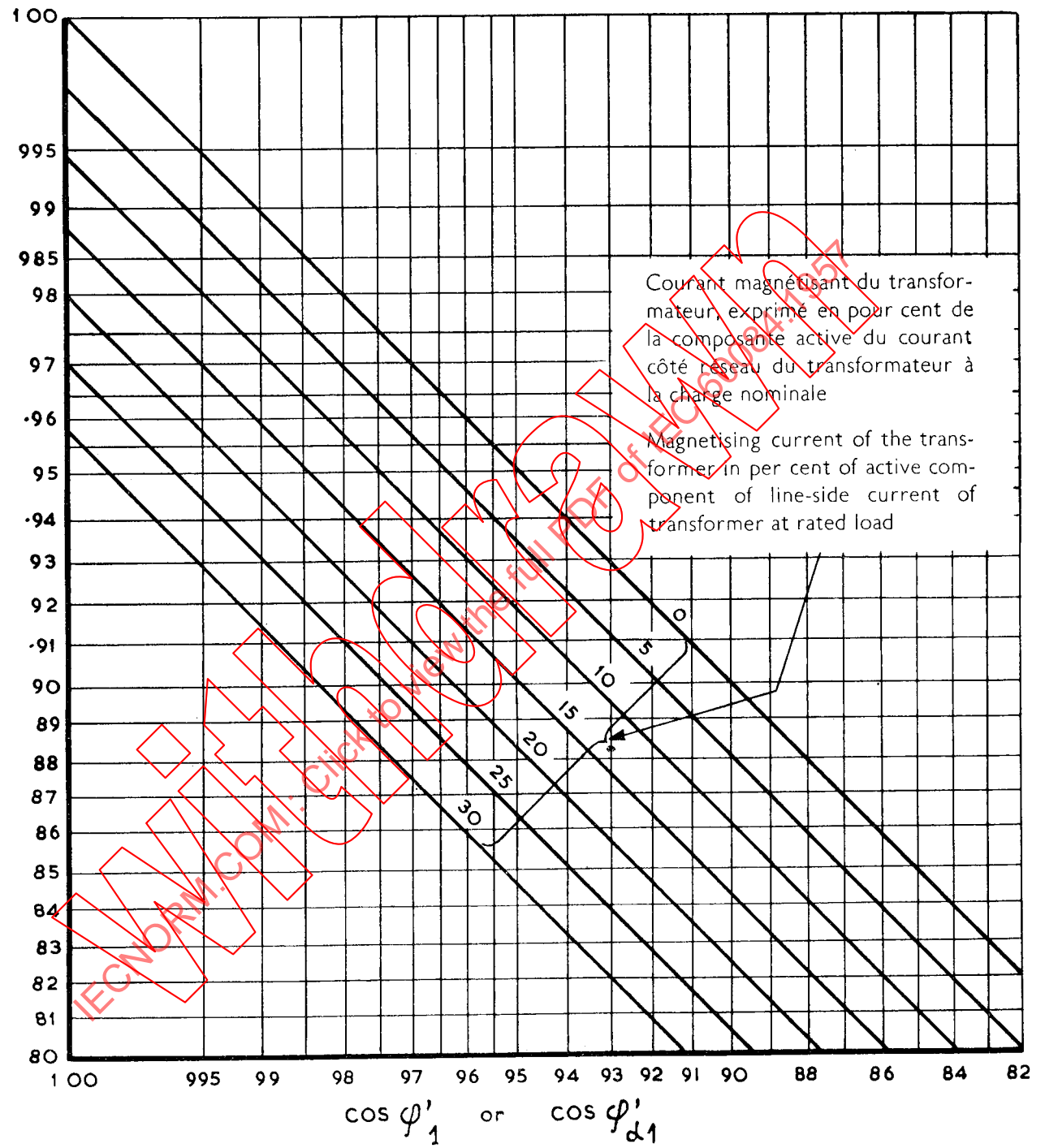


Fig.7

440 Variations propre et totale de tension (160)

441 Calcul de la variation propre D_{pl} de tension continue du convertisseur

La variation propre de la tension continue du convertisseur définie dans l'article 160-2 est donnée par les chutes totales de tension continue produites par le transformateur et d'autres parties éventuelles comme par exemple des bobines d'inductance etc et par la variation de la chute de tension dans l'arc, elle est égale à

$$441-1 \quad D_{pl} = D_{tl} + D_{bl} + (D_{cl} - D_{co}) \text{ avec:}$$

D_{pl} = variation propre de tension continue du convertisseur pour le courant continu nominal, en volts

$D_{tl} = \frac{d_{tl} U_{dio}}{100}$ = variation de tension continue totale, pour le courant continu nominal, due au transformateur et à la bobine d'absorption (si elle existe), en volts

$D_{bl} = \frac{d_{bl} U_{dio}}{100}$ = variation de tension continue totale, pour le courant continu nominal, due à d'autres parties du convertisseur, par exemple bobines d'inductance etc, en volts

D_{cl} = chute de tension dans l'arc pour le courant continu nominal (263-3)

D_{co} = chute de tension dans l'arc à vide (160-11)

d_{tl} = chute de tension continue totale pour le courant continu nominal, due au transformateur et à la bobine d'absorption (si elle existe), en pour cent de U_{dio} (347-1)

d_{bl} = chute de tension continue totale pour le courant continu nominal, due à d'autres parties du convertisseur, par exemple bobines d'inductance etc, en pour cent de U_{dio} (347-2)

U_{dio} = tension continue fictive à vide en volts (130-5)

442 Influence des convertisseurs existants sur la variation de tension continue d'un nouvel appareil à installer

Si d'autres convertisseurs sont alimentés par le même système à courant alternatif, il peut en résulter pour le nouveau convertisseur à installer, une variation de tension supplémentaire. Pour permettre au constructeur de tenir compte de ces conditions, l'acheteur devrait indiquer avant la commande la puissance, le mode de connexion, l'emplacement et les autres caractéristiques principales des convertisseurs existants.

440 Inherent and total voltage regulation (160)

441 Calculation of the inherent d c voltage regulation D_{pI} of the converter

The inherent voltage regulation of the converter as defined in clause 160-2 is given by the total d c voltage drops produced by the transformer, and other parts of the converter, e g reactors, etc, plus the change of a/c voltage drop, it is

$$441-1 \quad D_{pI} = D_{tI} + D_{bI} + (D_{cI} - D_{co}) \text{ where}$$

D_{pI} = Inherent d c voltage regulation of converter at rated direct current, in volts

$D_{tI} = \frac{d_{tI}}{100} \frac{U_{dio}}{100} =$ D C voltage regulation at rated direct current due to the main and inter-phase transformer, if any, in volts

$D_{bI} = \frac{d_{bI}}{100} \frac{U_{dio}}{100} =$ D C voltage regulation at rated direct current due to other parts of the converter, e g reactors, etc, in volts

$D_{cI} =$ A/c voltage drop at rated direct current (263-3)

$D_{co} =$ A/c voltage drop at no load (160-11)

$d_{tI} =$ Total d c voltage drop at rated direct current due to the main and inter-phase transformer, if any, in per cent of U_{dio} (347-1)

$d_{bI} =$ Total d c voltage drop at rated direct current due to other parts of the converter, e g reactors, etc, in per cent of U_{dio} (347-2)

$U_{dio} =$ Ideal no-load d c voltage in volts (130-5)

442 Influence of existing converters on d c voltage regulation on new plant to be installed

If other converters are fed from the same a c system, this may cause an additional voltage drop at the converter. To enable the manufacturer to take these conditions into consideration the purchaser should indicate prior to ordering the power, connection, location and other main particulars of these other converters.