

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
119**

Première édition
First edition
1960-01

**Recommandations pour les cellules,
éléments redresseurs et groupes redresseurs
à semiconducteurs polycristallins**

**Recommendations for polycrystalline
semiconductor rectifier stacks and equipments**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 119: 1960

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60 000.

Publications consolidées

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

Validité de la présente publication

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

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

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

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

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

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

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

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

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60 000 series.

Consolidated publications

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

Validity of this publication

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

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

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

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

Terminology, graphical and letter symbols

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

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

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
119**

Première édition
First edition
1960-01

**Recommandations pour les cellules,
éléments redresseurs et groupes redresseurs
à semiconducteurs polycristallins**

**Recommendations for polycrystalline
semiconductor rectifier stacks and equipments**

© IEC 1960 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

e-mail: inmail@iec.ch

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

X

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
100 <i>Généralités</i>	6
120 Termes généraux et définitions	8
130 Termes et définitions électriques et physiques	14
135 Définitions concernant les régimes nominaux	20
150 Couplages électriques	22
155 Facteurs du côté alternatif	26
160 Variation de tension	26
165 Réseau à courant alternatif	30
170 Symétrie des systèmes polyphasés	32
175 Conditions de service	32
200 <i>Eléments redresseurs à semiconducteurs</i>	36
220 Recommandations pour l'indication des régimes nominaux	38
230 Recommandations pour l'indication des courbes caractéristiques tension-courant et autres données	44
240 Recommandations pour l'indication des pertes	46
250 Conditions de fonctionnement	46
260 Indications à porter sur les appareils	50
270 Code de désignation des éléments	52
280 Essais	56
300 <i>Groupes redresseurs en général</i>	64
310 Recommandations pour l'indication des régimes nominaux	64
320 Recommandations pour l'indication des données électriques	68
330 Conditions de fonctionnement	70
340 Plaque signalétique	74
350 Essais	78
400 <i>Tolérances</i>	90

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
100 <i>General</i>	7
120 General terms and definitions	9
130 Electrical and physical terms and definitions	15
135 General rating definitions	21
150 Electrical connections	23
155 Factors on a.c. side	27
160 Voltage regulation	27
165 A.C. system	31
170 Symmetry of polyphase systems	33
175 Service conditions.	33
200 <i>Semiconductor stacks</i>	37
220 Recommendations for giving ratings	39
230 Recommendations for giving voltage-current characteristic curves and data	45
240 Recommendations for giving power losses.	47
250 Performance requirements	47
260 Markings	51
270 Code designation of stacks	53
280 Tests	57
300 <i>Rectifier equipment in general</i>	65
310 Recommendations for giving ratings	65
320 Recommendations for giving electrical data	69
330 Performance requirements	71
340 Rating plate	75
350 Tests	79
400 <i>Tolerances</i>	91

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

RECOMMANDATIONS POUR LES CELLULES, ÉLÉMENTS REDRESSEURS ET GROUPES REDRESSEURS A SEMICONDUCTEURS POLYCRISTALLINS

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

Le premier projet des présentes recommandations a été discuté en 1955 à Londres par le Comité d'Etudes N° 22 et le Sous-Comité 22-2. Les discussions se sont poursuivies lors de réunions tenues à Munich en 1956 et à Moscou en 1957. A la suite de la réunion de Moscou, un projet définitif a été soumis aux Comités nationaux en 1958, pour approbation suivant la Règle des Six Mois.

Les 16 pays suivants ont voté explicitement en faveur de la publication:

Allemagne
Autriche
Belgique
Danemark
Etats-Unis d'Amérique
France
Hongrie
Italie

Japon
Norvège
Pays-Bas
Royaume-Uni
Suède
Suisse
Tchécoslovaquie
Yougoslavie

Lors de la mise au point du texte des recommandations aux fins d'impression, le Secrétariat a tenu compte de toutes les observations qui avaient été soumises sur le projet, pour autant qu'elles n'étaient pas en contradiction avec des décisions du Sous-Comité 22-2.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RECOMMENDATIONS FOR POLYCRYSTALLINE SEMICONDUCTOR RECTIFIER STACKS AND EQUIPMENTS

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

The first draft of the present recommendations was discussed in 1955 in London by Technical Committee No. 22 and Sub-Committee 22-2. Further discussions took place at meetings held in Munich in 1956 and in Moscow in 1957. As a result of the Moscow meeting, a final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in May 1958.

The following 16 countries voted explicitly in favour of publication:

Austria	Japan
Belgium	Netherlands
Czechoslovakia	Norway
Denmark	Sweden
France	Switzerland
Germany	United Kingdom
Hungary	United States of America
Italy	Yugoslavia

In preparing the text of the recommendations for printing, the Secretariat has taken into consideration all comments submitted on the draft, in so far as this was possible consistent with the decisions taken by Sub-Committee 22-2.

RECOMMANDATIONS POUR LES CELLULES, ÉLÉMENTS REDRESSEURS ET GROUPES REDRESSEURS A SEMICONDUCTEURS POLYCRISTALLINS

100 GÉNÉRALITÉS

105 Domaine d'application

Les présentes recommandations sont applicables aux éléments, redresseurs et groupes redresseurs au sélénium et à l'oxyde de cuivre utilisés pour l'obtention de courant continu à partir de sources à courant alternatif de fréquence n'excédant pas 2 000 Hz. Ces recommandations ne s'appliquent pas aux redresseurs pour télécommunications autres que ceux employés comme sources d'alimentation de ce genre de matériel, ni aux redresseurs employés comme accessoires d'appareils de mesure.

RECOMMENDATIONS FOR POLYCRYSTALLINE SEMICONDUCTOR RECTIFIER STACKS AND EQUIPMENTS

100 GENERAL

105 Scope

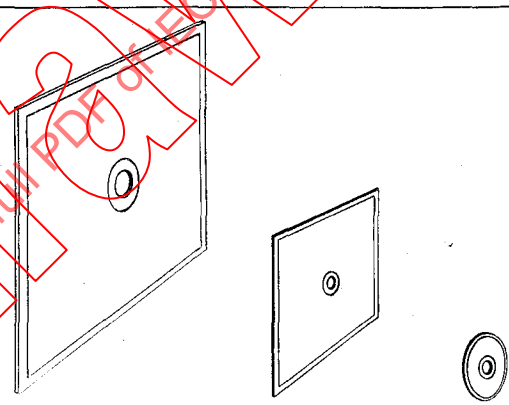
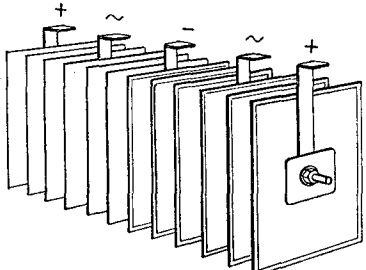
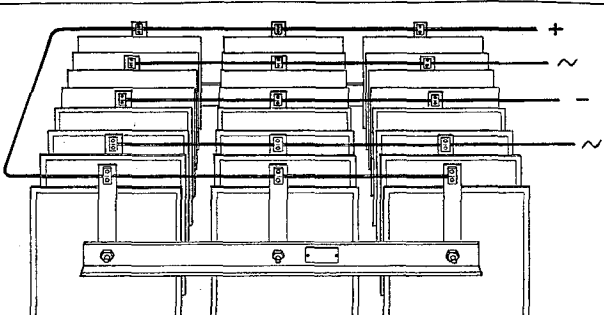
These recommendations apply to selenium and copper-oxide stacks, rectifiers and rectifier equipments used for supplying d.c. power from a.c. sources at frequencies up to 2 000 Hz (c/s). The recommendations do not apply to telecommunication rectifiers other than those for power supplies to such apparatus, nor to rectifiers used as auxiliaries of measuring instruments.

120 Termes généraux et définitions

Les termes, définitions, symboles, etc. adoptés dans la présente publication sont, dans la mesure du possible, conformes aux publications spéciales de la C.E.I. concernant les termes, définitions, symboles, etc. 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 qui ne figurent pas ci-dessous, voir le Vocabulaire Electrotechnique International (Publication 50 de la C.E.I.).

121 Termes physiques relatifs aux constituants et aux assemblages

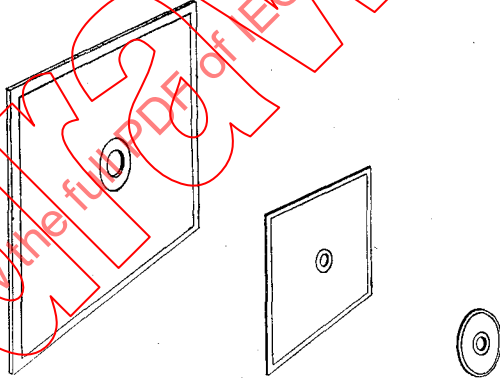
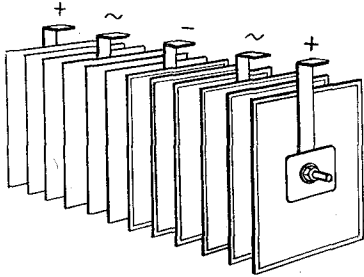
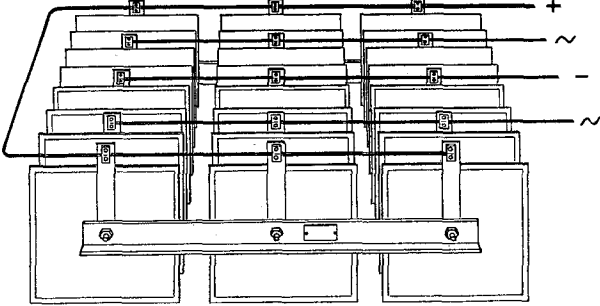
Terme	Exemple
<p>121-1 <i>Cellule redresseuse à semiconducteur</i></p> <p>Dispositif redresseur élémentaire consistant en une combinaison entre semiconducteurs ou entre un semiconducteur et un métal en contact l'un avec l'autre, et qui présente une conductibilité asymétrique suivant la polarité de la tension qui lui est appliquée.</p> <p><i>Note:</i> Dans les présentes recommandations, ce terme est remplacé par le terme abrégé « cellule ».</p>	
<p>121-2 <i>Élément redresseur</i></p> <p>Assemblage unique d'une ou plusieurs cellules redresseuses avec son (leur) montage associé, son (ses) dispositif(s) de refroidissement éventuel(s) et les connexions mécaniques et électriques.</p>	
<p>121-3 <i>Assemblage d'éléments redresseurs</i></p> <p>Assemblage à la fois électrique et mécanique d'un ou plusieurs éléments redresseurs complets avec toutes leurs connexions, leurs dispositifs de refroidissement éventuels dans son propre châssis mécanique.</p>	

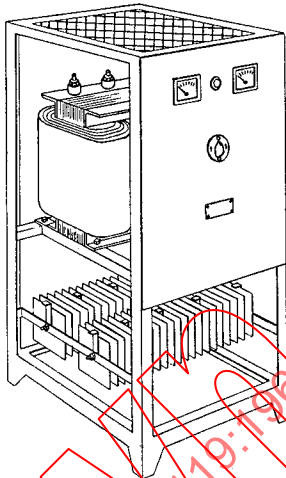
120 General terms and definitions

The terms, definitions, symbols, etc., adopted in this publication conform as closely as possible with the special I.E.C. publications on terms, definitions, symbols, etc. 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 clarifying the meaning of the present document.


For other terms and definitions in this field, not included below, see the International Electro-technical Vocabulary (I.E.C. Publication 50).

121 Physical terms relating to components and assemblies

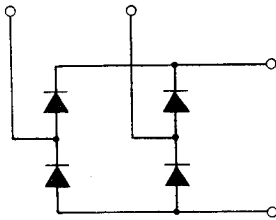
Term	Example
<p>121-1 <i>Semiconductor rectifier cell</i></p> <p>The elementary rectifying device consisting of a combination of semiconductors, or of a semiconductor and a metal in contact with one another, which presents an asymmetrical conductance according to the polarity of the voltage applied to it.</p> <p><i>Note:</i> In these recommendations, this term is abbreviated as "cell".</p>	
<p>121-2 <i>Rectifier stack</i></p> <p>A single structure of one or more rectifier cells with its (their) associated mounting(s), cooling attachment(s), if any, and connections, whether electrical or mechanical.</p>	
<p>121-3 <i>Rectifier stack assembly</i></p> <p>An electrically and mechanically combined structure of one or more rectifier stacks, complete with all its connections, together with the means for cooling, if any, in its own mechanical structure.</p>	

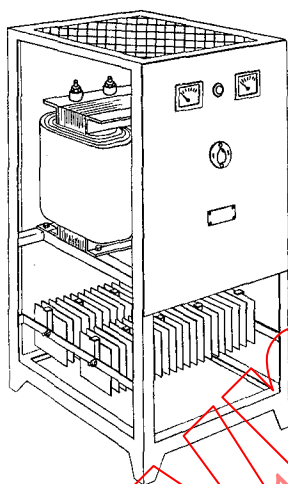
Terme	Exemple
<p>121-4 <i>Groupe redresseur</i></p> <p>Ensemble fonctionnel comprenant un ou plusieurs éléments redresseurs, avec les transformateurs et autres auxiliaires s'il y a lieu, pour la conversion du courant alternatif en courant continu.</p>	

122 Termes utilisés en relation avec les schémas des circuits

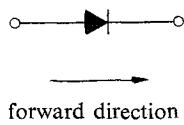
Terme	Exemple
<p>122-1 <i>Valve (Soupape)</i></p> <p>Élément de circuit comprenant une borne positive et une borne négative, et ayant pour caractéristique de ne laisser passer effectivement le courant que dans un sens.</p>	 <p>sens direct.</p>

Note. En pratique, une valve peut être constituée par une cellule, ou par un certain nombre de cellules reliées soit en série, soit en parallèle, soit en série-parallèle. Ceci revient à dire qu'une valve peut être soit une partie d'un élément, soit un élément entier pouvant être réduit à une seule cellule, soit un assemblage d'éléments.

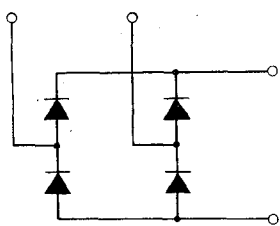
Terme	Exemple
<p>122-2 <i>Montage en redresseur</i></p> <p>Mode de connexion d'un ou de plusieurs redresseurs élémentaires, en vue de la conversion du courant alternatif en courant continu.</p>	

Term	Example
<p>121-4 <i>Rectifier equipment</i></p> <p>An operative assembly comprising one or more rectifier stacks, together with transformers and other auxiliaries, if any, for the conversion of alternating current into direct current.</p>	

122 Terms used in connection with circuit diagrams

Term	Example
<p>122-1 <i>Rectifying element</i></p> <p>A circuit element bounded by one positive and one negative terminal, and having the characteristic of conducting current effectively in only one direction.</p>	 <p>forward direction</p>

Note: In practice, a rectifying element can be derived from one cell, or a number of cells interconnected in either a series, a parallel or a series-parallel arrangement. This means that the corresponding component may be either a part or the whole of a stack, a stack containing a single cell, or a stack assembly.

Term	Example
<p>122-2 <i>Rectifier connection</i></p> <p>A connection of one or more rectifying elements for the conversion of alternating current into direct current.</p>	

Terme	Exemple
122-3 <i>Bras d'un montage en redresseur</i> Un des redresseurs élémentaires d'un montage en redresseur.	

125 Termes et définitions relatifs aux modes de refroidissement

125-1 *Refroidissement naturel à air*

Refroidissement par convection naturelle de l'air ambiant.

125-2 *Refroidissement par ventilation forcée*

Refroidissement par circulation forcée de l'air, par exemple au moyen d'un ventilateur. L'air peut être pris au voisinage immédiat, ou dans un endroit où sa température est différente de celle de l'air ambiant.

125-3 *Refroidissement par eau perdue*

Refroidissement au moyen d'eau provenant d'une source extérieure.

125-4 *Refroidissement par échange entre un fluide et l'air*

Refroidissement par circulation d'un agent de transfert de chaleur (gaz ou liquide) refroidi lui-même par l'air. La circulation du fluide et celle de l'air peuvent être naturelles ou forcées.

125-5 *Refroidissement par échange entre un fluide et l'eau*

Refroidissement par circulation d'un agent de transfert de chaleur (gaz ou liquide) refroidi lui-même par de l'eau provenant d'une source extérieure, soit dans un échangeur de température, soit dans un conduit de refroidissement à l'intérieur du fluide. La circulation du fluide peut être naturelle ou forcée.

126 Facteurs de charge

Le type de service d'un élément redresseur, ou d'un groupe redresseur autre que pour le service continu peut être caractérisé de manière convenable par les deux termes suivants. Le type de service peut aussi être décrit directement, par exemple: charge temporaire.

126-1 *Facteur de marche*

Dans le cas d'une charge intermittente, lorsque chaque période de charge n'est pas assez longue pour atteindre des conditions stables de température, rapport entre la durée de la charge et la durée totale entre les commencements de deux périodes de charge consécutives.

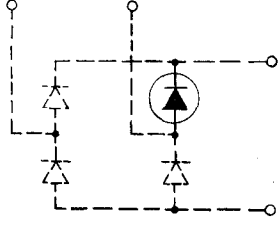
Note: Le facteur de marche conditionne l'échauffement de l'élément redresseur.

126-2 *Facteur d'utilisation*

Dans le cas d'un service non-continu, dans lequel chaque période d'utilisation est suffisamment longue pour atteindre des conditions de température pratiquement stables, rapport entre la durée d'utilisation et la durée totale.

Note: Le facteur d'utilisation indique la manière plus ou moins intensive dont le dispositif est utilisé et influe ainsi sur la durée de service nominale (voir art. 251).

La charge peut être continue ou intermittente pendant les périodes d'utilisation. Lorsque la charge est intermittente, elle est caractérisée également par son facteur de marche.

Term	Example
<p>122-3 <i>Arm of a rectifier connection</i> One rectifying element of a rectifier connection.</p>	

125 Cooling terms and definitions

125-1 *Natural air cooling*

Cooling by the natural convection of the ambient air.

125-2 *Cooling by forced ventilation*

Cooling by a forced ventilation arrangement, e.g. a fan. The air can be taken from the immediate proximity or from a place at a different temperature from that of the ambient air.

125-3 *Tap water cooling*

Cooling by water from an external supply.

125-4 *Fluid to air cooling*

Cooling by a circulating heat transfer agent (gas or liquid), which is cooled by air. The fluid circulation and the air cooling can be natural or forced respectively.

125-5 *Fluid to water cooling*

Cooling by a circulating heat transfer agent (gas or liquid), which is cooled by water from an external supply, either in a heat exchanger or in a cooling duct within the fluid. The fluid circulation can be natural or forced.

126 Duty factors

The type of duty of a rectifier stack or rectifier equipment, when not continuous, is conveniently described by the following two terms. The type of duty may also be described directly, e.g. short time load.

126-1 *Intermittence factor*

For intermittent load, where each load period is too short to give stationary temperature, the ratio between load time and total time between the beginnings of two sequential load periods.

Note: The intermittence factor influences the heating of the rectifier stack.

126-2 *Utilization factor*

For non-continuous service, where each utilization period is long enough to give practically stationary temperature conditions, the ratio between utilization time and total time.

Note: The utilization factor indicates how extensively the device is used, thus influencing the rated service time (see Clause 251).

The load may be steady or intermittent during the utilization periods. When the load is intermittent, it is also characterised by its intermittence factor.

130 Termes et définitions électriques et physiques

131 Définitions électriques relatives aux valves (soupapes)

- 131-1 *Sens direct*
Sens pour lequel une valve présente la conductance la plus élevée.
- 131-2 *Sens inverse*
Sens pour lequel une valve présente la conductance la plus faible.
- 131-3 *Courant direct moyen*
Valeur moyenne arithmétique, pendant une période entière, du courant dans le sens direct d'une valve, à l'exclusion du courant inverse.
- 131-4 *Courant inverse moyen*
Valeur moyenne arithmétique, pendant une période entière, du courant dans le sens inverse d'une valve, à l'exclusion du courant direct.
- 131-5 *Chute de tension directe*
Chute de tension qui résulte du passage du courant dans le sens direct à travers une valve.
- 131-6 *Chute de tension directe moyenne*
Valeur moyenne arithmétique, pendant une période entière, de la chute de tension directe dans une valve, à l'exclusion de la tension inverse.
- 131-7 *Tension inverse de service*
Valeur de crête de la tension inverse (à l'exclusion des surtensions transitoires et oscillatoires) divisée par $\sqrt{2}$.

Note 1: Ce terme est souvent abrégé en « tension inverse ».

Note 2: Lorsque la tension inverse provient d'une tension sinusoïdale appliquée directement à la valve, la tension inverse de service est égale à la valeur efficace de cette tension.

- 131-8 *Pertes en direct*
Pertes dues au passage du courant dans le sens direct.
- 131-9 *Pertes en inverse*
Pertes dues au passage du courant dans le sens inverse.
- 131-10 *Facteur de forme (du courant direct)*
Rapport de la valeur efficace du courant direct à la valeur moyenne arithmétique de ce courant.

132 Termes et définitions physiques

- 132-1 *Couche d'arrêt*
Couche d'une cellule redresseuse à semiconducteurs qui possède la conductibilité asymétrique.
- 132-2 *Formation*
Traitement électrique et/ou thermique des cellules ou des éléments à semiconducteurs en vue d'augmenter l'efficacité de la couche d'arrêt.
Une augmentation de l'efficacité de la couche d'arrêt peut également se produire pendant le fonctionnement ou pendant le stockage.
- 132-3 *Perte de formation (déformation)*
Diminution partielle de l'efficacité de la couche d'arrêt.

130 Electrical and physical terms and definitions

131 Electrical definitions related to rectifying elements

131-1 *Forward direction*

The direction in which a rectifying element has the higher conductance.

131-2 *Reverse direction*

The direction in which a rectifying element has the lower conductance.

131-3 *Average forward current*

The average value of the current in the forward direction of a rectifying element, excluding the reverse current, and measured over a full cycle.

131-4 *Average reverse current*

The average value of the current in the reverse direction of a rectifying element, excluding the forward current and measured over a full cycle.

131-5 *Forward voltage drop*

The voltage drop which results from the flow of forward current through a rectifying element.

131-6 *Average forward voltage drop*

The average value of the forward voltage drop of a rectifying element, excluding the reverse voltage, and measured over the full cycle.

131-7 *Working reverse voltage*

The peak value of the reverse voltage (excluding transient and oscillatory overvoltages) divided by $\sqrt{2}$.

Note 1: This term is sometimes abbreviated to *reverse voltage*.

Note 2: When the reverse voltage occurs from a sinusoidal voltage directly applied to the rectifying element, the working reverse voltage is equal to the r.m.s. value of that voltage.

131-8 *Forward power loss*

The power loss resulting from the flow of current in the forward direction.

131-9 *Reverse power loss*

The power loss resulting from the flow of current in the reverse direction.

131-10 *Form factor (of the forward current)*

The ratio of the r.m.s. value of the forward current to the average forward current.

132 Physical terms and definitions

132-1 *Barrier layer*

The layer within a semiconductor rectifier cell which has the asymmetric conductance.

132-2 *Forming*

Electrical and/or thermal treatment of semiconductor cells or stacks for the purpose of increasing the effectiveness of the barrier layer.

An increase of the effectiveness of the barrier layer may also take place in service or during storage.

132-3 *Loss of forming*

A partial loss in the effectiveness of the barrier layer.

132-4 *Reformation*

Opération en vue de restaurer par un traitement électrique l'efficacité de la couche d'arrêt après une perte de formation.

132-5 *Vieillessement dans le sens direct*

Variation permanente progressive de la chute de tension directe des cellules à semiconducteurs d'un redresseur.

Note: Ce vieillissement étant celui qui joue le rôle le plus important, il est souvent désigné simplement par « vieillissement ».

132-6 *Effet de glissement positif*

Augmentation progressive du courant inverse qui peut se produire quand une tension inverse continue, ou pratiquement filtrée, est appliquée à un élément redresseur à semiconducteurs.

132-7 *Température de l'élément*

Température d'un élément à semiconducteurs mesurée à l'endroit accessible le plus chaud.

133 Termes relatifs aux groupes redresseurs

133-1 *Tension efficace totale d'ondulation (du côté continu)*

$$U_{\sigma} = \sqrt{\sum (U_n)^2} \text{ où}$$

U_n = valeur efficace de l'harmonique de rang n de la tension continue.

133-2 *Rapport d'ondulation efficace*

$$\frac{U_{\sigma}}{U_{dl}} = \frac{\sqrt{\sum (U_n)^2}}{U_{dl}} \text{ ou}$$

U_n = valeur efficace de l'harmonique de rang n de la tension continue

U_{dl} = tension continue nominale du groupe redresseur.

133-3 *Tension psophométrique d'ondulation*

$$U_{ps} = \frac{1}{p'_{800}} \cdot \sqrt{\sum (P_f \cdot U_f)^2} \text{ où}$$

U_f = valeur efficace de l'harmonique de fréquence f de la tension continue

p_f = facteur de pondération pour la fréquence f dans la table de pondération du C.C.I.F.¹⁾

p'_{800} = facteur de pondération pour la puissance 800 Hz de la table du C.C.I.F.

Note: La t.p.o. est une caractéristique pour le bruit obtenu dans un réseau de télécommunication alimenté par le groupe redresseur en question.

¹⁾ C.C.I.F. (Comité Consultatif International Télégraphique), Livre Vert, Tome IV, pages 123-124 (XVII Assemblée plénière, Genève, 4-12 octobre 1954).

132-4 *Reforming*

The operation of restoring by an electric treatment the effectiveness of the barrier layer after loss of forming.

132-5 *Ageing in the forward direction*

A gradual persisting change of the forward voltage drop of the semiconductor cells of a rectifier.

Note: As this is the most important type of ageing, it is simply called *ageing*.

132-6 *Positive creep effect*

The gradual increase in reverse current which may occur when a substantially smooth d.c. reverse voltage is applied to a semiconductor rectifying element.

132-7 *Stack temperature*

The temperature of a semiconductor rectifier stack measured at the hottest accessible point.

133 **Terms related to rectifier equipments**

133-1 *Total r.m.s. ripple voltage (on the d.c. side)*

$$U_{\sigma} = \sqrt{\sum (U_n)^2} \text{ where:}$$

U_n = r.m.s. value of d.c. voltage harmonic of the order n .

133-2 *R.M.S. ripple voltage ratio*

$$\frac{U_{\sigma}}{U_{dl}} = \frac{\sqrt{\sum (U_n)^2}}{U_{dl}} \text{ where:}$$

U_n = r.m.s. value of d.c. voltage harmonic of the order n

U_{dl} = rated d.c. voltage of rectifier equipment.

133-3 *Psophometric ripple voltage*

$$U_{ps} = \frac{1}{p'_{800}} \cdot \sqrt{\sum (p_f \times U_f)^2} \text{ where:}$$

U_f = r.m.s. value of d.c. voltage harmonic of frequency f

p_f = the weight given to the frequency f in the weighting table of the C.C.I.F.¹⁾

p'_{800} = the weight given to the frequency 800 Hz (c/s) in the weighting table of the C.C.I.F.

Note: The p.r.v. is a characteristic for the noise obtained in a telecommunication equipment fed from the rectifier equipment in question.

¹⁾ C.C.I.F. (International Telephone Consultative Committee) Green Book, Vol. IV, pp. 123 and 124 (XVII Plenary Assembly, Geneva 4-12 October 1954).

133-4 *Rapport psophométrique de tension d'ondulation*

$$\frac{U_{ps}}{U_{dl}} \quad \text{où}$$

U_{ps} = tension psophométrique d'ondulation définie à l'article 133-3

U_{dl} = tension continue nominale du groupe redresseur.

Note: Le r.p.t.o. est une caractéristique pour le bruit obtenu dans un réseau de télécommunication alimenté par le groupe redresseur en question.

133-5 *Facteur de forme téléphonique K' du C.C.I.F.*

$$K' = \frac{1}{U_{dl}} \cdot \frac{1}{p'_{800}} \sqrt{\sum (k_f p_f U_f)^2} \quad \text{où}$$

U = valeur efficace de l'harmonique de fréquence f de la tension continue

p_f = facteur de pondération pour la fréquence f dans la table du C.C.I.F.

p'_{800} = facteur de pondération pour la fréquence 800 Hz de la table du C.C.I.F.

k_f = facteur du C.C.I.F. fonction de la fréquence, tenant compte du couplage entre le circuit de puissance et la ligne à courant faible, ainsi que des conditions de service du circuit de puissance. Par convention $k_{800} = 1$

U_{dl} = tension continue nominale du groupe redresseur.

Note: Le facteur K' est une caractéristique pour le bruit obtenu dans une ligne à courant faible située au voisinage du groupe redresseur en question ou des lignes reliées à ce groupe redresseur.

133-6 *Facteur d'influence téléphonique t.i.f. du EEI-BTS*

$$F_{ti} = \frac{1}{U_{dl}} \sqrt{\sum (p_f \cdot U_f)^2} \quad \text{où}$$

p_f = facteur de pondération pour la fréquence f sur la courbe de pondération de EEI-BTS ¹⁾

U_f = valeur efficace de l'harmonique de fréquence f de la tension continue

U_{dl} = tension continue nominale du groupe redresseur.

Note: Le t.i.f. est une caractéristique pour le bruit obtenu dans une ligne à courant faible située au voisinage du groupe redresseur en question ou émanant des lignes reliées à ce groupe redresseur.

¹⁾ EEI-BTS = Joint Subcommittee on Development and Research, Edison Electric Institute and Bell Telephone System. Voir: « Inductive Coordination Aspects of Rectifier Installations », figure 17, AIEE Transactions volume 65, page 417 (juillet 1946).

133-4 *Psophometric ripple voltage ratio*

$$\frac{U_{ps}}{U_{dl}} \quad \text{where:}$$

U_{ps} = the psophometric ripple voltage according to Clause 133-3

U_{dl} = rated d.c. voltage of rectifier equipment.

Note: The p.r.v.r. is a characteristic for the noise obtained in a telecommunication equipment fed from the rectifier equipment in question.

133-5 *Telephone form factor K' of the C.C.I.F.*

$$K' = \frac{1}{U_{dl}} \cdot \frac{1}{p'_{800}} \sqrt{\sum (k_f p_f U_f)^2} \quad \text{where:}$$

U_f = r.m.s. value of d.c. voltage harmonic of frequency f

p_f = the weight given to the frequency f in the weighting table of the C.C.I.F.

p'_{800} = the weight given for the frequency 800 Hz (c/s) in the weighting table of the C.C.I.F.

k_f = the factor of the C.C.I.F., which is a function of the frequency, considering the coupling between the power circuit and the light (weak) current line, and the service conditions of the power circuit. By convention $k_{800} = 1$

U_{dl} = rated d.c. voltage of the rectifier equipment.

Note: K' is a characteristic for the noise obtained in a light (weak) current line in the neighbourhood of the rectifier equipment in question, or from the lines connected to the rectifier equipment.

133-6 *Telephone interference factor t.i.f. of the EEI-BTS*

$$F_{ti} = \frac{1}{U_{dl}} \cdot \sqrt{\sum (p_f \cdot U_f)^2} \quad \text{where:}$$

p_f = the weight given to the frequency f in the weighting curve of the EEI-BTS ¹⁾

U_f = r.m.s. value of d.c. voltage harmonic of frequency f .

U_{dl} = rated d.c. voltage of rectifier equipment.

Note: The t.i.f. is a characteristic for the noise obtained in a light (weak) current line in the neighbourhood of the rectifier equipment in question, or from the lines connected to the rectifier equipment.

¹⁾ EEI-BTS = Joint Subcommittee on Development and Research, Edison Electric Institute and Bell Telephone System. See: Inductive Coordination Aspects of Rectifier Installations, Figure 17, AIEE Transactions volume 65, page 417 (July 1946).

133-7 *Impédance de filtrage de la charge*

Impédance mesurée entre les points des côtés positif et négatif où les conducteurs venant du groupe redresseur, de la batterie et des autres charges sont reliés ensemble, le groupe redresseur étant mis hors circuit du côté continu.

Note: Lorsque la charge est reliée en parallèle à une batterie d'accumulateurs, une machine à courant continu, ou un condensateur, ou comprend un tel dispositif, l'impédance alternative entre les bornes est très faible. Cette impédance alternative faible, «l'impédance de filtrage de la charge», est souvent utilisée pour filtrer la tension continue. L'impédance de filtrage de la charge dépend normalement de la fréquence et dans le cas d'une batterie d'accumulateurs en parallèle avec la charge, elle se compose surtout de la résistance et de l'inductance des éléments et des conducteurs, et dépend par conséquent de la disposition de l'installation.

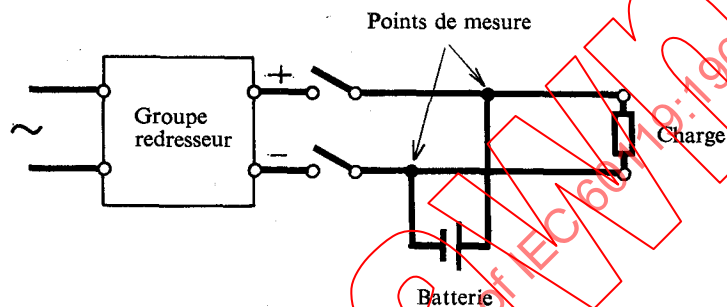


FIG. 1

133-8 *Rendement de conversion*

Rapport entre le produit des valeurs moyennes de la tension continue et du courant continu et la puissance active absorbée du côté alternatif par un groupe redresseur.

133-9 *Rendement en puissance*

Rapport entre la puissance fournie du côté continu (mesurée au wattmètre) et la puissance active absorbée du côté alternatif.

Note: Dans le rendement de conversion, la puissance des composantes alternatives du côté continu est considérée comme une perte. Dans le rendement en puissance, elle est considérée comme une puissance utile. De ce fait, le rendement de conversion a une valeur plus faible. Pour un redresseur monophasé redressant les deux alternances, le rendement de conversion maximum théorique est de 81 % pour une charge sur résistance.

135 **Définitions concernant les régimes nominaux**

135-1 *Régimes nominaux (d'un élément, d'un assemblage d'éléments ou d'un groupe redresseur)*

Indication de ses possibilités dans les conditions de service des présentes recommandations, telles qu'elles lui sont assignées par le constructeur.

135-2 *Conditions de service nominales*

Conditions de service (voir art. 175) pour lesquelles s'entendent les régimes nominaux.

135-3 *Service nominal*

Service que peut assurer le dispositif dans les conditions nominales de service et aux valeurs nominales des courants et des tensions.

133-7 *Load filter impedance*

The impedance measured between the points on the plus and minus sides where the conductors from the rectifier equipment, from the battery and from the load are connected together, the rectifier equipment being disconnected on the d.c. side.

Note: When the load is parallel connected with a storage battery, a d.c. machine or a capacitor, or includes such a device, the a.c. impedance between the terminals will be very low. This low a.c. impedance "the load filter impedance" is often utilized for smoothing the d.c. voltage. The load filter impedance is normally frequency dependent, and in case of a storage battery in parallel with the load, it consists mainly of the resistance and the inductance of the battery cells and conductors, thus being dependent on the lay-out of the plant.

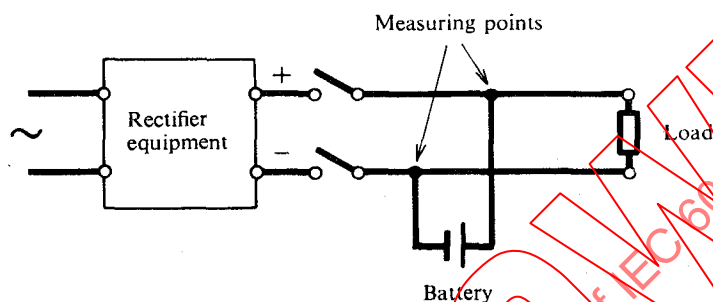


FIG. 1

133-8 *Conversion efficiency*

The ratio of the product of the arithmetic mean values of d.c. voltage and direct current to the input active power on the a.c. side of a rectifier equipment.

133-9 *Power efficiency*

The ratio between the output on the d.c. side (as measured by a wattmeter) and the input active power on the a.c. side.

Note: In the conversion efficiency, the power of the a.c. components on the d.c. side is regarded as a power loss. In the power efficiency, it is regarded as a useful power. Therefore, the conversion efficiency has a lower value. For a single-phase, two-pulse (full-wave) rectifier, the theoretical maximum conversion efficiency is 81% assuming a resistive load.

135 *General rating definitions*

135-1 *Ratings (of a stack, stack assembly or rectifier equipment)*

A statement of its capabilities under the service conditions of these recommendations, as assigned to it by the manufacturer.

135-2 *Rated service conditions*

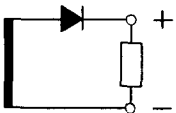
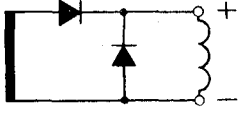
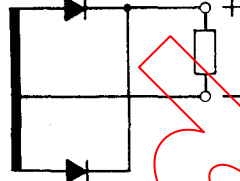
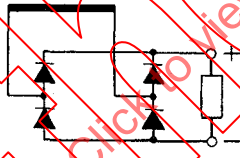
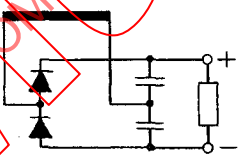
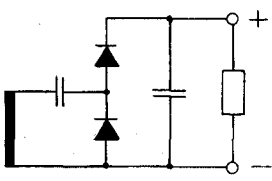
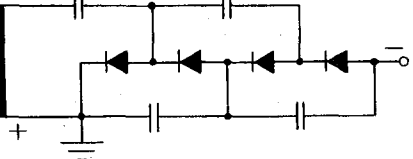
The service conditions (see Clause 175) for which the ratings apply.

135-3 *Rated service*

The service of a device at rated service conditions and at rated values of currents and voltages.

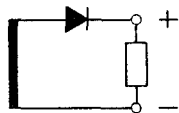
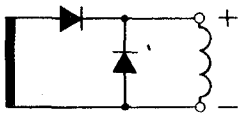
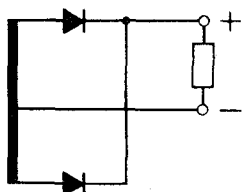

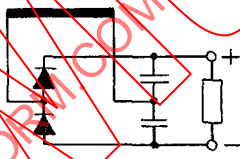
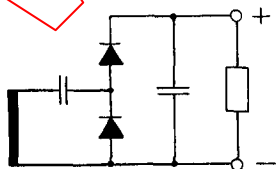
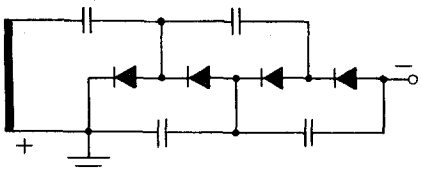
150 Couplages redresseurs

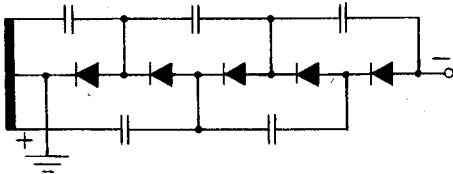
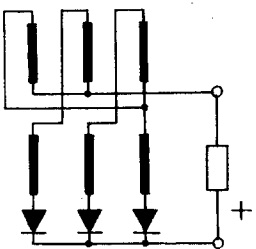
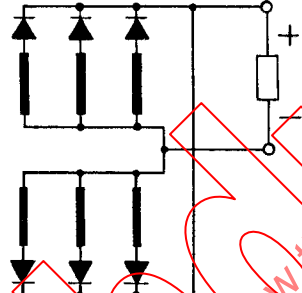
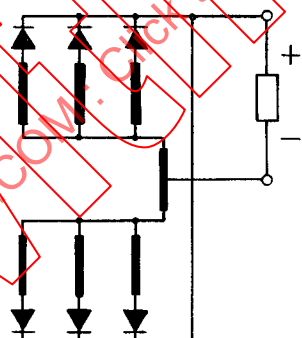
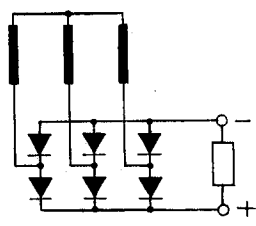
Le tableau ci-après représente les modes de connexion les plus courants utilisés dans les groupes redresseurs à semiconducteurs. A ces circuits redresseurs peuvent être ajoutés des dispositifs pour le réglage de la tension continue du redresseur ou la modification de la caractéristique tension-courant du côté continu.

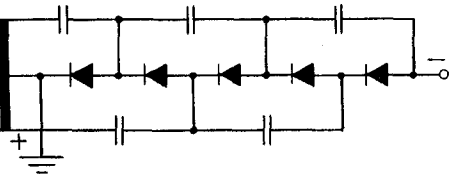
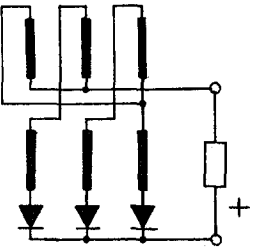
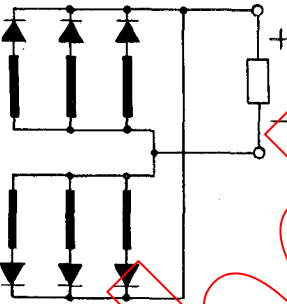
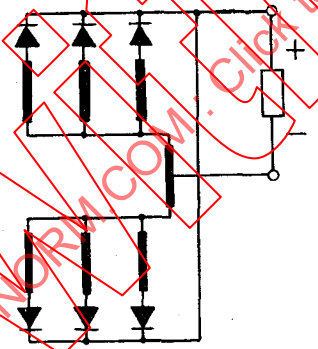
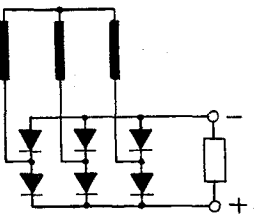
	Connexion	Désignation	Nombre de pulsations
1		Montage à une alternance	1
2		Montage à onde de retour	1
3		Montage à prise médiane	2
4		Connexion en pont monophasé	2
5		Doubleur de tension	2
6		Connexion en doubleur de tension à deux échelons	1
7		Multiplicateur de tension à une pulsation	1

150 Rectifier connections

The following table shows the connections which are most common for semiconductor rectifier equipment. To these rectifier circuits can be added arrangements for controlling the d.c. voltage of the rectifier, or for influencing its d.c. output voltage-current characteristics.

Item	Connection	Name	Pulse number
1		Half-wave connection	1
2		Back-wave connection	1
3		Centre-tap connection	2
4		Single-phase bridge connection	2
5		Voltage-doubler bridge connection	2
6		Two-step voltage-doubler connection	1
7		One-pulse voltage multiplier	1

	Connexion	Désignation	Nombre de pulsations
8		Multiplicateur de tension à deux pulsations	2
9		Etoile triphasé (représenté à titre d'exemple avec un transformateur zig-zag)	3
10		Etoile hexaphasé	6
11		Double étoile triphasé (avec bobine d'absorption)	6
12		Pont triphasé	6

Item	Connection	Name	Pulse number
8		Two-pulse voltage multiplier	2
9		Three-phase star (shown with zig-zag transformer as an example)	3
10		Six-phase star	6
11		Double three-phase star (with interphase transformer)	6
12		Three-phase bridge	6

155 Facteurs du côté alternatif

155-1 *Facteur de puissance global*

Rapport de la puissance active à la puissance apparente.

155-2 *Facteur de puissance de l'onde fondamentale, facteur de déphasage ($\cos \varphi$)*

Rapport de la puissance active de l'onde fondamentale à la puissance apparente de l'onde fondamentale.

155-3 *Facteur de déformation*

Rapport du facteur de puissance global au facteur de déphasage.

160 Variation de tension

161 Termes

161-1 *Courbe caractéristique tension-courant côté continu*

Relation entre les valeurs moyennes de la tension continue et du courant continu d'un groupe redresseur, exprimée sous la forme d'une courbe pour des valeurs données de la tension et de la fréquence de la source d'alimentation à courant alternatif et pour un caractère spécifié de la charge.

161-2 *Variation de tension*

A moins qu'il n'en soit spécifié autrement, différence entre les valeurs de la tension continue à circuit ouvert et au courant continu nominal pour un caractère spécifié de la charge. Il doit être indiqué si elle comprend les effets d'un réglage automatique de la tension ou de tout autre moyen de compensation.

161-3 *Variation propre de tension*

Variation de tension (161-2) sans tenir compte des effets de l'impédance du réseau (voir art. 167).

161-4 *Variation totale de tension*

Variation de tension compte tenu des effets de l'impédance du réseau (voir art. 167).

161-5 *Variation de tension corrigée*

S'il est fait usage d'un régulateur automatique de tension, les effets de ce régulateur doivent être spécifiés pour toute la gamme de charge.

161-6 *Déviations dans le contrôle automatique*

Moitié de la différence entre la valeur la plus élevée et la valeur la plus basse de la tension fournie du côté continu et exprimée avec le signe \pm . La déviation est due aux variations du courant de charge, de la tension absorbée du côté alternatif, de la température, etc.

155 Factors on a.c. side

155-1 Total power factor

The ratio of active power to apparent power.

155-2 Power factor of the fundamental wave, displacement factor ($\cos \varphi$)

The ratio of active power of the fundamental wave to apparent power of the fundamental wave.

155-3 Distortion factor

The ratio of total power factor to displacement factor.

160 Voltage regulation

161 Terms

161-1 D.C. output voltage-current characteristic curve

The relation between the d.c. voltage and direct current average values of a rectifier equipment, as expressed by a curve at given alternating voltage, frequency of supply, and specified character of load.

161-2 Voltage regulation

Unless otherwise specified, the difference between the d.c. voltage at open circuit and at rated direct current at specified character of load. If this includes the effect of automatic voltage regulation or other compensating means, it should be so stated.

161-3 Inherent voltage regulation

The voltage regulation (161-2) excluding the effect of a.c. system impedance (see Clause 167).

161-4 Total voltage regulation

The voltage regulation including the effect of a.c. system impedance (see Clause 167).

161-5 Corrected voltage regulation

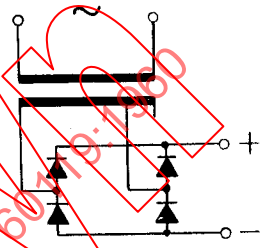
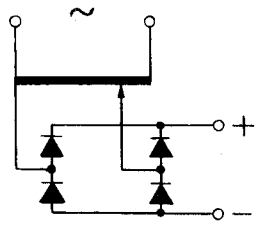
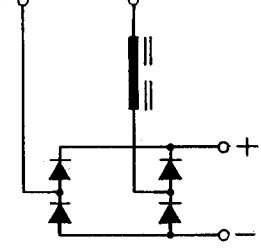
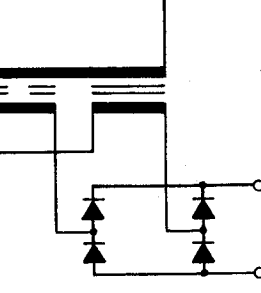
If an automatic voltage regulator is used, the effect of this regulator over the load range shall be specified.

161-6 Deviation in automatic control

Half the difference between the highest and lowest values of the d.c. output voltage, and written with a \pm sign. The deviation is due to variations in load current, input a.c. voltage, temperature, etc.

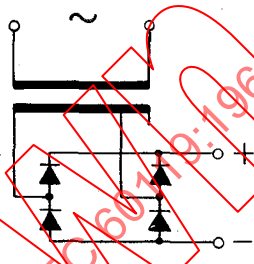
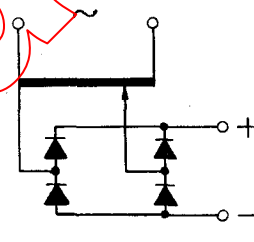
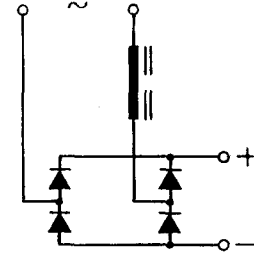
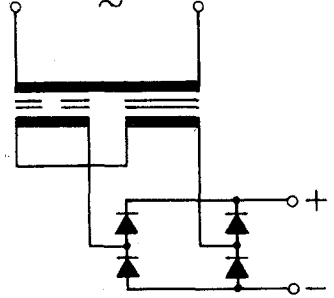
162 Méthodes de contrôle de la tension ou du courant

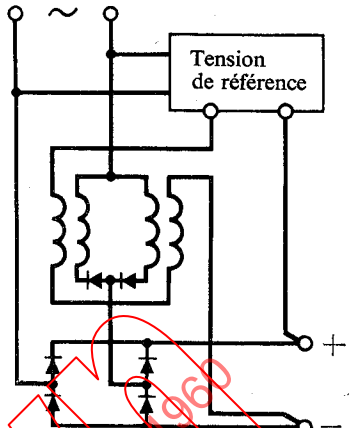
La tension de sortie d'un groupe redresseur peut être contrôlée de différentes façons dans le but d'éliminer l'influence des variations de la tension alternative, etc., et pour lui donner une caractéristique tension continue-courant continu convenable pour l'utilisation à laquelle il est destiné. En ce qui concerne les principes généraux de réalisation et leur influence sur les possibilités de fonctionnement, on peut distinguer les types de groupes redresseurs suivants:

Terme	Exemple
<p>162-1 <i>Groupe redresseur à tension (ou courant) fixe</i> Groupe redresseur dont la tension continue (ou le courant continu) ne peut être modifiée sans changement de sa constitution intérieure.</p>	
<p>162-2 <i>Groupe redresseur à tension (ou courant) réglable</i> Groupe redresseur dont la tension continue (ou le courant continu) peut être réglée au moyen de dispositifs (tels qu'un auto-transformateur à rapport variable) accessibles à un opérateur.</p>	
<p>162-3 <i>Groupe redresseur à caractéristique imposée</i> Groupe redresseur muni de dispositifs (par exemple des réactances dans le circuit alternatif) qui influencent la tension continue dans le but d'obtenir une caractéristique tension-courant déterminée, mais non indépendante de la tension alternative.</p>	
<p>162-4 <i>Groupe redresseur stabilisé</i> Groupe redresseur muni de dispositifs qui influencent la tension continue ou le courant continu dans le but d'obtenir une caractéristique tension-courant déterminée indépendante de la tension alternative, et où ces dispositifs ne sont pas influencés par les écarts de la tension continue autour de la valeur désirée (réglage en boucle ouverte).</p>	

162 Methods of voltage or current control

The output voltage of a rectifier equipment can be controlled in different ways in order to eliminate the influence of variations in the alternating voltage, etc. and to give it a d.c. output voltage-current characteristic suitable for its application. With regard to the fundamental design principles and their influence on the performance, the following kinds of rectifier equipment are to be distinguished:

Term	Example
<p>162-1 <i>Fixed voltage (or current) rectifier equipment</i> A rectifier equipment, the d.c. voltage (or direct current) of which cannot be influenced without interfering with its internal construction.</p>	
<p>162-2 <i>Adjustable voltage (or current) rectifier equipment</i> A rectifier equipment, the d.c. voltage (or direct current) of which can be influenced by adjustment devices (e.g. a variable auto-transformer) accessible to an operator.</p>	
<p>162-3 <i>Inherent characteristic rectifier equipment</i> A rectifier equipment equipped with devices (e.g. reactors in the a.c. circuit) which influence the d.c. voltage in order to obtain a determined output voltage current characteristic not independent of alternating voltage.</p>	
<p>162-4 <i>Stabilized rectifier equipment</i> A rectifier equipment provided with devices which influence the d.c. voltage or current in order to obtain a determined pattern of d.c. voltage-current characteristic independent of alternating voltage, where the devices are not influenced by the deviation of the d.c. voltage from its desired value (non closed loop control).</p>	

Terme	Exemple
<p>162-5 <i>Groupe redresseur à réglage automatique (à réaction)</i> Groupe redresseur muni de dispositifs qui règlent automatiquement la tension continue ou le courant continu dans le but d'obtenir une caractéristique tension-courant déterminée, indépendante de la tension alternative et où ces dispositifs sont influencés par les écarts de la tension continue ou du courant continu autour de la valeur désirée (réglage en boucle fermée).</p>	

165 Réseau à courant alternatif

166 Forme d'onde de la tension alternative

166-1 A moins qu'il n'en soit spécifié autrement, toutes les grandeurs nominales et les autres renseignements donnés dans l'étendue des présentes recommandations s'entendent pour une forme sinusoïdale de la tension alternative aux bornes du côté alternatif des redresseurs ou groupes redresseurs, lorsque l'équipement n'est pas en service (voir aussi l'article 167).

166-2 Dans ces recommandations, la forme d'une onde de tension est considérée comme sinusoïdale si la différence maximum $a-b$ de la figure 2 par rapport à la valeur simultanée b de l'onde fondamentale ne dépasse pas 5 % de la valeur de crête c de l'onde fondamentale c'est-à-dire si

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

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

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

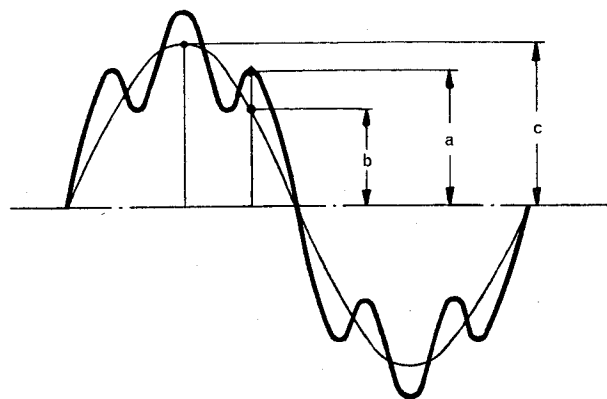
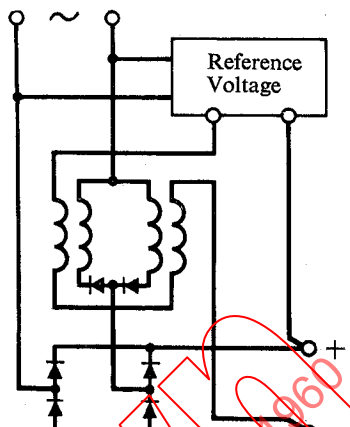


FIG. 2

Term	Example
<p>162-5 <i>Feed-back regulated rectifier equipment</i></p> <p>A rectifier equipment provided with devices which automatically regulate the d.c. voltage or direct current in order to obtain a determined pattern of the d.c. voltage-current characteristic independent of alternating voltage, where the devices are influenced by the deviation of the d.c. voltage or direct current from its desired value (closed loop control).</p>	

165 A.C. system

166 Waveform of alternating voltage

166-1 Where not otherwise specified, all ratings and other information given within the scope of these recommendations apply for a sinusoidal alternating voltage on the a.c. terminals of rectifiers or rectifier equipments, when the equipment is disconnected (see also Clause 167).

166-2 The waveform of a voltage is considered sinusoidal in these recommendations, if the largest deviation $a-b$ in Figure 2, 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 rectifiers without automatic asymmetry correction, this limit is reduced to 2.5%, that is

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

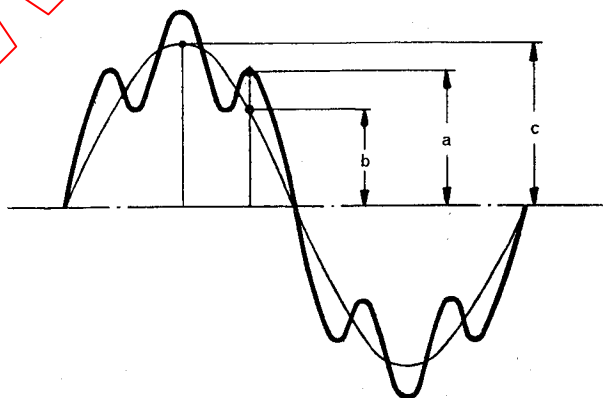


FIG. 2

167 Impédance du réseau à courant alternatif

- 167-1 Dans les présentes recommandations, l'impédance du réseau à courant alternatif est supposée n'exercer aucune influence sur le fonctionnement des éléments, assemblages ou groupes redresseurs. Ceci est supposé être le cas si la forme d'onde satisfait aux conditions de l'article 166-2, même lorsque l'équipement est en service.
- 167-2 Dans le cas des équipements redresseurs de grande puissance, où l'impédance du réseau alternatif exerce une influence, les articles 165, 443, 444, 445 et 446 de la Publication 84 de la C.E.I. concernant l'influence du réseau alternatif doivent être respectés dans la mesure où ils sont applicables.

170 Symétrie des systèmes polyphasés

- 170-1 A moins qu'il n'en soit spécifié autrement, toutes les grandeurs nominales et les autres renseignements donnés dans l'étendue des présentes recommandations s'entendent, dans le cas d'une alimentation par des tensions polyphasées, pour un système de tensions symétriques.
- 170-2 Les tensions sont considérées comme symétriques si aucune des composantes inverse et homopolaire ne dépasse 5% de la composante directe.
- 170-3 Si un système polyphasé n'est pas parfaitement symétrique, tout en étant dans les limites de l'article 170-2, la valeur à admettre pour la tension en ligne est la valeur moyenne arithmétique de toutes les tensions entre conducteurs de phases.

175 Conditions de service

Les conditions de service sont tous les facteurs extérieurs (température ambiante, caractère de la charge, etc.) qui peuvent avoir une influence sur le fonctionnement d'un redresseur ou groupe-redresseur à semiconducteurs.

176 Définitions relatives aux températures

- 176-1 *Température ambiante pour les éléments redresseurs à semiconducteurs à refroidissement naturel* (Art. 125-1).
Température du fluide immédiatement au-dessous de l'élément redresseur lorsqu'il est en service dans les conditions de service nominales.
- Note:* Dans le cas des éléments à refroidissement forcé, la température du fluide de refroidissement doit être indiquée à la place de la température ambiante.
- 176-2 *Température ambiante pour un groupe redresseur*
Température de l'air ambiant dans le voisinage immédiat du groupe redresseur.
- 176-3 *Température du fluide de refroidissement*
Température du fluide de refroidissement à l'entrée dans l'appareil. Ce terme est utilisé normalement lorsqu'il n'est pas fait usage du refroidissement naturel à air (article 125-1).

167 A.C. system impedance

- 167-1 In these recommendations the impedance of the a.c. system is assumed to have no influence on the operation of rectifier stacks or equipments. This is assumed to be the case when the waveform fulfils the requirements of Clause 166-2 even when the equipment is in operation.
- 167-2 For large rectifier equipments where the a.c. system impedance has influence, the Clauses 165, 443, 444, 445 and 446 of I.E.C. Publication 84, regarding the influence of the a.c. system impedance, shall be followed in applicable parts.

170 Symmetry of polyphase systems

- 170-1 Where not otherwise specified, all ratings and other information given within the scope of these recommendations, in case of polyphase supply voltage, apply for a system with symmetrical voltages.
- 170-2 The voltages are to be considered symmetrical if neither the negative sequence component nor the zero sequence component exceeds 5% of the positive sequence component.
- 170-3 If a polyphase system is not perfectly symmetrical but is within the limits of Clause 170-2, the arithmetic mean value of all phase-to-phase voltages shall be taken as the line voltage.

175 Service conditions

Service conditions are all external factors (ambient temperature, air humidity, character of load, etc.) which may have influence on the performance of a semiconductor rectifier or rectifier equipment.

176 Temperature definitions

- 176-1 *Ambient temperature for semiconductor stacks rated for natural air cooling* (Clause 125-1)
The temperature of the medium immediately below the rectifier stack when it is in service under rated service conditions.

Note: For stacks cooled by forced ventilation, the cooling medium temperature is given instead of ambient temperature.

- 176-2 *Ambient temperature for a rectifier equipment*
The temperature of the ambient air immediately surrounding the rectifier equipment.
- 176-3 *Cooling medium temperature*
The temperature of the incoming cooling medium. This term is normally used in connection with cooling methods other than natural air cooling (Clause 125-1).

177 Recommandations relatives à la température et au refroidissement

177-1 A moins qu'il n'en soit spécifié autrement, les régimes nominaux d'un élément, d'un redresseur ou d'un groupe redresseur à semiconducteurs s'entendent pour un fonctionnement à une température ambiante de 35°C, considérée comme température de référence.

C'est un fait reconnu que, dans les conditions normales de service, la température ambiante varie au cours d'une journée entre un maximum et un minimum. Si la température ambiante maximum dépasse 35°C, sans dépasser 40°C, pendant moins de 3 heures par jour, on doit considérer ces conditions de température comme normales.

177-2 Lorsque les conditions de température ambiante sont plus sévères que celles spécifiées à l'article 177-1, les conditions de service sont considérées comme anormales conformément à l'article 179-8.

177-3 Si les conditions de température ambiante sont différentes de celles spécifiées à l'article 177-1, l'acheteur doit spécifier la température ambiante en accord soit avec l'article 176-1, soit avec l'article 176-2.

177-4 Lorsqu'elle est différente de celle donnée à l'article 177-1, la température ambiante doit être spécifiée sous la forme de la température ambiante maximum (t_m) et de la température moyenne journalière maximum (t_d), exprimées en multiple de 5°C.

177-5 Pour les redresseurs refroidis à l'eau, la température maximum de l'eau à l'entrée doit être spécifiée et choisie de préférence parmi les valeurs ci-dessous qui sont les plus couramment utilisées:

15°C, 20°C, 25°C, 30°C, 35°C

177-6 Le constructeur doit donner les instructions nécessaires pour le montage en ce qui concerne les conditions de refroidissement. Lorsque la vitesse de l'air est donnée pour un élément redresseur à ventilation forcée, il s'agit de la vitesse moyenne à travers la surface de projection de l'élément. La surface de projection est la surface, perpendiculaire au courant d'air, comprise à l'intérieur de la périphérie de la cellule ou des cellules (voir la figure 3).

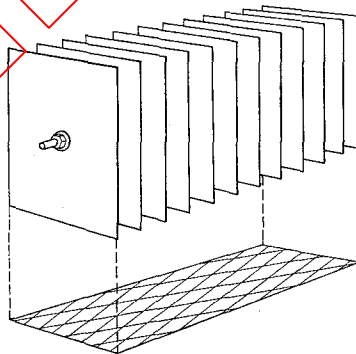


FIG. 3

178 Types de charge

La nature de la charge influençant les caractéristiques de fonctionnement d'un redresseur, le type de la charge doit toujours être spécifié, par exemple, charge sur résistance, sur inductance, sur capacité ¹⁾, sur batterie, sur moteur, ou combinaison de ces charges.

¹⁾ Il est entendu que les termes « inductance » et « capacité » indiquent le caractère général de la charge, la résistance étant toujours présente.

177 Recommendations relating temperature values and cooling

- 177-1 Unless otherwise specified, the ratings of a semiconductor rectifier stack, assembly or equipment apply for operation at an ambient temperature of 35°C, being the reference temperature.

It should be recognized that under normal service conditions the ambient temperature will vary during the day between a maximum and a minimum. If the maximum ambient temperature, for not more than 3 hours during the 24 hours period, exceeds 35°C but is not over 40°C, this should be considered as normal temperature conditions.

- 177-2 When the ambient temperature conditions exceed those specified in Clause 177-1, the service conditions are considered as unusual according to Clause 179-8.

- 177-3 If the ambient temperature conditions are different from those specified in Clause 177-1, the purchaser shall specify the ambient temperature in accordance with either Clause 176-1 or 176-2.

- 177-4 The ambient temperature, when different from that given in Clause 177-1, should be specified as the maximum ambient temperature (t_m) and the maximum daily average temperature (t_d) in 5°C increments.

- 177-5 For water-cooled devices the maximum incoming water temperature shall be specified, preferably as one of the following most commonly used values:

15°C, 20°C, 25°C, 30°C, 35°C

- 177-6 The manufacturer shall give the necessary instructions for the installation with regard to cooling conditions. Where the air velocity is given for a stack intended for forced cooling, the average air velocity in the projection area of the stack shall be given. The projection area is the area of the surface perpendicular to the air current within the periphery of the stack or stacks (see Figure 3).

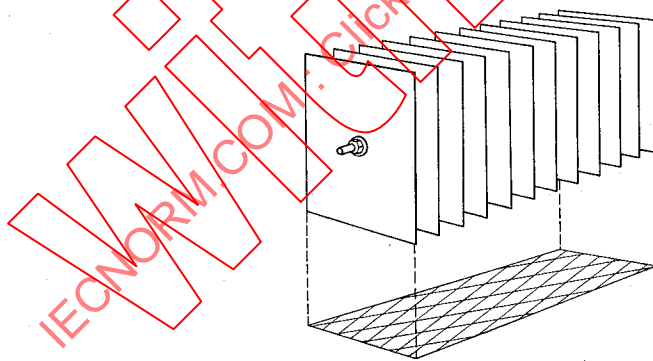


FIG. 3

178 Types of loads

Because the nature of the load affects the performance characteristics of a rectifier, the type of load must always be specified, e.g. resistive load, inductive load, capacitive load, ¹⁾ battery load, machine load or combination of loads.

¹⁾ It is understood that the terms "inductive" and "capacitive" indicate the general character of the load, resistance always being present.

179 Conditions spéciales de service et d'installation

Les conditions suivantes sont considérées comme anormales et, lorsqu'elles sont réalisées, doivent faire l'objet d'un accord particulier entre l'acheteur et le constructeur avant la commande:

- 179-1 Contraintes mécaniques anormales, telles que chocs et vibrations.
 - 179-2 Eau de refroidissement susceptible de provoquer des corrosions ou des obstructions, par exemple, eau de mer ou eau dure.
 - 179-3 Présence de particules étrangères dans l'air ambiant, par exemple, impuretés ou poussières.
 - 179-4 Air salin (par exemple proximité de la mer), forte humidité, chutes de gouttes d'eau, gaz nuisibles par exemple: vapeur de mercure (particulièrement dangereuse), chlore, vapeurs sulfureuses, etc.
 - 179-5 Exposition aux vapeurs d'eau ou d'huile.
 - 179-6 Exposition à des mélanges explosifs de poussières ou de gaz.
 - 179-7 Fluide contenant des particules radioactives.
 - 179-8 Température ambiante, si elle est différente de celle spécifiée à l'article 177-1.
 - 179-9 Exposition à de basses températures au-dessous de -30°C (l'appareil n'étant pas en service).
 - 179-10 Fonctionnement à des températures inférieures à -10°C avec refroidissement par air.
Fonctionnement à des températures inférieures à 0°C avec refroidissement par eau.
Fonctionnement à des températures inférieures à -5°C avec refroidissement à huile.
 - 179-11 Valeurs élevées de l'humidité relative et de la température, similaires à celles que l'on rencontre dans les conditions climatiques sub-tropicales ou tropicales.
 - 179-12 Variations considérables et rapides de la température et de l'humidité.
 - 179-13 Altitude supérieure à 1 000 m au-dessus du niveau de la mer.
 - 179-14 Durée de stockage supérieure à six mois.
- Note:* Quand cette durée de stockage doit être dépassée, l'acheteur et le constructeur peuvent se mettre d'accord sur des conditions spéciales d'emballage et/ou de processus de reformation des éléments.
- 179-15 Superposition de tensions à haute fréquence.

- 179-16 Fréquence en dehors de la gamme 15-100 Hz.

Les conditions spéciales non comprises dans cette liste doivent également faire l'objet d'un accord particulier entre l'acheteur et le constructeur.

200 ÉLÉMENTS REDRESSEURS A SEMICONDUCTEURS

- 200-1 Ce chapitre s'applique aux éléments redresseurs à semiconducteurs livrés séparément, de sorte que les conditions d'utilisation, dispositions de refroidissement, etc., échappent au contrôle du constructeur.
- 200-2 Ce chapitre s'applique aussi en partie aux éléments redresseurs entrant dans la constitution de groupes redresseurs fournis en accord avec les présentes recommandations.

179 Unusual service and installation conditions

The following conditions are regarded as unusual and, if existing, shall be subject to special agreement between purchaser and manufacturer before order:

- 179-1 Unusual mechanical stresses, e.g. shocks and vibrations.
- 179-2 Cooling water which may cause corrosion or obstruction, e.g. sea water or hard water.
- 179-3 Foreign particles in the ambient air, e.g. abnormal dirt or dust.
- 179-4 Salt air (e.g. proximity to the sea), high humidity, dripping water or noxious gases e.g. mercury vapour (particularly dangerous), chlorine, sulphurous vapours, etc.
- 179-5 Exposure to steam or oil vapour.
- 179-6 Exposure to explosive mixtures of dust or gases.
- 179-7 Fluid containing radio-active particles.
- 179-8 Ambient temperature, if different from the specifications in Clause 177-1.
- 179-9 Exposure to temperatures below -30°C (when out of service).
- 179-10 Service at temperatures below -10°C with air cooling.
Service at temperatures below 0°C with water cooling.
Service at temperatures below -5°C with oil cooling.
- 179-11 High values of relative humidity and temperature similar to those associated with sub-tropical or tropical climatic conditions.
- 179-12 Considerable and rapid fluctuations of temperature and humidity.
- 179-13 Altitude of more than 1 000 m (3 300 ft) above sea level.
- 179-14 More than six months' storage time.
Note: When this storage time is to be exceeded, the purchaser and manufacturer may agree on special packing and/or reforming process for the stacks.
- 179-15 Superposed high-frequency voltages.
- 179-16 Frequencies outside the range 15-100 Hz (c/s).
Unusual conditions not covered by this list shall also be subject to special agreement between purchaser and manufacturer.

200 SEMICONDUCTOR STACKS

- 200-1 This chapter refers to semiconductor stacks delivered separately so that the application, cooling arrangements, etc. are not controlled by the manufacturer.
- 200-2 This chapter also refers in parts to stacks which are components of rectifier equipments, which are delivered in accordance with these recommendations.

220 Recommandations pour l'indication des régimes nominaux

221 Un élément pouvant renfermer plusieurs montages redresseurs complets, faire partie d'un montage redresseur, ou constituer une valve, les régimes nominaux peuvent être indiqués de l'une des manières suivantes:

222 Régimes nominaux des éléments redresseurs de référence

Les régimes nominaux d'un élément redresseur quelconque peuvent être calculés facilement en partant des régimes nominaux d'un élément redresseur de référence, c'est-à-dire d'un redresseur en pont monophasé, comprenant une seule cellule par bras et débitant sur résistance. Le constructeur peut, en conséquence, donner les régimes nominaux d'une série d'éléments constitués avec le même type de cellule, simplement en se référant aux régimes nominaux d'un redresseur de référence établi avec ce type de cellule. Dans ce cas, les régimes nominaux doivent être indiqués conformément au présent article.

222-1 Les conditions de service nominales des éléments redresseurs de référence sont indiquées en supposant que les bornes à courant alternatif de l'élément sont reliées à une source de tension sinusoïdale au sens de l'article 166, et que l'élément débite sur une résistance pure. Les conditions de service nominales qui doivent être spécifiées sont:

222-11 Le mode de refroidissement correspondant aux régimes nominaux selon les articles 222-2 à 222-7.

222-12 Pour les éléments à refroidissement naturel dans l'air, la température ambiante si elle diffère de celle prévue à l'article 177-1.

222-13 La température du fluide de refroidissement, s'il ne s'agit pas du refroidissement naturel dans l'air.

222-14 Les facteurs de charge lorsqu'il ne s'agit pas d'un service continu de 24 heures par jour.

222-2 Le courant continu nominal est donné sous la forme de la valeur moyenne du courant aux bornes à courant continu dans les conditions de service nominales. Les valeurs préférentielles en ampères pour les éléments de référence à service continu de 24 heures par jour sont:

0,1	0,16	0,25	0,4	0,63					
1,0	1,6	2,5	4,0	6,3					
10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
100									

(Voir Publication 59 de la C.E.I. et Recommandation R 3 de l'ISO. La liste qui précède est une combinaison de deux séries en vue de satisfaire aux besoins de la pratique.)

Des valeurs différentes du courant continu nominal peuvent être indiquées pour divers facteurs de charge (voir article 126).

222-3 La tension continue nominale est donnée sous la forme de la valeur moyenne arithmétique de la tension aux bornes à courant continu lorsque le redresseur débite son courant continu nominal, et qui peut être obtenue pendant toute la durée de service nominale (voir art. 251) sans qu'il soit nécessaire de dépasser la tension alternative nominale.

En raison du vieillissement dans le sens direct, la tension continue nominale doit être indiquée avec une certaine marge pour tenir compte de l'augmentation attendue de la chute de tension. En conséquence, pour obtenir la tension continue nominale, il est recommandé d'alimenter un élément neuf sous une tension alternative inférieure à la tension alternative nominale (voir art. 222-4).

220 Recommendations for giving ratings

221 As a stack can contain one or more complete rectifier connections, form part of a rectifier connection, or form one rectifying element, the ratings are to be given in one of the following different ways.

222 Ratings for reference rectifier stacks

The ratings of an arbitrary rectifier stack are easily calculated from the ratings of a reference rectifier stack, which consists of a single-phase bridge, loaded by a resistance and comprising one cell per arm. A manufacturer can therefore give the ratings of a series of stacks comprising one type of cell, by referring to the ratings of a reference stack made of the same type of cell. In that case the ratings shall be given in accordance with this clause.

222-1 *Rated service conditions* of reference rectifier stacks are given with the assumption that the a.c. terminals of the stack are connected to a sinusoidal voltage according to Clause 166, and that it is loaded by a pure resistive load. The rated service conditions which have to be specified are:

222-11 Cooling method corresponding to ratings according to Clauses 222-2 to 222-7.

222-12 Ambient temperature for naturally air-cooled stack, if not according to Clause 177-1.

222-13 Cooling medium temperature if not natural air cooling.

222-14 Duty factors, when not continuous service 24 hours a day.

222-2 *Rated direct current* shall be given as the average value of the current in the d.c. terminals at rated service. Preferred current ratings in amperes of reference rectifier stacks, for continuous service 24 hours a day are:

0.1	0.16	0.25	0.4	0.63					
1.0	1.6	2.5	4.0	6.3					
10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80
100									

(See I.E.C. Publication 59 and ISO Recommendation R 3. This is a combination of two series to suit practical needs).

Different values of rated direct current can be given for different duty factors (see Clause 126).

222-3 *Rated d.c. voltage* shall be given as the average value of the voltage between the d.c. terminals at rated current, and which can be obtained during the entire rated service time (Clause 251) without the rated a.c. voltage being exceeded.

Because of ageing in the forward direction, the rated d.c. voltage has to be given with a margin for the expected increase in voltage drop. In order to obtain rated d.c. voltage, therefore, a new stack is run at a recommended a.c. voltage lower than the rated a.c. voltage (see Clause 222-4).

- 222-4 *La tension alternative nominale* est donnée sous la forme de la valeur efficace de la tension alternative maximum entre conducteurs de ligne (voir art. 252) admissible en service continu pour l'élément de référence dans les conditions de service nominales.

Le constructeur doit indiquer également la valeur de la tension alternative (tension alternative initiale) inférieure à la tension nominale, pour laquelle un élément neuf fournit sa tension continue nominale (voir art. 222-3). La tension alternative nominale ne doit pas excéder la tension alternative initiale de plus de 15%.

Les gammes recommandées pour la tension alternative nominale des éléments de référence sont les suivantes:

18 — 20 V
25 — 27 V
32 — 36 V
40 — 45 V
et plus de 50 V

- 222-5 *Température nominale de l'élément neuf*

Température de l'élément (art. 132-7) mesurée conformément à l'article 352-8, qui ne doit pas être dépassée lorsqu'un élément neuf est mis en service dans l'application à laquelle il est destiné.

Note: La température nominale de l'élément neuf est déterminée par le constructeur, compte tenu de la durée de service nominale (art. 251), dans le but de permettre à l'acheteur de vérifier que l'élément est correctement utilisé (art. 337-1).

- 222-6 Lorsque des régimes différents sont donnés pour diverses températures ambiantes, ils doivent être indiqués de préférence sous forme de courbes conformément à la figure 4 pour des conditions de refroidissement définies (voir art. 125).

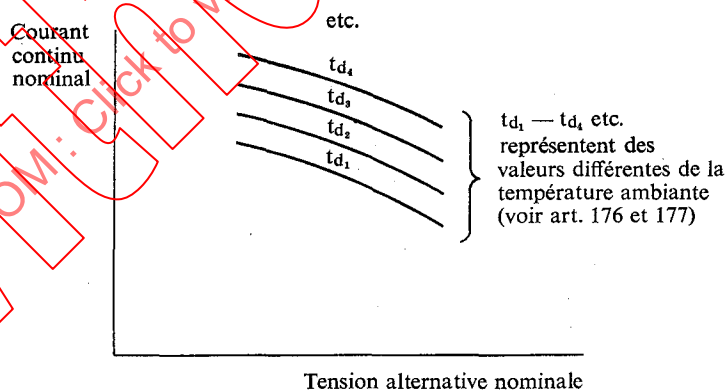


FIG. 4

- 222-7 *La durée de service nominale* doit être indiquée conformément à la définition et aux exigences de l'article 251.

223 Régimes nominaux des éléments constituant des montages redresseurs complets particuliers

Lorsque les régimes nominaux d'éléments spéciaux constituant des redresseurs complets sont donnés indépendamment de tout redresseur de référence, ils doivent l'être conformément au présent article:

222-4 *Rated a.c. voltage* shall be given as the r.m.s. value of the maximum continuously permissible phase-to-phase a.c. voltage (see Clause 252) to be applied to the reference rectifier stack at rated service.

The manufacturer shall also state the value of a.c. voltage (commencing a.c. voltage) below the rated a.c. voltage, at which a new stack gives rated d.c. voltage (see Clause 222-3). Rated a.c. voltage must not exceed the commencing a.c. voltage by more than 15%.

The following ranges for rated a.c. voltage of reference stacks are preferred:

18 — 20 V
25 — 27 V
32 — 36 V
40 — 45 V
more than 50 V

222-5 *Rated new stack temperature* is the stack temperature (Clause 132-7) measured according to Clause 352-8, which shall not be exceeded when a new stack is put into operation in its intended application.

Note: The rated new stack temperature is assigned by the manufacturer, taking into account rated service time (Clause 251), in order to make it possible for the purchaser to ensure that the stack is properly used (see Clause 337-1).

222-6 When different ratings are given for different ambient temperatures, they are preferably given according to Figure 4, under defined cooling conditions (see Clause 125).

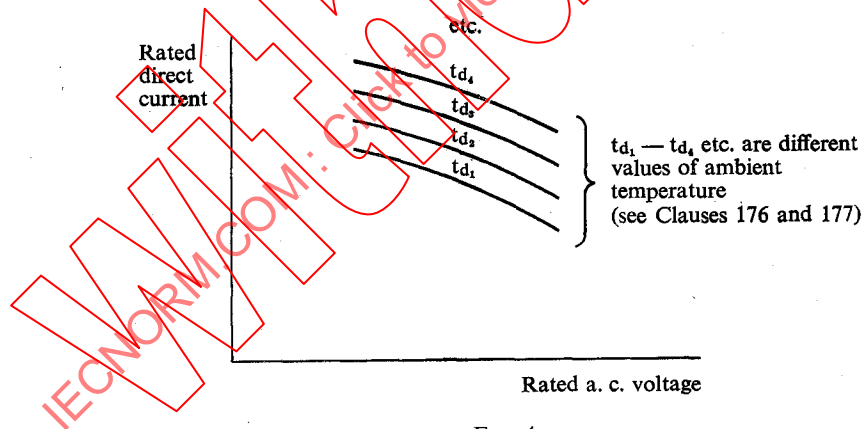


FIG. 4

222-7 *Rated service time* shall be given according to the definitions and requirements in Clause 251.

223 Ratings for stacks forming specific complete rectifier connections

When the ratings of specific rectifiers forming complete rectifier connections are given without regard to the reference rectifier stack, they shall be given in accordance with this clause.

- 223-1 *Les conditions de service nominales* des redresseurs spéciaux sont indiquées en supposant que les bornes à courant alternatif du redresseur sont reliées à une source de tensions sinusoïdales et symétriques au sens des articles 166 et 170, et comprennent les points suivants qui doivent être spécifiés:
- 223-11 Caractère de la charge. L'absence d'indication implique qu'il s'agit d'une charge sur résistance.
- 223-12 Mode de refroidissement correspondant aux régimes nominaux conformément aux articles 223-2 à 223-7.
- 223-13 Température ambiante pour les redresseurs à refroidissement naturel dans l'air.
- 223-14 Température du fluide de refroidissement s'il ne s'agit pas de refroidissement naturel dans l'air.
- 223-15 Facteurs de charge lorsqu'il ne s'agit pas d'un service continu de 24 heures par jour.
- 223-2 *Le courant continu nominal* est donné sous la forme de la valeur moyenne du courant aux bornes à courant continu.
- Des valeurs différentes du courant continu peuvent être indiquées pour divers facteurs de charge (voir art. 126).
- 223-3 *Tension continue nominale* (voir art. 222-3).
- 223-4 *La tension alternative nominale* est donnée sous la forme de la valeur efficace de la tension alternative maximum entre conducteurs de ligne (voir art. 252) admissible en service continu dans les conditions de service nominales.
- Le constructeur doit indiquer également la valeur de la tension alternative (tension alternative initiale) inférieure à la tension nominale, pour laquelle un élément neuf fournit sa tension continue nominale (voir art. 222-3). La tension alternative nominale ne doit pas excéder la tension alternative initiale de plus de 15%.
- 223-5 *Température nominale de l'élément neuf* (voir art. 222-5).
- 223-6 (Voir art. 222-6).
- 223-7 *La durée de service nominale* doit être indiquée conformément à la définition et aux exigences de l'article 251.

224 Régimes nominaux des éléments constituant des parties de redresseurs particuliers

Les régimes nominaux des éléments constituant des parties de redresseurs particuliers sont indiqués normalement sous la forme des régimes nominaux des redresseurs complets, et du nombre d'éléments constituant le redresseur complet.

225 Régimes nominaux des éléments constituant des valves particulières

Les régimes nominaux des éléments constituant des valves particulières peuvent être indiqués soit sous forme des régimes nominaux d'un redresseur déterminé pouvant être réalisé avec ces éléments, soit sous celle des régimes nominaux des éléments eux-mêmes, conformément au présent article.

223-1 *Rated service conditions* are given on the assumption that the a.c. terminals of the stack are connected to a sinusoidal and symmetrical voltage in accordance with Clauses 166 and 170, and comprise the following conditions, which shall be specified:

223-11 Character of load. Where this is not stated, resistive load is assumed.

223-12 Cooling method corresponding to ratings according to Clauses 223-2 to 223-7.

223-13 Ambient temperature for naturally air-cooled rectifiers.

223-14 Cooling-medium temperature if not natural air cooling.

223-15 Duty factors if not continuous service 24 hours a day.

223-2 *Rated direct current* shall be given as the average value of the current in the d.c. terminals.

Different values of rated direct current can be given for different duty factors (see Clause 126).

223-3 *Rated d.c. voltage* (see Clause 222-3).

223-4 *Rated a.c. voltage* shall be given as the r.m.s. value of the maximum continuously permissible phase-to-phase a.c. voltage (see Clause 252) to be applied to the stack at rated service.

The manufacturer shall also state the value of a.c. voltage (commencing a.c. voltage) below the rated a.c. voltage, at which a new stack gives rated d.c. voltage (See Clause 222-3). Rated alternating voltage must not exceed the commencing alternating voltage by more than 15%.

223-5 *Rated new stack temperature* (see Clause 222-5).

223-6 See Clause 222-6.

223-7 *Rated service time* shall be given in accordance with the definitions and requirements in Clause 251.

224 **Ratings for stacks forming parts of specific rectifier assemblies**

The ratings of stacks forming parts of specific rectifier assemblies are normally given as the ratings of the complete assemblies, with an indication of the number of stacks belonging to the complete rectifier.

225 **Ratings for stacks forming specific rectifying elements**

The ratings of stacks forming specific rectifying elements can either be given as the ratings of a specific rectifier assembly being built up by such elements, or as the ratings of the elements themselves, in accordance with this clause.

- 225-1 *Les conditions de service nominales* d'un élément constituant une valve comprennent les points suivants:
- 225-11 *Forme d'onde du courant.*
La forme d'onde est indiquée de préférence par référence à un mode de connexion spécifié avec lequel cette forme d'onde se produit, ou par le facteur de forme du courant dans l'élément.
- 225-12 *Mode de refroidissement* correspondant aux régimes nominaux conformément aux articles 225-2 à 225-7.
- 225-13 *Température ambiante* pour les éléments à refroidissement naturel dans l'air.
- 225-14 *Température du fluide de refroidissement* s'il ne s'agit pas du refroidissement naturel dans l'air.
- 225-15 *Facteurs de charge* lorsqu'il ne s'agit pas d'un service continu de 24 heures par jour.
- 225-2 *Le courant direct nominal* d'un élément constituant une valve est donné sous la forme du courant direct moyen (voir art. 131-3). Des valeurs différentes du courant direct nominal peuvent être indiquées pour divers facteurs de charge (voir art. 126).
- 225-3 *La tension inverse nominale* d'un élément constituant une valve est donnée sous la forme de la tension inverse de service maximum admissible en service continu conformément à l'article 131-7.
- 225-4 *La tension continue inverse nominale* est indiquée, sur demande, sous la forme de la tension inverse maximum continue ou pratiquement filtrée (voir art. 282-5) admissible en service continu.
- 225-5 *Température nominale de l'élément neuf* (voir art. 222-5).
- 225-6 Voir article 222-6.
- 225-7 *La durée de service nominale* doit être indiquée conformément à la définition et aux exigences de l'article 251.

230 Recommandations pour l'indication des courbes caractéristiques tension-courant et autres données

- 230-1 Toutes les données relatives aux éléments à semiconducteurs doivent s'entendre pour la température nominale d'un élément à l'état neuf.
- 230-2 Lorsque des courbes ou données caractéristiques sont indiquées, il doit être spécifié nettement à quelles valeurs des courants et des tensions dans le circuit elles se réfèrent, et quelle sorte de valeur est indiquée (valeur efficace, valeur moyenne, etc.).
- 230-3 Des courbes caractéristiques sont données de préférence pour les valves ou les cellules indépendantes d'un élément redresseur.
- 230-4 Il doit être indiqué clairement si une courbe caractéristique se rapporte à des valeurs stationnaires en courant continu, à des valeurs moyennes de fonctionnement en redresseur, ou à des valeurs instantanées de fonctionnement en redresseur.

Remarque: Dans la plupart des cas, les caractéristiques d'une valve valables pour des conditions stables en courant continu ne s'appliquent pas au fonctionnement en redresseur en raison des phénomènes physiques dynamiques dans les cellules.

- 225-1 *Rated service conditions* of a stack forming one rectifying element comprise the following conditions:
- 225-11 *Current waveshape.*
The waveshape can preferably be indicated by reference to the specified rectifier connection where this waveshape occurs, or by the form factor of the element current.
- 225-12 *Cooling method* corresponding to ratings according to Clauses 225-2 to 225-7.
- 225-13 *Ambient temperature* for naturally air-cooled stacks.
- 225-14 *Cooling medium temperature* if not natural air cooling.
- 225-15 *Duty factors* when not continuous service 24 hours a day.
- 225-2 *Rated forward current* of a stack forming one rectifying element shall be given as the average forward current (see Clause 131-3). Different values of rated forward current can be given for different duty factors (see Clause 126).
- 225-3 *Rated reverse voltage* of a stack forming one rectifying element shall be given as the maximum continuously permissible working reverse voltage (see Clause 131-4).
- 225-4 *Rated d.c. reverse voltage* shall be given when required (see Clause 282-5) as the maximum continuously permissible, practically smooth d.c. reverse voltage.
- 225-5 *Rated new stack temperature* (see Clause 222-5).
- 225-6 See Clause 222-6.
- 225-7 *Rated service time* shall be given in accordance with to the definitions and requirements in Clause 251.

230 Recommendations for giving voltage-current characteristic curves and data

- 230-1 All data given for semiconductor stacks shall refer to rated stack temperature for a new stack.
- 230-2 Where characteristic curves or data are given, it shall be clearly specified to which currents and voltages in the circuit they refer and what kind of values are given (r.m.s. value, average value, etc.).
- 230-3 Characteristic curves are preferably given for the rectifying elements or single cells of a rectifier stack.
- 230-4 It shall be clearly stated if a characteristic curve refers to stationary d.c. values, average values during rectifier operation, or instantaneous values during rectifier operation.

Remark: In most cases, characteristics of a rectifying element valid for stationary d.c. do not apply during rectifier operation because of dynamic physical phenomena in the cells.

- 230-5 A moins qu'il n'en soit spécifié autrement, les courbes caractéristiques pour le fonctionnement en redresseur sont supposées s'appliquer au fonctionnement en pont monophasé avec charge sur résistance.
- 230-6 Il est recommandé de tracer les courbes caractéristiques conformément à la figure 5.

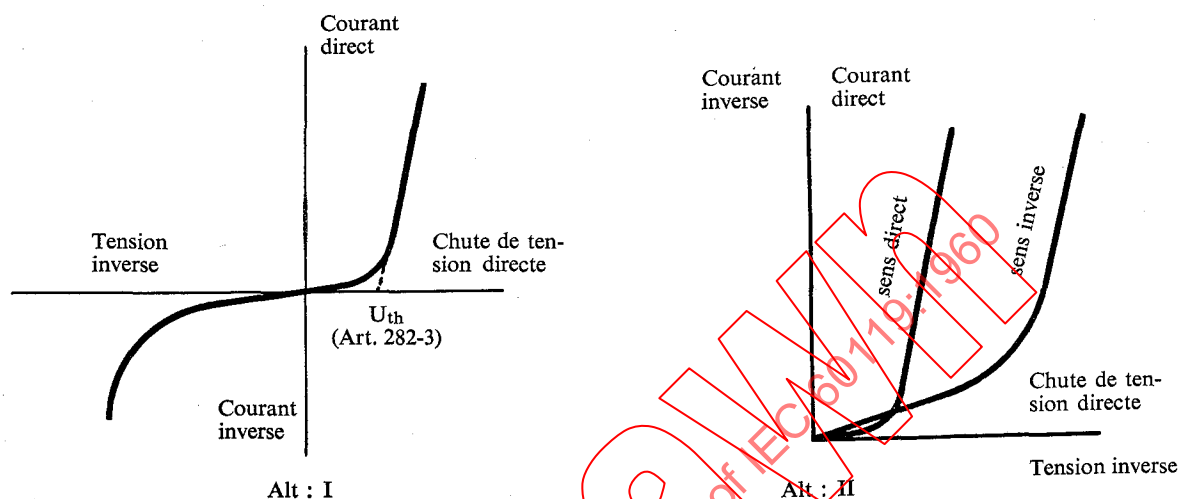


Fig. 5

240 Recommandations pour l'indication des pertes

- 240-1 Lorsque des valeurs de pertes sont indiquées, elles s'appliquent à un élément à l'état neuf.
- 240-2 Lorsque des valeurs de pertes sont indiquées, elles doivent être basées sur des conditions de service spécifiées. L'absence d'indication implique qu'elles s'entendent pour les conditions de service nominales.
- 240-3 Il doit être clairement spécifié si les pertes indiquées s'appliquent à une cellule, à un élément redresseur ou à toute autre configuration.
- 240-4 Lorsque des données générales sont fournies pour des éléments construits à partir de certains types de cellules (données pour les redresseurs de référence, voir art. 222), il est recommandé d'indiquer les pertes par cellule.

250 Conditions de fonctionnement

251 Durée de service nominale

- 251-1 La figure 6 représente en principe les variations de la tension alternative nécessaire et de la tension continue pendant une longue durée de fonctionnement.

Pendant la durée de service nominale, qui s'applique au service nominal et à un facteur de charge donné et qui comprend les temps de repos, la chute de tension directe augmente constamment. La tension continue est maintenue à sa valeur nominale en accroissant la tension alternative.

230-5 Unless otherwise specified, characteristic curves for rectifier operation are assumed to apply for single-phase bridge operation with resistive load.

230-6 It is recommended to draw the characteristic curves in accordance with Figure 5.

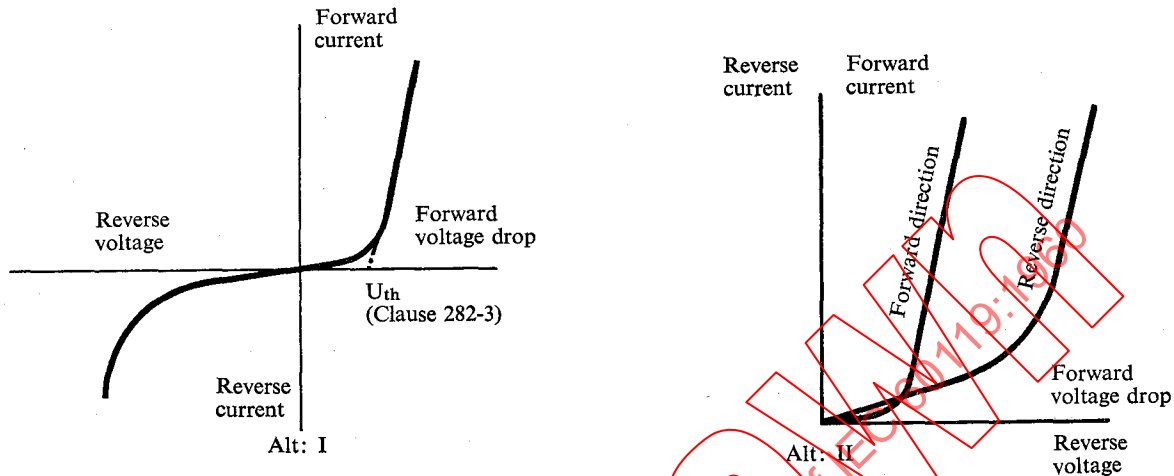


FIG. 5

240 Recommendations for giving power losses

240-1 When power losses are given, they shall apply to a new stack.

240-2 When power losses are given, they shall be based on specified service conditions. Where these are not indicated, rated service conditions are assumed.

240-3 It shall be clearly specified whether the losses given apply to a rectifier cell, rectifier stack or other configuration.

240-4 When giving universal data for stacks being built from certain cell types (data for reference rectifier stacks, see Clause 222), it is recommended to give the losses per cell.

250 Performance requirements

251 Rated service time

251-1 Figure 6 shows, in principle, the variations of the required a.c. voltage and the d.c. voltage during a long time of service.

During the rated service time, which applies for rated service (comprising a given duty factor) and includes the off time, the forward voltage drop is steadily increasing. The rated d.c. voltage is maintained by increasing the a.c. voltage.

A la fin de la durée de service nominale, la tension d'alimentation alternative nécessaire est égale à la tension alternative nominale et ne doit pas être augmentée davantage. Comme la chute de tension directe continue à augmenter, la tension continue nominale ne peut pas être obtenue plus longtemps.

La période de stockage avant la mise en fonctionnement du redresseur n'est pas comprise dans la durée de service nominale.

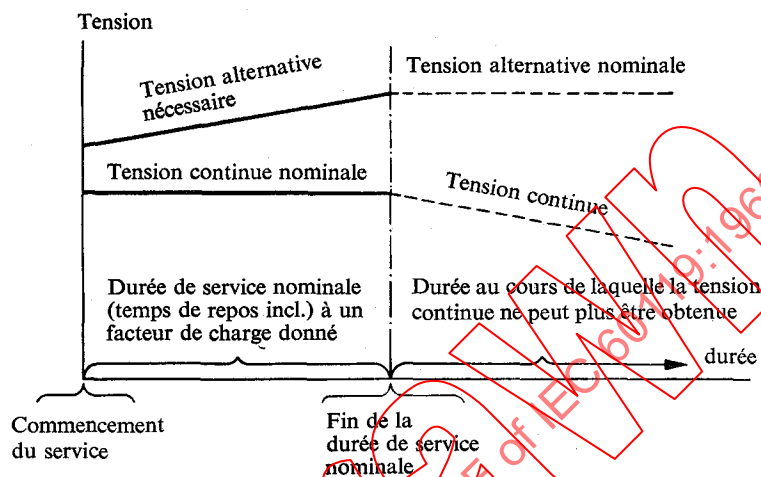


FIG. 6

251-2 Le constructeur doit, sur demande, fournir des renseignements basés sur des mesures au sujet de la manière dont les caractéristiques des éléments se modifient dans des conditions définies (de préférence celles du service nominal) pendant un temps donné. Il est recommandé de fournir ces renseignements comme indiqué dans la figure 6.

251-3 Lorsque ces renseignements sont basés sur les résultats d'essais accélérés, le constructeur doit indiquer comment ces résultats d'essais ont été recalculés pour s'appliquer aux conditions de service nominales.

Note: Dans les articles 222-3 et 223-3, il est prescrit que la tension continue nominale doit être indiquée avec une marge suffisante pour qu'elle puisse être obtenue pendant toute la durée de service nominale sans qu'il soit nécessaire de dépasser la tension alternative nominale.

251-4 Les valeurs recommandées de la durée de service nominale escomptée en service continu sans temps de repos sont les suivantes:

- 100 000 heures
- 50 000 heures
- 10 000 heures
- 1 000 heures

252 Tension inverse

252-1 Un élément doit pouvoir supporter, sans dommage ni modification permanente de ses caractéristiques, un fonctionnement à vide à 110% de sa tension alternative nominale ou de sa tension inverse nominale, respectivement, pendant des périodes de 5 minutes, ces périodes constituant une fraction négligeable du temps de fonctionnement.

At the end of rated service time, the a.c. voltage necessary is equal to the rated a.c. voltage and must not be increased further. As the forward voltage drop is steadily increasing, the rated d.c. voltage can no longer be obtained.

The storage period before the rectifier is put into operation is not included in the rated service time.

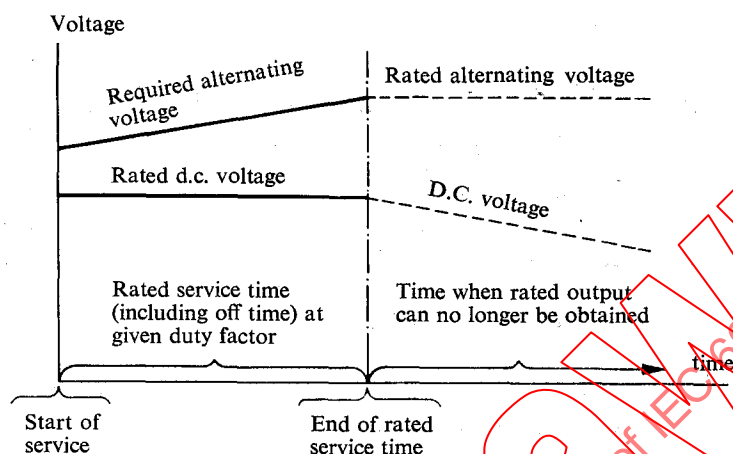


FIG. 6

251-2 The manufacturer shall, on request, give information based on measurements on how the characteristics of the stacks change under defined conditions (preferably rated service), in a given time. It is recommended that the information be given as indicated in Figure 6.

251-3 Where this information is based on accelerated tests, the manufacturer shall state how the test results have been recalculated to apply for rated service.

Note: In Clauses 222-3 and 223-3, it is prescribed that the rated d.c. voltage shall be given with such a margin that it is obtained during its entire rated service time without the rated a.c. voltage being exceeded.

251-4 The following values of expected rated service time at continuous service with no off periods are preferred:

- 100 000 hours
- 50 000 hours
- 10 000 hours
- 1 000 hours

252 Reverse voltage

252-1 A stack shall withstand, without damage or permanent change of its characteristics, operation at 110% of rated a.c. voltage or rated reverse voltage respectively at no load, for periods of 5 minutes, these periods being a negligible part of the service time.

- 252-2 Lorsqu'un élément étant resté longtemps hors service, ou ayant fonctionné longtemps à une basse tension, ne peut pas être alimenté directement à sa tension alternative nominale, ou à sa tension inverse nominale, respectivement, sans dommage ni modification permanente de ses caractéristiques, le constructeur doit indiquer le processus à suivre pour remettre l'élément en service (pour le reformer, voir art. 132-4).
- 252-3 Lorsque l'utilisation envisagée le nécessite, un élément redresseur doit pouvoir supporter l'application de sa tension continue nominale à ses bornes à courant continu, le circuit à courant alternatif étant interrompu (voir article 132-6 et 282-5).

253 Isolement

- 253-1 Les exigences relatives à l'isolement s'entendent pour l'isolement entre les cellules et leur tige, aussi bien qu'entre différents redresseurs assemblés dans le même élément.
- 253-2 A moins qu'il n'en soit spécifié autrement, l'isolation d'un redresseur à semiconducteurs doit pouvoir supporter l'application pendant une minute d'une tension d'essai alternative de fréquence comprise entre 15 et 100 Hz et dont la valeur efficace est donnée par la formule:

$$2 \times \frac{U_p}{\sqrt{2}} + 1\,000 \text{ V}$$

avec un minimum de 2 000 V. U_p est la valeur de crête de la tension la plus élevée pouvant survenir entre les bornes du redresseur au service nominal.

- 253-3 Lorsque $\frac{U_p}{\sqrt{2}}$ ne dépasse pas 90 V, on peut appliquer une tension d'essai inférieure à celle prescrite à l'article 253-2, pourvu que ceci soit clairement indiqué par le constructeur.

260 Indications à porter sur les appareils

- 260-1 Les éléments redresseurs ou assemblages d'éléments doivent porter normalement les indications suivantes en caractères lisibles et durables:
- 260-11 Nom ou marque de fabrique du constructeur.
- 260-12 Date de fabrication (peut être indiquée par année et trimestre).
- 260-13 Désignation de code (voir art. 270).
- 260-2 Les éléments destinés uniquement à être incorporés dans des appareils spéciaux ou destinés à des applications spéciales, pour lesquelles aucune erreur n'est possible, peuvent être marqués suivant la désignation d'identification propre au constructeur, au lieu de la désignation de code.
- 260-3 Les éléments montés dans des coffrets ou armoires de redresseurs par le constructeur ne nécessitent pas d'autre marque que celle de la date de fabrication lorsque ces coffrets ou armoires sont marqués conformément à l'article 340.
- 260-4 Les symboles ou couleurs suivants sont recommandés pour le repérage des bornes des éléments:

Borne	Symbole	Couleur
Côté alternatif	~	jaune
Côté continu:		
Borne positive	+	rouge
Borne négative	—	bleu

252-2 When a stack, having been out of service, or having been in service at low voltage, cannot be directly connected to its rated a.c. voltage or rated reverse voltage, respectively, without damage or permanent change in its characteristics, the manufacturer shall, when required, state what procedure is to be followed to bring the stack into service again (to re-form the stack, see Clause 132-4).

252-3 A rectifier stack shall, when required by application, continuously withstand its rated d.c. voltage applied to the d.c. terminals when the a.c. circuit is interrupted (see Clauses 132-6 and 282-5).

253 Insulation

253-1 The requirements on insulation concern the insulation between the cells and the spindle, as well as the insulation between different insulated parts of the same stack.

253-2 The insulation of a semiconductor stack shall, unless otherwise specified, withstand during one minute an a.c. test voltage having a frequency in the range of 15-100 Hz (c/s), and an r.m.s. voltage determined by the formula:

$$2 \times \frac{U_p}{\sqrt{2}} + 1\,000 \text{ V}$$

with a minimum of 2 000 V. U_p is the peak value of the highest voltage which occurs between two terminals of the stack at rated service.

253-3 Where $\frac{U_p}{\sqrt{2}}$ is not higher than 90V, insulation for a lower test voltage than according to Clause 253-2 may be applied, when it is clearly stated by the manufacturer.

260 Markings

260-1 Stacks or stack assemblies shall normally be marked with the following indications in clear and durable signs:

260-11 Manufacturer's name or trade mark.

260-12 Date of manufacture (can be given by quarter and year).

260-13 Code designation (see Clause 270).

260-2 Stacks which are designed only for being built into specific apparatus or for other specific applications where no mistake is possible, may be marked with the manufacturer's own identification designation instead of the code designation.

260-3 Stacks which are built into rectifier cubicles by the manufacturer, and where these cubicles are marked in accordance with Clause 340, need no other markings than manufacturing date.

260-4 As terminal markings of stacks, the following symbols or colours are recommended:

Terminal	Symbol	Colour
A.C.	~	yellow
D.C. positive	+	red
D.C. negative	—	blue

- 260-5 Lorsque cela est possible, le sens direct des éléments constituant des valves doit être indiqué par une flèche (par exemple, sur les éléments en forme de tige).
- 260-6 Lorsqu'il est impossible de porter aucune indication sur les éléments, ces indications doivent figurer sur les emballages dans lesquels sont fournis les éléments.

270 Code de désignation des éléments

271 Définitions

271-1 Code de structure

Code donnant la structure d'un élément relativement au mode de connexion et au nombre de cellules en série et en parallèle par bras.

271-2 Code de spécification

Code donnant les régimes nominaux d'un élément.

271-3 Code du constructeur

Code spécifié par le constructeur en vue de fournir des renseignements qui ne sont pas compris dans le code de structure des présentes recommandations, par exemple régimes nominaux, finis, etc.

- 272 Le code de structure mentionné dans ce chapitre est recommandé pour la désignation des éléments quelle que soit leur application.

273 Description du code

- 273-1 Le code est constitué par des lettres et des chiffres formant un ensemble de 10 signes. Les 5 derniers signes constituent le code de structure conforme aux présentes recommandations et les 5 premiers autres signes sont à la disposition du constructeur pour lui permettre de donner suivant son code propre d'autres indications ne figurant pas dans le code de structure.

x x x x x

Code du constructeur

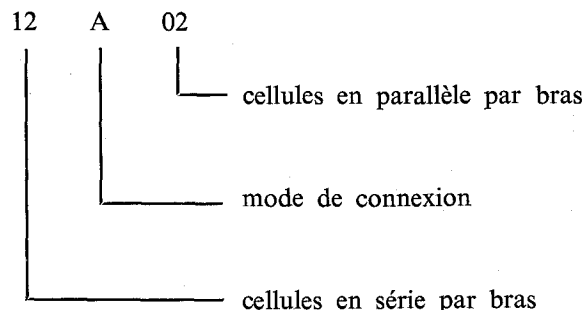
x x x x x

Code de structure

- 273-2 Les deux premiers signes du code de structure sont normalement des chiffres indiquant le nombre de cellules en série par bras, y compris le chiffre 0 pour les nombres inférieurs à 10. Le troisième signe est normalement une lettre indiquant le mode de connexion de l'élément conformément à l'article 273-3. Les quatrième et cinquième signes sont normalement des chiffres indiquant le nombre de cellules en parallèle. Lorsqu'un des ces nombres nécessite 3 chiffres, la lettre est déplacée d'une position vers la gauche ou vers la droite.

Exemple 1:

x x x x x



Exemple 2:

x x x x x

123 A 1

- 260-5 Where suitable, the forward direction of stacks forming rectifying elements shall be indicated by an arrow (e.g. on rod-shaped stacks).
- 260-6 If it is impractical to make any marking on the stacks, the markings must be made on the packets in which the stacks are delivered.

270 Code designation of stacks

271 Definitions

271-1 Structure code

A code giving the structure of a stack with regard to connection and number of cells in series and parallel per arm.

271-2 Rating code

A code giving ratings of a stack.

271-3 Manufacturer's code

A code specified by the manufacturer to give such information which is not included in the structure code of these recommendations, e.g. ratings, finish, etc.

- 272 The structure code in this chapter is recommended for designating stacks regardless of their application.

273 Description of the code

- 273-1 The code consists of letters and figures in 10 positions, where the last 5 positions are the structure code according to these recommendations and the first 5 positions are the manufacturer's own code for other indications not given in the structure code, e.g. ratings, brackets, finish, etc.

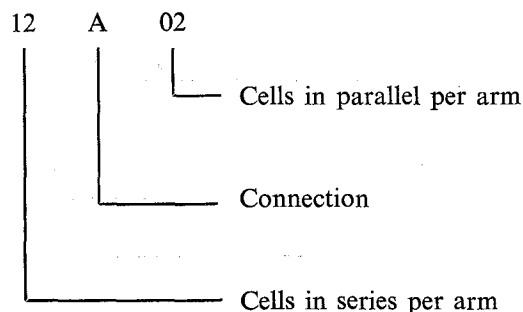
X X X X X
 Manufacturer's Code

X X X X X
 Structure Code

- 273-2 The first two positions of the structure code should normally be figures indicating the number of cells in series per arm, including 0 for numbers below 10. The third position shall normally be a letter indicating the stack connection in accordance with to Clause 273-3. The fourth and fifth positions shall normally be figures indicating the number of cells in parallel. When one of these numbers needs 3 positions, the letter is moved one step to the right or left.

Example 1:

X X X X X



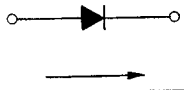
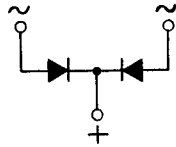
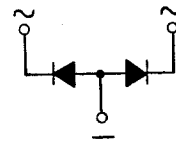
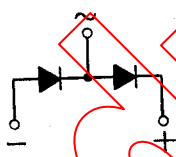
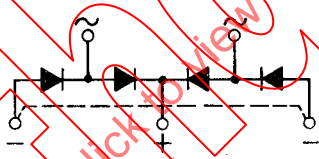
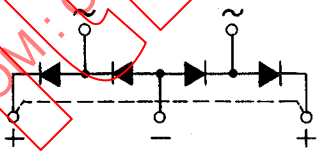
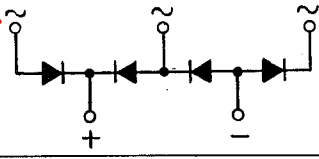
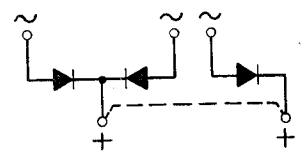
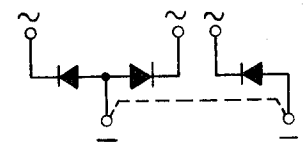
Example 2:

X X X X X

123 A 1

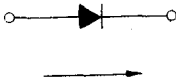
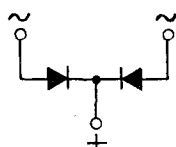
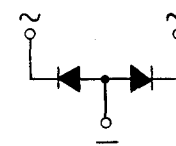
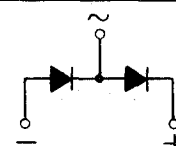
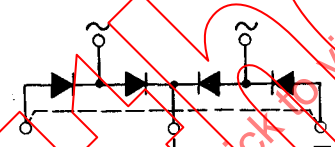
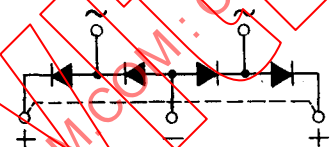
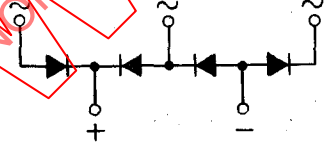
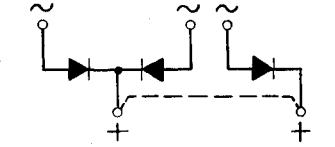
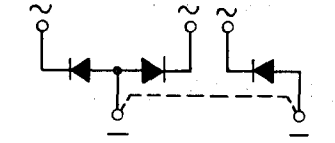
273-3 Le code littéral figurant au tableau ci-après doit être employé pour désigner le mode de connexion.

Note: Comme ces désignations ne se réfèrent qu'à la structure des éléments, les connexions auxquelles elles correspondent peuvent être utilisées dans divers buts. Les connexions *F* et *S* peuvent être utilisées avec ou sans transformateur interphase (bobine d'absorption). Plusieurs éléments peuvent être combinés pour constituer un autre mode de connexion; par exemple deux éléments *D* peuvent être utilisés pour former un pont monophasé.

	Connexion	Désignation	Lettre de code
1		1 alternance	A
2		Prise médiane, positive	C
3		Prise médiane, négative	N
4		Doubleur de tension	D
5		Pont monophasé, négatif extérieur	B
6		Pont monophasé, positif extérieur	P
7		Pont monophasé, ouvert	H
8		Etoile triphasé, positif commun	E
9		Etoile triphasé, négatif commun	Y

273-3 Code letters in accordance with the following table shall be used for designating the stack connection.

Note: As these designations only refer to the structure of stacks, these connections can be used for several purposes. The connections *F* and *S* can be used with or without interphase transformer. More stacks can be combined to form another connection, e.g. two *D* stacks can be used to make a single-phase bridge.

Item	Connection	Name	Code Letter
1		Half-wave	A
2		Centre-tap, positive	C
3		Centre-tap, negative	N
4		Voltage doubler	D
5		Single-phase bridge, negative outer	B
6		Single-phase bridge, positive outer	P
7		Open bridge, single-phase	H
8		Three-phase star, common positive	E
9		Three-phase star, common negative	Y

	Connexion	Désignation	Lettre de code
10		Etoile hexaphasé, positif commun	F
11		Etoile hexaphasé, négatif commun	S
12		Pont triphasé	G
13		Pont triphasé, ouvert	K

273-4 Le code propre au constructeur doit toujours se terminer par une lettre, puisque le code de structure commence toujours par un chiffre.

280 Essais

281 Généralités

281-1 Les essais des éléments sont divisés en *essais de type* (art. 282) et en *essais individuels* (art. 283).

281-2 Lorsqu'il en est convenu ainsi à la commande, l'acheteur peut obtenir des rapports certifiés d'essais de type et d'essais individuels.

281-3 L'acheteur peut assister aux essais lorsqu'il en est convenu ainsi à la commande.

282 Essais de type

282-1 Les essais de type peuvent être effectués à l'origine pour vérifier si un élément à semiconducteurs satisfera aux exigences de la spécification. Quelques uns d'entre eux, ou tous ces essais, peuvent être répétés de temps à autre sur des échantillons prélevés dans la fabrication courante ou dans une fourniture, pour confirmer que la qualité du produit satisfait toujours aux exigences de la spécification.

Des défaillances au cours de ces derniers essais peuvent révéler des défauts qui ne s'étaient pas manifestés lors des premiers essais, ou mettre en évidence une diminution de la qualité au cours de la période de production.

La manière de prélever les échantillons doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le constructeur.

Item	Connection	Name	Code Letter
10		Six-phase star, common positive	F
11		Six-phase star, common negative	S
12		Three-phase bridge	G
13		Open bridge, three-phase	K

273-4 The manufacturer's code shall always end with a letter, as the next position is the first figure of the structure code.

280 Tests

281 General

281-1 Tests on stacks are divided into *type tests* (Clause 282) and *routine tests* (Clause 283).

281-2 When so agreed in the contract, the purchaser may have certified test reports of type tests and routine tests.

281-3 When so agreed in the contract, the purchaser may witness tests.

282 Type tests

282-1 Type tests may originally be carried out to discover if a semiconductor stack will meet the requirements of the specification. Some or all of these tests may be repeated from time to time, on samples drawn from current production or deliveries, to confirm that the quality of the product is still to the requirements of the specification.

Failure in the latter tests may show defects not apparent in the original tests, or may indicate deterioration of quality during the production period.

The sampling schemes should be subject to agreement between manufacturer and purchaser.

282-2 Les essais de type comprennent les points suivants:

282-21 Mesure de la chute de tension directe.

282-22 Mesure du courant inverse à la tension inverse nominale.

282-23 Mesure des pertes.

282-24 Mesure de l'effet de glissement positif à la tension continue inverse nominale.

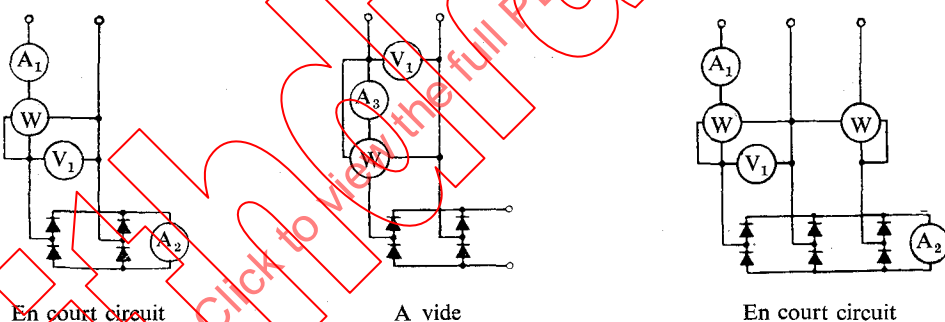
282-25 Essai d'isolement.

282-3 Les pertes, la chute de tension directe et le courant inverse doivent être mesurés en utilisant de préférence le même montage. A moins qu'il n'en soit spécifié autrement, ces mesures doivent être effectuées pour la tension continue nominale ainsi que pour le courant continu nominal.

La mesure doit être effectuée, si c'est pratiquement possible, à la température nominale de l'élément. Si ce n'est pas possible, les mesures peuvent être faites lorsque l'élément a atteint des conditions de température pratiquement stationnaires avec le mode de refroidissement spécifié et avec les températures existantes de l'air ambiant ou de fluide de refroidissement, ou immédiatement après. Les valeurs ainsi mesurées sont ramenées par le calcul à la température nominale de l'élément.

282-31 La méthode la plus simple est un essai en court-circuit et à vide dans lequel les valeurs des pertes sont calculées en partant des valeurs mesurées.

Le redresseur est relié aux appareils conformément à la figure 7.



- A_1 = Ampèremètre indicateur de valeur efficace
 A_2 = Ampèremètre à cadre mobile (faible chute de tension)
 A_3 = Ampèremètre à cadre mobile avec redresseur pour la mesure du courant moyen inverse
 V_1 = Voltmètre de valeur efficace
 W = Wattmètre électrodynamique.

FIG. 7

L'essai en court-circuit donne les pertes directes et la chute de tension directe. L'essai à vide donne les pertes inverses et le courant inverse.

Comme la forme d'onde du courant direct diffère de celle dans le fonctionnement réel, la valeur mesurée des pertes directes doit être corrigée suivant la formule ci-dessous:

$P_1 = C_w P$ dans laquelle:

P_1 = Valeur réelle des pertes directes

P = Valeur mesurée des pertes directes

$$C_w = \frac{2n U_{th} \cdot I_{d1}}{P} \left[1 - \left(\frac{I_{L1}}{I_L} \right)^2 \right] + \left(\frac{I_{L1}}{I_L} \right)^2 \quad \text{où}$$

- 282-2 The type tests comprise the following items:
- 282-21 Measuring forward voltage drop.
- 282-22 Measuring reverse current at rated reverse voltage.
- 282-23 Measuring the power losses.
- 282-24 Measuring the positive creep effect at rated d.c. reverse voltage.
- 282-25 Insulation test.
- 282-3 Power losses, forward voltage drop and reverse current are preferably measured with the same arrangement. Unless otherwise specified those measurements shall be carried out for rated d.c. voltage and direct current.

The measurement shall, if practically possible, be carried out at rated stack temperature. If this is not practically possible, the measurements may be carried out when, or immediately after, the stack has reached practically stationary temperature conditions with the rated cooling method and the ambient temperature or incoming cooling medium temperature available. Values so obtained shall be recalculated to rated stack temperature.

- 282-31 The simplest method is a short-circuit and open-circuit test, where the loss values are calculated from the measured values.

The rectifier is connected to the instruments in accordance with Figure 7.

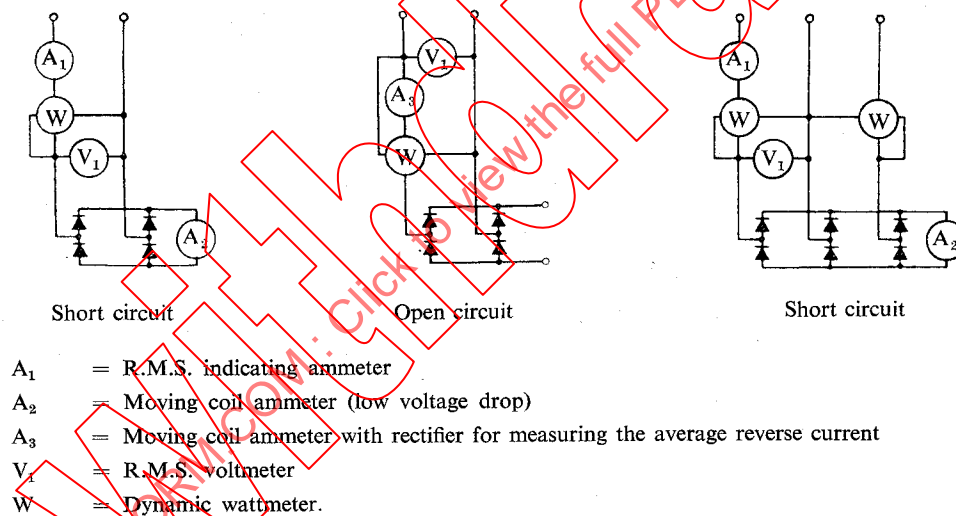


FIG. 7

The short-circuit test gives the forward power losses and forward voltage drop. The open circuit test gives the reverse power losses and reverse current.

As the waveshape of the forward current is different from that in real service, the measured value of forward power losses has to be corrected according to the following formula:

$$P_1 = C_w P \text{ where:}$$

$$P_1 = \text{Real value of forward power losses}$$

$$P = \text{Measured value of forward power losses}$$

$$C_w = \frac{2n U_{th} \cdot I_{d1}}{P} \left[1 - \left(\frac{I_{L1}}{I_L} \right)^2 \right] + \left(\frac{I_{L1}}{I_L} \right)^2 \text{ where:}$$

- n = nombre de cellules en série par bras
 U_{th} = tension de seuil des cellules (voir ci-dessous)
 I_{d1} = courant continu nominal
 I_{L1} = valeur efficace du courant alternatif en service nominal (voir art. 135-3)
 I_L = valeur efficace du courant alternatif dans le circuit de mesure.

La tension de seuil U_{th} est la tension qui doit être surmontée avant qu'un courant appréciable s'écoule dans le sens direct. Elle n'a besoin d'être connue qu'avec une précision de $\pm 20\%$ pour le calcul du facteur de correction. Voir aussi figure 5.

La chute de tension directe est mesurée pendant l'essai en court-circuit au moyen du voltmètre V_1 .

Comme ce voltmètre V_1 indique la valeur efficace, la chute de tension directe moyenne s'obtient en divisant la tension par 2,22 pour les couplages monophasés ainsi que pour les couplages en pont triphasé.

Si on le désire, les pertes directes dans le couplage monophasé peuvent être mesurées avec du courant sinusoïdal en montant une résistance en série sur le côté alternatif du schéma représenté à gauche de la figure 7. Cette résistance doit absorber une tension égale à 5 fois environ la chute de tension dans l'élément redresseur. Lorsqu'il est fait usage d'une telle résistance, la tension mesurée par le voltmètre V_1 n'est plus sinusoïdale, et la valeur moyenne vraie ne peut être obtenue qu'en utilisant un appareil indiquant la valeur moyenne.

Le milliampèremètre A_3 indique le double du courant inverse moyen. Comme la forme d'onde peut varier, un appareil à cadre mobile avec redresseur doit être utilisé pour obtenir la valeur moyenne.

Note: Dans cette mesure, la composante capacitive du courant est incluse. Cette composante peut considérablement influencer la valeur mesurée et a moins d'importance que la composante ohmique du courant inverse.

Quand on utilise la méthode des essais à vide et en court-circuit, des erreurs peuvent se produire en raison de l'influence de la tension inverse sur la chute de tension directe et du courant direct sur le courant inverse. On peut tenir compte de ces erreurs en utilisant 2 facteurs de correction, l'un (c_d) pour l'erreur dynamique directe et l'autre (c_i) pour l'erreur dynamique inverse.

Ces facteurs de correction dynamique doivent être déterminés par le constructeur (voir art. 282-32) pour ses fabrications et utilisés par lui lorsqu'il donne des valeurs de pertes.

282-32 Pour des mesures plus précises, il est recommandé d'utiliser une méthode qui tienne compte de l'erreur dynamique. Une telle méthode doit être utilisée pour déterminer les facteurs de correction dynamiques. On peut utiliser l'une des méthodes suivantes:

282-321 Une méthode qui mesure les pertes directes et inverses alors que le redresseur est chargé dans les mêmes conditions qu'en service normal.

L'élément à mesurer est monté dans un circuit dans lequel il a alternativement, avec une fréquence comprise dans le domaine des présentes recommandations (art. 105), à supporter son courant direct et à résister à sa tension inverse. Un tel circuit peut être un montage en redresseur ou un circuit synthétique.

Les mesures sont faites au moyen d'appareils ne répondant qu'au courant ou à la tension dans la direction à mesurer. Un tel appareil peut être obtenu en montant un appareil normal avec un élément redresseur en série et un autre en « by-pass » conformément à la figure 8.

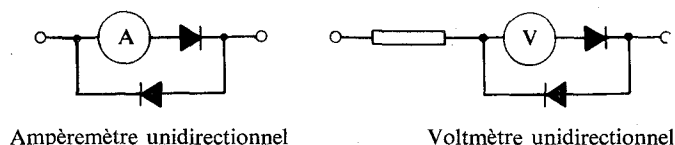


FIG. 8

- n = number of cells in series per arm
 U_{th} = threshold voltage of the cells (see below)
 I_{d1} = rated direct current
 I_{L1} = r.m.s. value of alternating current at rated service (see Clause 135-3)
 I_L = r.m.s. value of alternating current on the measuring connection.

The threshold voltage U_{th} is the voltage which has to be overcome before any appreciable current will flow in the forward direction. It only needs to be known with $\pm 20\%$ accuracy for the calculation of the correction factor. See also Figure 5.

The forward voltage drop is measured during the short-circuit test with the voltmeter V_1 .

As the voltmeter V_1 indicates the r.m.s. value, the average forward voltage drop is obtained by dividing the indicated voltage by 2.22 for both the single-phase and the three-phase bridge connections.

When desirable, the forward power losses in single-phase connection can be measured with sinusoidal current by connecting a resistor in series on the a.c. side of the connection shown in Figure 7, left. The resistor shall absorb a voltage about 5 times the voltage drop of the stack. When such a resistor is used, the voltage measured by the voltmeter V_1 is no longer sinusoidal and the true average value can only be obtained by using an instrument indicating average value.

The milliammeter A_3 indicates twice the average reverse current. As the waveshape can vary, a moving coil instrument with a rectifier must be used to get the average value.

Note: In this measurement the capacitive current component is included. This component might influence the measured value considerably and is less significant than the ohmic component of the reverse current.

When using short-circuit and open-circuit tests, errors may arise due to the effect of reverse voltage on the forward voltage drop and of the forward current on the reverse current. These errors may be taken into account by using two correction factors, one (c_f) for the forward dynamic error, and the other (c_r) for the reverse dynamic error. These dynamic correction factors shall be determined by the manufacturer (see Clause 282-32) for his product and will be used by him in giving values.

- 282-32 For more accurate measurements, a method which takes into account the dynamic error is recommended. Such a method has to be used to determine the dynamic correction factors. The following methods are to be used:
- 282-321 A method which measures the forward and reverse losses while the rectifier is stressed as under normal service conditions.

The stack to be measured is connected into a circuit where it has to carry forward current and withstand reverse voltage alternatively with a frequency within the range on these recommendations (Clause 105). Such a circuit may be a rectifier connection or a synthetic circuit.

The measurements can be carried out by means of instruments responsive only to current or voltage in the direction to be measured. Such an instrument can be obtained by connecting a normal instrument together with one series and one by-pass rectifying element as shown in Figure 8.

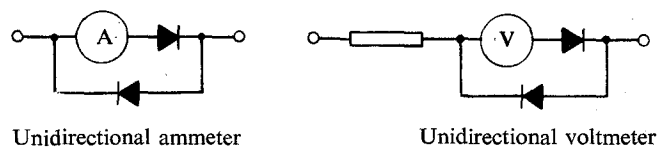


FIG. 8

La chute de tension et le courant inverse des cellules redresseuses ne doivent pas introduire des erreurs appréciables.

Lorsque le courant inverse est mesuré avec un appareil unidirectionnel, la composante capacitive peut causer des erreurs appréciables. Pour cet usage, un interrupteur synchrone qui fonctionne en synchronisme avec la tension inverse donne des résultats plus corrects.

Une précision plus élevée que celle qui peut être obtenue par des appareils montés comme ci-dessus peut être atteinte au moyen d'appareils de mesure électroniques prévus spécialement pour cet usage.

Comme les valeurs qui doivent être indiquées pour la chute de tension directe et le courant inverse sont des valeurs moyennes, les appareils à utiliser pour ces mesures doivent être du type à cadre mobile.

- 282-322 Les pertes doivent être déterminées en mesurant au wattmètre la puissance absorbée et la puissance fournie par le redresseur fonctionnant à son service nominal.

Les facteurs de correction sont obtenus de la manière suivante:

$$\text{Facteur de correction} = \frac{\text{Valeur mesurée dynamiquement}}{\text{Valeur mesurée non dynamiquement}}$$

Les valeurs mesurées sont, s'il est nécessaire, recalculées pour pouvoir s'appliquer à un redresseur de référence, à une valve à une seule cellule, ou à toute autre configuration de cellules pour laquelle les pertes doivent être données (voir les articles 131-4, 131-6 et 230).

- 282-4 La chute de tension des valves destinées à être utilisées dans des circuits à courant continu purs est mesurée dans le sens direct au moyen de courant continu ayant un rapport d'ondulation ne dépassant pas 5% (voir art. 133-2).

- 282-5 L'effet de glissement positif et le courant inverse dans le fonctionnement en courant continu sont mesurés en reliant les bornes à courant continu de l'élément à une source de courant continu fournissant une tension dont le rapport d'ondulation efficace ne dépasse pas 5% (voir art. 132-6). L'élément doit être à sa température nominale au moment où la tension continue est appliquée. La tension doit être égale à la tension continue inverse nominale de l'élément, et le courant continu inverse est mesuré pendant une heure, au cours de laquelle il doit avoir atteint une valeur stable ou commencé à décroître.

- 282-6 L'isolement est vérifié à la tension d'essai spécifiée pendant une minute.

Toutes les bornes appartenant à un même élément doivent être reliées ensemble, et la tension d'essai est appliquée entre les bornes et la tige, ainsi qu'entre les différents éléments, s'il y a plusieurs éléments montés sur la même tige.

283 Essais individuels

- 283-1 Les essais individuels effectués par le constructeur constituent une partie des mesures prises par celui-ci en vue de s'assurer que les propriétés de son produit correspondent bien à celles mesurées lors des essais de réception de type conformément à l'article 282.

- 283-2 Il est recommandé aux constructeurs d'effectuer au moins les essais suivants:

- 283-21 Examen mécanique.

- 283-22 Mesure de la chute de tension directe.

- 283-23 Mesure du courant inverse.

- 283-24 Essais d'isolement (peuvent être plus courts qu'une minute).

- 283-3 Les essais individuels doivent être faits en utilisant des méthodes reconnues comme ayant une corrélation satisfaisante avec celles utilisées pour les essais de type.

The voltage drop and the reverse current of the rectifier cells should not introduce appreciable errors.

When measuring the reverse current with a unidirectional instrument, the capacitive component might cause appreciable errors. For this purpose a synchronous switch operating synchronously with the reverse voltage will give more correct results.

Higher accuracy than can be obtained by instruments arranged as above, can be obtained by electronic measuring devices properly designed for the purpose.

As the values to be given for forward voltage drop and reverse current are average values, the instrument for these measurements should be of the moving coil type.

- 282-322 The power losses can be measured by measuring with a wattmeter the input and output power of a rectifier at rated service.

The correction factors are obtained in the following way:

$$\text{correction factor} = \frac{\text{value measured dynamically}}{\text{value measured not dynamically}}$$

The values measured are, when necessary, recalculated to apply for a reference rectifier stack, single-cell rectifying element, or other configuration for which the losses are to be given (see Clauses 131-4, 131-6 and 230).

- 282-4 The voltage drop of rectifier stacks to be used in pure d.c. circuits is measured with a direct current in the forward direction, having a ripple ratio (see Clause 133-2) not above 5%.

- 282-5 The positive creep effect and the reverse current in d.c. service, are measured by connecting the d.c. terminals of the stack to a d.c. source having an r.m.s. ripple voltage ratio not above 5% (see Clause 132-6). The temperature of the stack shall be the rated stack temperature at the moment when the d.c. voltage is applied. The voltage shall be the rated d.c. reverse voltage of the stack, and the direct reverse current is measured during one hour, during which it shall have reached a stable value or have started to decrease.

- 282-6 The insulation is tested with the test voltage specified, applied for one minute.

All terminals belonging to the same rectifier stack are connected together, and the test voltage is applied between the terminals and the spindle. The test voltage is also applied between the different stacks, if there is more than one stack on the same spindle.

283 Routine tests

- 283-1 The manufacturer's routine tests form part of the manufacturer's measures to ensure that the properties of his products will correspond to those measured at the type tests according to Clause 282.

- 283-2 Manufacturers are recommended to include at least the following tests:

- 283-21 Mechanical inspection.

- 283-22 Measurements of forward voltage drop.

- 283-23 Measurement of reverse current.

- 283-24 Insulation tests (may be shorter than one minute).

- 283-3 The routine tests shall be made with methods which are shown to have good correlation with the type test methods.

- 283-4 L'essai individuel pour la mesure de la chute de tension directe et du courant inverse est une méthode en court-circuit et à vide telle que celle décrite à l'article 282-31. La même méthode doit être utilisée pour calculer les pertes à partir des lectures du wattmètre.

Des erreurs peuvent se produire en raison de l'effet de la tension inverse sur la chute de tension directe et du courant direct sur le courant inverse. Il est possible de tenir compte de ces erreurs en utilisant 2 facteurs de correction, l'un (c_d) pour l'erreur dynamique directe, et l'autre (c_i) pour l'erreur dynamique inverse. Ces facteurs de correction dynamique doivent être déterminés par le constructeur (voir art. 282-32) pour ses fabrications et utilisés par lui lorsqu'il donne des valeurs de pertes.

300 GROUPE REDRESSEUR

310 Recommandations pour l'indication des régimes nominaux

- 310-1 Tous les régimes nominaux doivent être basés sur l'utilisation de la prise principale (ou des prises principales) du transformateur principal — c'est-à-dire de la (ou des) prise(s) spécifiée(s) pour l'utilisation au service nominal d'un groupe redresseur à l'état neuf.

311 Conditions de service nominales

- 311-1 Les conditions suivantes sont comprises:

- 311-11 Type de la charge.
- 311-12 Nature du service (par exemple: facteur de charge ou utilisation spéciale).
- 311-13 Température ambiante.
- 311-14 Température du fluide de refroidissement à l'entrée.

- 311-2 Le service d'un groupe redresseur est donné sous l'une des formes suivantes:

- 311-21 Service continu.
- 311-22 Facteur de marche en pour cent.
- 311-23 Facteur d'utilisation en pour cent.
- 311-24 Durée de marche en charge lorsque le groupe est prévu pour un service temporaire.
- 311-25 Description du service que devra assurer le groupe, par exemple, alimentation de contacteurs ou méthode de charge de la batterie.

312 Courant continu nominal

Le courant continu nominal est la valeur moyenne arithmétique du courant aux bornes à courant continu.

- 312-1 Les valeurs préférentielles en ampères sont:

0,1	0,16	0,25	0,4	0,63
1,0	1,6	2,5	4,0	6,3
10	16	25	40	63
100	160	250	400	630
1 000	1 600	2 500	4 000	6 300

(Voir la Publication 59 de la C.E.I. et la Recommandation R 3 de l'ISO).

313 Tension continue nominale

- 313-1 La tension continue nominale est donnée sous la forme de la valeur moyenne arithmétique de la tension entre les bornes à courant continu au service nominal. (C'est-à-dire dans les conditions de service nominales et au courant continu nominal, voir art. 135-2 et 135-3).

- 283-4 The routine test for measurement of forward voltage drop and reverse current, shall be a short-circuit and an open-circuit method as described in Clause 282-31. The same method for calculating the losses from the wattmeter readings shall be used.

Errors may arise due to the effect of the reverse voltage on the forward voltage drop, or of the forward current on the reverse current. These errors may be taken into account by using two correction factors, one (c_f) for the forward dynamic error, and the other (c_r) for the reverse dynamic error. These dynamic correction factors shall be determined by the manufacturer for his product (see Clause 282-32) and will be used by him in giving values.

300 RECTIFIER EQUIPMENT

310 Recommendations for giving ratings

- 310-1 All ratings shall be based on the principal tap (taps) (i.e. the specified tap (taps) to be used at rated service of a new rectifier equipment) of the main transformer being used.

311 Rated service conditions

- 311-1 The following conditions are comprised:

311-11 Type of load.

311-12 Duty (e.g. duty factor or special use).

311-13 Ambient temperature.

311-14 Incoming cooling medium temperature.

- 311-2 The duty of a rectifier equipment is given in one of the following ways:

311-21 Continuous duty.

311-22 The intermittence factor as a percentage.

311-23 The utilization factor as a percentage.

311-24 The load time when the equipment is rated for short-time load.

311-25 Description of the service of the equipment e.g. contactor supply or method of battery charging.

312 Rated direct current

Rated direct current shall be given as the arithmetic mean value of the current in the d.c. terminals.

- 312-1 Preferred ratings in amperes are:

0.1	0.16	0.25	0.4	0.63
1.0	1.6	2.5	4.0	6.3
10	16	25	40	63
100	160	250	400	630
1 000	1 600	2 500	4 000	6 300

(See I.E.C. Publication 59 and ISO Recommendation R 3.)

313 Rated d.c. voltage

- 313-1 Rated d.c. voltage shall be given as the arithmetic mean value of the voltage between the d.c. terminals at rated service (i.e. rated service conditions and rated direct current, see Clauses 135-2 and 135-3).

- 313-2 Un groupe redresseur à tension pratiquement constante, pour marche en parallèle avec une batterie, peut être muni de moyens permettant d'augmenter la tension en vue d'une charge rapide de la batterie. La tension continue nominale d'un tel groupe est alors la valeur la plus élevée de la tension continue à laquelle le groupe peut être ajusté sans que la variation de tension corrigée garantie soit dépassée. En plus de la tension continue nominale, des renseignements peuvent être donnés sur la possibilité d'augmenter la tension continue en vue d'une charge rapide.
- 313-3 Un groupe redresseur pour charge rapide de batterie peut fournir un courant qui décroît à la fin de la charge, lorsque la force électromotrice de la batterie augmente. La tension continue nominale d'un tel groupe est la tension continue la plus élevée pouvant être obtenue pour le courant continu nominal, qui paraît au commencement de la charge. En plus de ces régimes nominaux des renseignements peuvent être donnés sur la tension continue la plus élevée pouvant être obtenue à la fin de la charge et le courant continu correspondant (voir la figure 9).

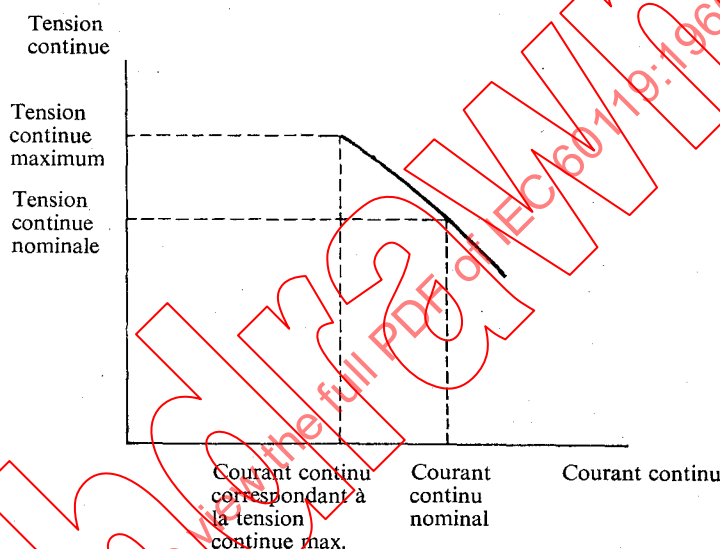


FIG. 9

314 Tension alternative nominale

La tension alternative nominale est donnée sous la forme de la valeur efficace de la tension sinusoïdale entre conducteurs de ligne au service nominal (voir art. 166 et 170).

315 Courant alternatif efficace nominal

Le courant alternatif efficace nominal d'un groupe redresseur est la valeur efficace du courant alternatif aux bornes côté alternatif au service nominal.

- 315-1 Le courant n'est pas supposé avoir une forme d'onde sinusoïdale et, pour les groupes redresseurs de puissance utile supérieure à 20 kW, les valeurs approximatives calculées des harmoniques de courant les plus importants peuvent être indiquées sur demande.
- 315-2 Lorsque les éléments redresseurs sont sujet au vieillissement, le courant efficace nominal doit être celui calculé pour les conditions du vieillissement total (à la fin de la durée de service nominale).

316 Fréquence nominale

La fréquence nominale est celle à laquelle le groupe redresseur est destiné à fonctionner.

313-2 A rectifier equipment with substantially constant voltage, for parallel operation with a battery, may be equipped with means for increasing the voltage for rapid charging of the battery. The rated d.c. voltage of such an equipment is given as the highest value of d.c. voltage to which the equipment can be set without the guaranteed corrected voltage regulation being exceeded. In addition to the rated d.c. voltage, information can be given on the possibilities of increasing the d.c. voltage for rapid charging.

313-3 A rectifier equipment for rapid charging of a battery may give a current which decreases at the end of the charging process, when the e.m.f. of the battery increases. The rated d.c. voltage of such an equipment is the highest d.c. voltage which can be obtained at rated direct current, which occurs at the beginning of the charging process. In addition to these ratings, information can be given on the highest d.c. voltage, which can be obtained at the end of the charging process, and the corresponding direct current (see Figure 9).

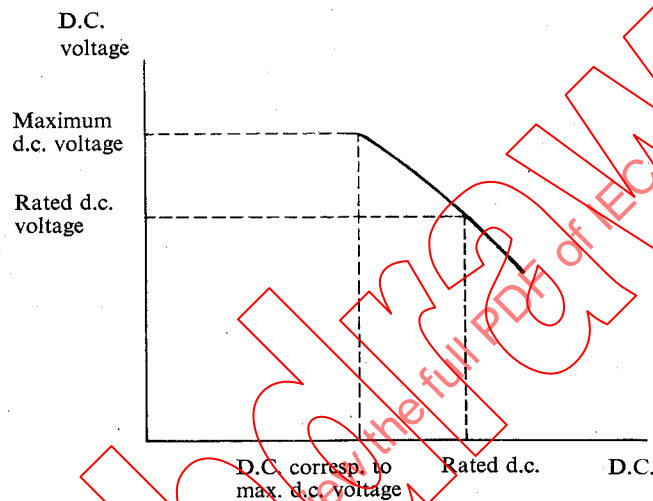


FIG. 9

314 Rated a.c. voltage

Rated a.c. voltage shall be given as the r.m.s. value of the sinusoidal phase-to-phase alternating voltage (see Clauses 166 and 170), at rated service.

315 Rated r.m.s. alternating current

Rated r.m.s. alternating current of a rectifier equipment shall be given as the r.m.s. value of the current in the a.c. terminals at rated service.

315-1 The current is not assumed to be sinusoidal, and for rectifier equipments with more than 20 kW output power, the calculated approximate values of the most important harmonic currents shall be given on request.

315-2 When the rectifier stacks are subject to ageing, the rated r.m.s. alternating current shall be the one calculated for the fully-aged condition (at the end of rated service time).

316 Rated frequency

The rated frequency is given as the frequency at which the rectifier equipment is designed to operate.

320 Recommandations pour l'indication des données électriques

321 Rendement

321-1 Le rendement indiqué pour un groupe redresseur à éléments semiconducteurs est le rendement de conversion (voir art. 133-8) pour le service nominal.

Lorsque le circuit principal comprend une résistance en série, la valeur du rendement s'entend pour une valeur de la résistance réglée de manière à obtenir la tension continue nominale au courant continu nominal.

Des valeurs doivent être indiquées pour le rendement au début et à la fin de la durée de service nominale. Lorsque le transformateur principal possède plusieurs prises principales, par exemple pour différentes tensions alternatives, le rendement doit être indiqué à la fois pour la prise principale (voir art. 310-1) du transformateur principal donnant le rendement le plus élevé et pour celle donnant le rendement le plus faible.

321-3 *Pertes à comprendre lorsqu'on indique le rendement*

321-31 Pertes de l'élément ou de l'assemblage d'éléments principal, du ou des transformateurs principaux, des dispositifs de réglage, des réactances, etc. en série dans le circuit principal.

321-32 Pertes dans le filtre et dans les réactances de filtrage en série, s'il en existe.

321-33 Puissance absorbée par les circuits auxiliaires, tels que circuit de voltmètre ou circuits de contrôle, qui sont alimentés de façon permanente.

321-34 Puissance absorbée par les dispositifs auxiliaires, tels que moteurs de pompes qui sont en circuit de façon permanente.

321-35 La puissance des composantes alternatives du côté continu, s'il y a lieu (voir les articles 133-8 et 133-9, Note).

321-4 *Pertes à ne pas comprendre lorsqu'on indique le rendement*

321-41 Pertes dues aux appareils auxiliaires qui ne sont pas en circuit de façon permanente. La puissance absorbée par ces appareils doit être indiquée séparément.

321-42 Pertes dans les connexions principales entre le transformateur et l'assemblage redresseur, et éventuellement dans les autres connexions principales, disjoncteurs, sectionneurs, interrupteurs et dispositifs de réglage, s'ils sont installés séparément.

322 Facteur de puissance

Le facteur de puissance n'a besoin d'être indiqué que pour les groupes redresseurs dont la puissance dépasse 10 kW. Dans ce cas il doit être exprimé sous la forme du facteur de déphasage ($\cos \varphi$, voir art. 155-2).

323 Caractéristique tension continue-courant continu

323-1 Pour les groupes redresseurs stabilisés ou à réglage automatique, la variation de tension corrigée doit se rapporter à des variations spécifiées de la tension alternative efficace, de la fréquence du réseau d'alimentation, de la température ambiante, et de la charge, et à leur combinaison la plus défavorable qui puisse se produire dans la pratique.

320 Recommendations for giving electrical data

321 Efficiency

- 321-1 The efficiency of a semiconductor rectifier equipment shall be given as the conversion efficiency (see Clause 133-8) at rated service. When the main circuit includes a series resistor, the efficiency value shall apply when it is adjusted for rated d.c. voltage at rated direct current.

Values should be given for the efficiency at the beginning and the end of rated service time. When the main transformer has several principal taps, e.g. for different a.c. voltages, the efficiency shall be given both for the principal tap (see Clause 310-1) of the main transformer giving the highest, and the one giving the lowest efficiency value.

321-3 *Power losses to be included when giving the efficiency*

- 321-31 Power losses of the main rectifier stack or assembly, main transformer(s), and regulating devices, reactors, etc. in the main circuit.
- 321-32 Power losses in wave filter or series smoothing reactor, if any.
- 321-33 Power absorbed by auxiliary circuits, e.g., voltmeter circuit or control circuits, which are continuously connected.
- 321-34 Power absorbed by auxiliary devices (e.g. pump motors) which are continuously connected.
- 321-35 The power of the a.c. components on the d.c. side, if any (see Clauses 133-8 and 133-9, Note).

321-4 *Power losses not to be included when giving the efficiency*

- 321-41 Losses due to auxiliary apparatus, which operates only intermittently. The power consumption of such apparatus shall be given separately.
- 321-42 Losses due to the main connection between transformer and rectifier assembly and other main connections, if any, circuit-breaker, isolating switches, switches and control gear, when these are erected separately.

322 Power factor

The power factor only needs to be given for rectifier equipments with a power exceeding 10 kW. In this case, it shall be expressed as the displacement factor ($\cos \varphi$, see Clause 155-2).

323 D.C. voltage-current characteristics

- 323-1 For stabilized or feed-back regulated rectifier equipments, the corrected voltage regulation shall refer to specified variations of r.m.s. alternating voltage, of supply frequency, of ambient temperature, and of load variations in most unfavourable combination, which can occur in practice.

- 323-2 Lorsque ces variations ne sont pas spécifiées, il est supposé qu'elles sont les suivantes:
- 323-21 $\pm 10\%$ pour la tension alternative efficace.
- 323-22 $\pm \frac{1}{3}\%$ pour la fréquence du réseau d'alimentation.
- 323-23 de $+ 5^{\circ}\text{C}$ à $+ 40^{\circ}\text{C}$ pour la température ambiante.
- 323-3 Pour les groupes redresseurs destinés à fournir une tension constante, la garantie sur la variation de tension corrigée s'entend pour une variation du courant entre 10% et 100%, à moins de spécification différente.
- 323-4 Pour les groupes redresseurs destinés à fournir un courant pratiquement constant, la garantie sur la variation de courant s'entend pour une variation de tension entre 70% et 100% de la tension nominale pour les groupes de charge de batteries, et entre 10% et 100% pour les autres groupes redresseurs, à moins de spécification différente.

324 Composantes alternatives du côté continu

- 324-1 L'importance des composantes alternatives de la tension entre les bornes à courant continu peut être exprimée au moyen d'une ou de plusieurs des grandeurs définies aux articles 133-1, 133-2, 133-3, 133-4, 133-5 et 133-6.
- 324-2 Toute indication au sujet de la valeur maximum de l'une quelconque des quantités mentionnées à l'article 324-1 doit être rapportée à des caractéristiques spécifiées de la charge. Dans le cas où la charge est reliée en parallèle avec une batterie ou un condensateur, les garanties s'entendent pour une impédance de filtrage de la charge, telle qu'elle est définie à l'article 133-7, spécifiée par l'acheteur.

Note: Un groupe redresseur pour alimentation d'appareils de télécommunications doit toujours être muni en pratique d'un filtre pour diminuer les composantes alternatives de la tension continue du redresseur, qui provoqueraient des troubles dans le circuit de télécommunication. Dans de telles installations, lorsque le redresseur fonctionne en parallèle avec des batteries d'accumulateurs, ces batteries ne servent pas uniquement de source de secours, mais, en raison de leur impédance interne faible, aussi d'élément shunt pour le filtre. Pour être à même de calculer les éléments du filtre du redresseur, le constructeur a besoin de connaître l'impédance de l'élément de filtre qui est représenté par la batterie avec ses conducteurs, et par les autres charges sur lesquelles le groupe redresseur sera amené à débiter. Cette impédance, définie à l'article 133-7, est appelée impédance de filtrage de la charge, et doit être spécifiée par l'acheteur.

- 324-3 Si les circuits sont si compliqués que la définition de l'article 133-7 ne peut s'appliquer (emploi d'éléments en série, etc.) les détails des garanties doivent faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le constructeur.

Si une batterie n'est pas en permanence en parallèle avec la charge, il reste normalement, tout au moins dans un groupe pour l'alimentation d'appareils de télécommunications, une capacité en dérivation suffisamment grande qui détermine principalement l'impédance de filtrage de la charge,

330 Conditions de fonctionnement

331 Courant continu

- 333-1 Lorsque le courant continu d'un groupe redresseur est limité automatiquement, il ne doit pas atteindre une valeur telle que les caractéristiques d'une quelconque des cellules à semiconducteurs soient influencées de façon permanente, ou qu'aucun des constituants atteigne une température supérieure à celle permise par l'article 337, lorsque la tension continue est réduite à une valeur minimum spécifiée en diminuant soit la résistance de la charge, soit la force contre-électromotrice dans le cas des groupes prévus pour ce genre de charge, ceci pendant un temps suffisamment long pour qu'un régime stationnaire de température soit atteint.

323-2 Where these variations are not indicated, the following variations are assumed:

323-21 $\pm 10\%$ in r.m.s. alternating voltage.

323-22 $\pm \frac{1}{3}\%$ in supply frequency.

323-23 Ambient temperature from $+5^{\circ}\text{C}$ to $+40^{\circ}\text{C}$.

323-3 For rectifier equipments designed to give a constant voltage, the guarantee on corrected voltage regulation shall apply for a current range from 10% to 100%, where other specifications are not given.

323-4 For rectifier equipments designed to give a substantially constant current, the guarantees on current variations shall apply for a voltage range from 70% to 100% of rated voltage for battery-charging rectifier equipment, and from 10% to 100% for other rectifier equipment, where other specifications are not given.

324 A.C. components on the d.c. side

324-1 The magnitude of the a.c. voltage components on the d.c. side can be expressed as one or more of the quantities defined in Clauses 133-1, 133-2, 133-3, 133-4, 133-5 and 133-6.

324-2 Values given on the maximum value of either of the quantities mentioned in Clause 324-1, shall be referred to specified data of the load. In case the load is connected in parallel with a battery or a capacitor, the guarantees shall apply for a load filter impedance, as defined in Clause 133-7, specified by the purchaser.

Note: A rectifier equipment for supplying telecommunication apparatus, practically always has to be provided with a smoothing filter for decreasing the a.c. components in the d.c. voltage from the rectifier, which would disturb the telecommunication circuit. In such plants, where rectifier equipments are operated together with storage batteries, the battery is used not only as an emergency power source but also, because of its low internal impedance, as a shunt element in the smoothing filter. To be able to calculate the filter elements of the rectifier, the manufacturer has to know the impedance of the filter element which is represented by the battery with its conductors and other load, with which the rectifier equipment shall operate. That impedance defined in Clause 133-7 is called the load filter impedance, and shall be specified by the purchaser.

324-3 If the circuits are so complicated that the definition of Clause 133-7 does not apply (series cells used, etc), details about the guarantees shall be specially agreed upon between purchaser and manufacturer.

If a battery is not continuously connected in parallel with the load, there is, anyhow in an equipment for supplying telecommunication apparatus, normally a large shunt capacitance which mainly determines the load filter impedance.

330 Performance requirements

331 Direct current

331-1 When the direct current of a rectifier equipment is automatically limited, the direct current shall not reach such a value that the characteristics of any semiconductor cells are permanently influenced, or any other component is heated to a temperature higher than permitted in Clause 337, when the d.c. voltage is decreased to a specified minimum value either by decreasing the load resistance or the counter-voltage of rectifier equipments rated for such load, for a time long enough for practically stationary temperature conditions to be reached.

Quand aucune valeur minimum n'est spécifiée, il est supposé qu'elle est égale à 70 % de la tension continue nominale dans le cas des groupes pour charge de batterie, et qu'elle correspond au court-circuit pour les autres groupes.

332 Tension alternative

- 332-1 Un groupe redresseur doit pouvoir supporter de façon permanente une tension égale à 110 % de sa tension alternative nominale pour des courants du côté continu compris entre zéro et son courant continu nominal, sans qu'aucun des constituants soit endommagé ou porté à une température plus élevée que celle permise par l'article 337, et sans modification permanente des caractéristiques du ou des éléments redresseurs.

Cette condition doit être satisfaite avec le groupe redresseur connecté et ajusté pour sa tension alternative nominale.

Lorsqu'il est fait usage de constituants dimensionnés suivant des règles qui ne contiennent pas cette exigence, ces constituants doivent être choisis ou déclassés (voir art. 252-1) de manière qu'ils puissent supporter la surtension mentionnée dans le présent article.

- 332-2 Les éléments redresseurs d'un groupe doivent satisfaire aux prescriptions des articles 252-1 et 252-2 concernant la tension alternative et la perte de formation à la tension alternative la plus élevée qui soit susceptible de se produire en permanence à leurs bornes à courant alternatif (normalement à 110 % de la tension alternative nominale aux bornes à courant alternatif du groupe).
- 332-3 Si un groupe redresseur resté hors service ne peut pas être relié directement à une source de tension égale à 110 % de sa tension alternative nominale sans que les éléments à semiconducteurs subissent un dommage ou un changement permanent de leurs caractéristiques, le constructeur doit indiquer le processus à suivre pour remettre le groupe en service.

333 Tension continue

Un groupe redresseur prévu pour charge de batteries doit pouvoir supporter en permanence l'application à ses bornes à courant continu de sa tension continue la plus élevée possible lorsque son alimentation en courant alternatif est interrompue (voir les articles 132-6 et 282-5).

334 Dispositifs de protection

- 334-1 Un groupe redresseur pour charge de batterie doit être protégé contre les surintensités du côté continu au moyen d'un dispositif capable de couper le courant continu qui prendrait naissance si le groupe redresseur était connecté à la batterie avec une polarité inversée.
- 334-2 Dans le cas des groupes redresseurs où la tension alternative appliquée aux éléments augmente lorsque le circuit à courant continu est interrompu, le constructeur doit,
- ou bien dimensionner les éléments de manière qu'ils puissent supporter l'augmentation de la tension alternative,
 - ou munir le groupe redresseur d'un dispositif de protection qui empêche la tension alternative de s'élever au-dessus de la tension alternative nominale des éléments,
 - ou enfin spécifier nettement que le circuit à courant continu ne doit pas être interrompu.

When no minimum value is specified, it is assumed to be 70% of the rated d.c. voltage for rectifier equipment rated for battery load, and short-circuit for other rectifier equipment.

332 A.C. voltage

- 332-1 A rectifier equipment shall withstand 110% of rated a.c. voltage continuously at direct currents between zero and rated direct current, without any component being damaged or heated to a higher temperature than is permitted by Clause 337, and without permanent change of the characteristics of the rectifier stack(s).

This requirement shall be fulfilled with the rectifier equipment connected and adjusted for rated alternating voltage.

When components are used which are rated according to rules which do not contain this requirement, these components must be so chosen or de-rated (see Clause 252-1) that they withstand continuously the overvoltage according to this clause.

- 332-2 The rectifier stacks of a rectifier equipment shall fulfil the requirements regarding a.c. voltage and loss of forming of Clauses 252-1 and 252-2, at the highest a.c. voltage which can occur continuously on their a.c. terminals (normally at 110% rated a.c. voltage on the equipment a.c. terminals).
- 332-3 When a rectifier equipment, having been out of service, cannot be directly connected to 110% of its rated a.c. voltage without semiconductor rectifier stacks suffering damage or permanent change in their characteristics, the manufacturer shall state what procedure is to be followed to bring the equipment into service again.

333 D.C. voltage

A rectifier equipment rated for battery load shall continuously withstand its highest possible d.c. voltage applied to the d.c. terminals when the a.c. supply is interrupted (see Clauses 132-6 and 282-5).

334 Protective devices

- 334-1 A rectifier equipment rated for battery load shall be protected against overcurrent on the d.c. side by means of a device which is able to interrupt the direct current which will occur if the rectifier equipment is connected with reverse polarity to its load battery.
- 334-2 For such rectifier equipments, where the a.c. voltage of the rectifier stacks increases when the d.c. circuit is interrupted, the manufacturer shall,

either design the rectifier stacks to withstand the increased a.c. voltage,

or provide the rectifier equipment with a protective device which prevents the a.c. voltage from increasing above the rated a.c. voltage of the stacks,

or clearly state that the d.c. circuit must not be interrupted.

335 Vieillesissement

- 335-1 Un groupe redresseur doit être conçu, par exemple en le munissant de prises supplémentaires appropriées, de façon que sa tension continue nominale puisse être obtenue au courant continu nominal à la fin de la durée de service nominale (voir art. 251-1) des éléments redresseurs, en dépit de l'augmentation de leur chute de tension.
- 335-2 Un groupe redresseur muni d'un réglage automatique de tension ou de tout autre moyen de compensation doit être conçu de manière que la valeur garantie de la variation de tension corrigée ne soit pas dépassée jusqu'à la fin de la durée de service nominale des éléments redresseurs, en dépit de l'augmentation de leur chute de tension.

336 Isolement

- 336-1 L'isolation des parties d'un groupe redresseur à semiconducteurs qui sont reliées aux bornes à courant alternatif (normalement le côté primaire du transformateur) doit satisfaire aux conditions appropriées des règles qui leur sont applicables.
- 336-2 A moins qu'il n'en soit spécifié autrement, l'isolation des parties d'un groupe redresseur à semiconducteurs qui sont isolées du côté à courant alternatif doit pouvoir supporter l'application pendant une minute d'une tension d'essai alternative de fréquence comprise entre 15 et 100 Hz et dont la valeur efficace est donnée par la formule

$$2 \times \frac{U_p}{\sqrt{2}} + 1\,000 \text{ V}$$

avec un minimum de 2 000 V. U_p est la valeur de crête de la tension la plus élevée qui puisse se produire dans le groupe dans les conditions de service nominales, à l'exclusion des surtensions transitoires.

- 336-3 Lorsque $\frac{U_p}{\sqrt{2}}$ n'excède pas 90 V, une tension d'essai inférieure à celle prévue à l'article 336-2 peut être utilisée si le constructeur le stipule clairement.
- 336-4 Dans le cas des groupes redresseurs de tension continue nominale supérieure à 1 000 V et utilisés pour des applications où aucune surtension n'est à craindre sur le côté continu, une tension d'essai inférieure à celle prévue à l'article 336-2 peut être utilisée si le constructeur le stipule clairement.
- 336-5 Des circuits isolés différents peuvent être isolés pour des tensions d'essais différentes. Si le groupe redresseur comprend des constituants qui tombent normalement dans le domaine d'application d'autres règles reconnues prescrivant des tensions d'essai inférieures à celles qui précèdent, ces constituants doivent être débranchés avant que le reste du groupe soit soumis à l'essai. Les constituants débranchés doivent être essayés séparément en ce qui concerne leur rigidité diélectrique, conformément aux règles qui leur sont applicables.

337 Echauffement

- 337-1 La température des éléments redresseurs neufs utilisés dans un groupe redresseur, mesurée conformément à l'article 352-8, ne doit pas excéder la température nominale de ces éléments assignée par le constructeur (art. 222-5) à moins que ces éléments ne soient utilisés à des courants et sous une tension inférieurs aux valeurs nominales conformément aux instructions de leur constructeur.
- 337-2 La température des autres constituants d'un groupe redresseur au service nominal ne doit pas dépasser les valeurs spécifiées dans d'autres règles applicables à ces constituants, ou spécifiées par le constructeur de ces constituants.

335 Ageing

- 335-1 A rectifier equipment shall be so designed, for example with suitable transformer taps, that its rated d.c. voltage at rated direct current can be obtained at the end of rated service time (see Clause 251-1) of the rectifier stacks, in spite of their increased voltage drop.
- 335-2 A rectifier equipment provided with an automatic voltage regulator, or other compensating means, shall be so designed that the guaranteed value of corrected voltage regulation is not exceeded until the end of rated service time of the rectifier stacks, in spite of their increased voltage drop.

336 Insulation

- 336-1 The insulation of those parts of a semiconductor rectifier equipment which are connected to the a.c. terminals (normally the primary side of the transformer) shall fulfil the requirements of applicable insulation standards.
- 336-2 The insulation of those parts of a semiconductor rectifier equipment which are insulated from the a.c. side shall, unless otherwise specified, withstand during one minute, an a.c. test voltage having a frequency in the range of 15-100 Hz (c/s), and an r.m.s. voltage determined by the formula:

$$2 \times \frac{U_p}{\sqrt{2}} + 1000 \text{ V}$$

with a minimum of 2 000 V. U_p is the peak value of the highest voltage (transient overvoltages excluded) which occurs within the equipment in rated service.

- 336-3 Where $\frac{U_p}{\sqrt{2}}$ is not higher than 90 V, insulation for a lower test voltage than according to Clause 336-2 may be applied when it is clearly stated by the manufacturer.
- 336-4 In rectifier equipments having a rated d.c. voltage above 1 000 V, and so used, that no overvoltage can occur on the d.c. side, insulation for lower test voltage than according to Clause 336-2 can be used when it is clearly stated by the manufacturer.
- 336-5 Different insulated circuits can be insulated for different test voltages. If the rectifier equipment includes devices which normally fall within the scope of other recognized standards requiring dielectric test voltages lower than the foregoing, such devices shall be disconnected before the remainder of the equipment is subjected to the test. The disconnected devices shall be tested separately for dielectric strength in accordance with applicable standards.

337 Heating

- 337-1 The temperature of new stacks used in a rectifier equipment measured in accordance with Clause 352-8 shall not exceed the rated stack temperature assigned by the manufacturer (Clause 222-5), unless the stack is operated at currents and for voltage below rated values according to instructions from the manufacturer.
- 337-2 The temperature of other components of a rectifier equipment at rated service shall not exceed the values specified in other applicable standards for those components, or specified by the manufacturers of the components.

338 Eléments redresseurs à semiconducteurs

- 338-1 En addition aux prescriptions du présent chapitre, les éléments redresseurs doivent satisfaire aux exigences du chapitre 200: Eléments à semiconducteurs.

339 Transformateurs, transducteurs et réactances

- 339-1 En addition aux prescriptions du présent chapitre, les transformateurs, transducteurs et réactances des groupes redresseurs à semiconducteurs doivent satisfaire aux règles spécifiées pour les transformateurs de puissance, pour autant qu'elles ne sont pas en contradiction avec les présentes recommandations.

340 Plaque signalétique

- 340-1 Tout groupe redresseur à semiconducteurs doit porter, en caractères lisibles et durables, le nom du constructeur ou sa marque de fabrique, ainsi qu'une indication l'identifiant comme un groupe redresseur à semiconducteurs et faisant ressortir la nature du semiconducteur utilisé dans les éléments redresseurs principaux (voir les exemples de la figure 10).

- 340-2 Tout groupe redresseur à semiconducteurs doit porter une plaque signalétique sur laquelle il est recommandé de faire figurer les indications suivantes:

- 340-201 Tension alternative efficace nominale.
- 340-202 Courant alternatif efficace nominal.
- 340-203 Nombre de phases.
- 340-204 Fréquence nominale.
- 340-205 Tension continue nominale.
- 340-206 Courant continu nominal.
- 340-207 Service (conformément à l'article 311-2).
- 340-208 Type de charge, s'il n'est pas évident d'après d'autres indications.
- 340-209 Fluide de refroidissement extérieur, s'il n'est pas l'air ambiant.
- 340-210 Température du fluide de refroidissement. Ceci n'est pas impératif si le fluide de refroidissement est l'air ambiant conformément à l'article 177-1.
- 340-211 Poids du liquide isolant et/ou du liquide de refroidissement, s'il y a lieu.
- 340-212 Référence au numéro et à la date des présentes recommandations de la C.E.I.

- 340-3 La figure 10 donne des exemples (non impératifs) de plaques signalétiques appropriées.

- 340-4 Dans le cas de petits groupes redresseurs, où la place disponible ne permet pas de donner toutes ces indications, un nombre moindre d'indications peut être donné.

En premier lieu, les indications 340-202 et 340-207 peuvent être omises.

Ensuite, les indications 340-203 et 340-208 peuvent être omises si d'autres indications, telles que le nombre et la nature des éléments de la batterie, donnent des renseignements suffisants sur la tension continue et sur la nature de la charge.

- 340-5 Les groupes prévus uniquement pour être incorporés dans un dispositif d'utilisation particulier peuvent ne porter que des signes d'identification si aucune erreur n'est possible.

- 340-6 Les transformateurs, transducteurs ou réactances livrés ou installés séparément doivent être marqués conformément aux règles des transformateurs qui leur sont applicables, avec les additions qui peuvent être nécessaires.